

UZUN MESAFE TRIATLETLERİ İÇİN KUVVET ANTRENMANI: TEORİDEN PRATİĞE

Kate M. Baldwin, PhD,^{1,2} Claire E. Badenhorst, PhD,³ Ashley J. Cripps, PhD,¹ Grant J. Landers, PhD,⁴ Robert J. Merrells, Grad Dip Sc,¹ Max K. Bulsara, PhD,⁵ and Gerard F. Hoyne, PhD¹

¹ School of Health Sciences, University of Notre Dame, Fremantle, Australia; ² Discipline of Exercise Science, Murdoch University, Australia; ³ School of Sport, Exercise and Nutrition, College of Health, Massey University, Auckland, New Zealand; ⁴ School of Human Sciences, University of Western Australia, Crawley, Australia; and ⁵ Institute for Health Research, University of Notre Dame, Fremantle, Australia

ÖZET

Eşzamanlı antrenman, kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarının birbirini tamamladığı bir yöntem olarak tanımlanır ve genellikle bisikletçiler ile dayanıklılık koşucularında, egzersiz ekonomisi gibi performansı belirleyen fizyolojik faktörleri geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Her ne kadar dayanıklılık bisikletçileri ve koşucuları üzerinde eşzamanlı antrenman yöntemleri kapsamlı bir şekilde incelenmiş olsa da, uzun mesafe triatletlerinde fizyolojik değişkenleri iyileştirmeye yönelik optimal stratejilere dair literatür oldukça sınırlıdır ve bu alandaki ideal programlama büyük ölçüde belirsizliğini korumaktadır.

Bu makale, uzun mesafe triatletleri için eşzamanlı antrenmanla ilgili temel prensipleri ve dikkat edilmesi gereken noktaları özetlemektedir. Performansı artıran mekanizmalar, kullanılan kas grupları ve hareket kalıpları, egzersiz seçimi, yükleme stratejileri, hareket hızı, programlama, sıklık ve antrenman süresi gibi konular ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Ayrıca, eşzamanlı antrenmanla ilgili yaygın yanlış anlamalara açıklık getirerek, triatlonun üç disiplininde performansı geliştirmek isteyen antrenörler, sporcular ve diğer profesyoneller için pratik öneriler sunmaktadır.

GİRİŞ

Optimal performans ve fizyolojik gelişim için kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarının eş zamanlı uygulanmasını destekleyen çok sayıda araştırma bulunmasına rağmen, dayanıklılık sporcularının antrenman programlarında kuvvet antrenmanlarının (KA) yeri konusunda antrenörler arasında görüş ayrılıkları devam etmektedir. KA'nin uzun mesafe (UM) triatletlerin programlarına dahil edilmesi, triatlon başarısında kritik öneme sahip olduğu düşünülen bisiklet ekonomisi (BE) ve koşu ekonomisini (KE) geliştirebilir (58,62). Araştırmalar, KA'nin bisiklet ve koşu gibi dayanıklılık sporlarında ekonomi, zamana karşı performans, submaksimal yoğunluklarda düşük kalp atım hızı (KAH), maksimum oksijen tüketim hızındaki hız ($\dot{V}O_{2max}$) ve güç ($w\dot{V}O_{2max}$) gibi performans değişkenlerini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir (10,11,25,61,71,72,79,80,83,90,91,98,100). UM triatlon, olimpiik mesafe triatlonundan (1.500 m yüzmeye, 40 km bisiklet ve 10 km koşu) daha uzun mesafeler olarak sınıflandırılır (59). En yaygın UM triatlon yarışları, yarım Ironman (1,9 km yüzmeye, 90 km bisiklet, 21,1 km koşu) ve Ironman (3,8 km yüzmeye, 180 km bisiklet, 42,2 km koşu) mesafeleridir. Yakın tarihli bir çalışmada, UM triatletlerin yalnızca %54,6'sının düzenli olarak KA yaptığı, zaman kısıtlamaları, egzersiz seçimi, ilerleme yöntemleri ve teknik bilgi eksikliği gibi faktörlerin bu durumu sınırladığı bildirilmiştir (59). KA, izometrik, konsantrik veya eksantrik kasılmalar; açık ya da kapalı zincir egzersizleri; tekrar ve set sayıları; kaldırılan ağırlık; hareket hızı; dinlenme aralıkları ve antrenman sıklığı gibi birçok değişkeni içerir (51,52). Bu nedenle, sporcunun hedeflerine uygun bir KA programı tasarlamak karmaşık bir süreçtir. Ayrıca, bir antrenman programının periyodizasyonu, hem genel yapıyı hem de spesifik uyarımları sağlayarak bireysel adaptasyonu ve yanıtı belirler. UM triatletler için optimal bir KA programının zorluğu, 12 haftalık orta yük KA'nin BE'yi iyileştirdiğini ancak KE ve yüzmeye süresi üzerinde etkisiz olduğunu gösteren bir çalışmada vurgulanmıştır. Buna karşın, sonraki 12 haftalık ağır yük KA programı KE'yi önemli ölçüde geliştirirken, BE veya yüzmeye süresinde ek bir gelişme sağlamamıştır (58). Dayanıklılık antrenmanlarında, antrenörler güç geliştirmek için kürekle yüzmeye, büyük kadansta bisiklet sürme veya tepe koşuları gibi "güç-dayanıklılık" seansları önerebilir. Bu tür seanslar, sporcuların yüzlerce hatta binlerce tekrar yapmasını gerektirir (örneğin, bir koşucu 2 dakika boyunca dakikada 170 adımlık bir tempoyla tepe koşusu yaptığında, yaklaşık 340 tekrar gerçekleştirir). Ancak, bu "güç" seansları geleneksel KA reçeteleriyle örtüşmediği için (51), teknik olarak KA kapsamına girmez. Bu durum, antrenörlerin güç geliştirme amacıyla bu seansları uygulasa bile, KA'nin farklı bir yaklaşıma ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır. Dayanıklılık sporcularında performans ve fizyolojik değişkenleri iyileştirmek için KA uygulamasını destekleyen birçok çalışma bulunmasına rağmen (10,11,25,61,71,72,79,80,83,90,91,98,100), bu çalışmaların çoğu pratikte daha çok koşu (8) ve tek disiplinli sporlara (9) odaklanmakta ya da güncelliğini yitirmiştir (20). Bu bağlamda, bu makale, uzun mesafe triatlon

performansına katkıda bulunan fizyolojik faktörleri iyileştirmek için eş zamanlı kuvvet ve dayanıklılık antrenmanının faydalarını antrenörler ve sporculara aktarmayı amaçlamaktadır. Triatlonun üç disiplini (yüzme, bisiklet ve koşu) boyunca farklı kas grupları ve kas kasılmalarına, tek disiplinli dayanıklılık sporlarına kıyasla özel bir önem verilmiştir. Bu makale, antrenörler ve sporcuların KA'yi mevcut antrenman programlarına entegre etme konusunda kendilerine güvenmelerini sağlamayı, performanslarını artırmayı ve KA uygulamasına dair bilgi eksikliklerinden kaynaklanan engelleri aşmayı hedeflemektedir. Ayrıca, triatlonun üç disiplinine özgü KA programlamasındaki farklılıkları ve dayanıklılık performansının alt optimizasyonu ile KA'nin zamanlaması gibi dikkate alınması gereken ek faktörleri ele almaktadır.

Uzun Mesafe Triatletlerinde Performansa Katkıda Bulunan Fizyolojik Değişkenler

Egzersiz Ekonomisi

Egzersiz ekonomisi, belirli bir submaksimal yoğunlukta gereken enerji talebi olarak tanımlanmakta ve dayanıklılık sporcularında performansın temel göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (7). Triatlon, özellikle yarışın kritik son aşamalarında enerji rezervlerinin tükendiği bir spor dalı olup, uzun süreli yüzme, bisiklet ve koşudan oluşan yüksek enerji taleplerine dayanır (43,63,64). Bisiklet ve koşu, uzun mesafe triatlon yarışındaki en uzun disiplinler olup, toplam yarış süresinin sırasıyla %55'ini ve %35'ini kapsar (33). Bu durum, her iki disiplinin genel performans üzerindeki önemini açıkça göstermektedir. Egzersiz ekonomisi ve özellikle koşu ekonomisi, uzun mesafe triatlonda başarı için kritik öneme sahiptir ve sporcuların, enerji kaynaklarını daha verimli kullanabilmeleri için vücutlarını buna uygun şekilde eğitmesi gerektiği bilinmektedir (43,63,64). Bisiklet ve koşu ekonomisi, çok faktörlü bir yapıya sahip olup antropometrik, fizyolojik, biyomekanik ve nöromüsküler faktörlerden etkilenmektedir (82). Nöromüsküler performansın verimliliği ise kas lifi tipi, sinirsel sinyalizasyon, motor programlama, kuvvet üretimi ve muskulo-tendinöz sertlik gibi unsurlar tarafından belirlenir (7). Bu faktörler, çeşitli antrenman stratejileri ile modifiye edilebilir. Kuvvet antrenmanı, koşu ekonomisini geliştirmek için en etkili müdahalelerden biri olarak kabul edilmektedir (82,83).

Maksimal Oksijen Alımı ve Laktat Eşiği

Yüksek aerobik kapasite, uzun mesafe triatlon (UM triatlon) başarısı için kritik öneme sahiptir. Yüksek performanslı triatletler, antrenmansız bireylerin neredeyse iki katına ulaşan maksimal oksijen alımı ($\dot{V}O_{2max}$) değerlerine sahiptir (13). Çoğu dayanıklılık sporcusu, karşılaştırılabilir yüksek $\dot{V}O_{2max}$ değerlerine sahip olsa da, koşu ekonomisi (KE) bireyler arasında büyük farklılıklar gösterebilir ve bu durum, en iyi sporcuları acemilerden ayıran temel faktör olabilir (23,65). Üst düzey koşucular arasında yarış performansındaki varyasyonun %65'e kadarı KE'deki farklılıklara bağlanabilir. Daha yüksek KE'ne sahip sporcular genellikle rakiplerinden daha iyi performans sergiler (23). Kan laktatının (BLa) hızla biriktiği iş yükü olarak tanımlanan laktat eşiği (LE), triatlon performansı ile yakından ilişkilidir (92). LE, uzun mesafe triatlon gibi dayanıklılık gerektiren bir etkinlik sırasında, maksimal oksijen alımının ($\dot{V}O_{2max}$) sürdürülebilir bir fraksiyonunu ifade eder (92). Daha yüksek LE değerlerine sahip sporcular, enerji maliyetine katkıda bulunan anaerobik metabolizmadaki hızlı artışla ilişkili olmaksızın, daha yüksek bir submaksimal yoğunluğu sürdürebilir.

Yaralanma Önleme

UM triatletlerde yaralanmalar oldukça yaygındır ve haftalık 13,5-21,5 saatlik yüksek antrenman hacimleri ile ilişkilidir (37,101). Anderson ve arkadaşlarının 26 haftalık bir antrenman sürecinde yaptıkları çalışmaya göre, triatletlerin %87'si bir tür aşırı kullanım yaralanması yaşamış, bu yaralanmaların yarısından fazlası ciddi olarak sınıflandırılmıştır. Ciddi yaralanmalar, antrenman hacminde veya spor performansında önemli bir azalmaya ya da tamamen spordan uzaklaşmaya neden olmuştur (2). Bu süre boyunca, triatletlerin yarısından fazlası diz, alt bacak, bel veya omuz bölgesinde aşırı kullanım yaralanmaları yaşamıştır (2). Dayanıklılık performansının en önemli belirleyicilerinden biri olan antrenmandan uzak kalma süresi, sakatlıkların performans üzerindeki olumsuz etkilerini artırabilir (48). Yaralanmalar, sporcuların antrenmanlarını aksatmasına veya değiştirmesine neden olur ve bu durum, yarışma performansına ulaşma süresini uzatabilir. Bunun aksine, sakatlık yaşamayan triatletler, UM triatlon için gerekli olan yüksek antrenman hacimlerini sürdürebilir ve optimal performansa ulaşabilir. Son dönemde yapılan bir meta-analiz, kuvvet antrenmanının en etkili yaralanma önleme yöntemi olduğunu ve aşırı kullanım spor yaralanmalarını %50 oranında azalttığını göstermiştir (54). Bu nedenle, KA'nin antrenman programına dahil edilmesinin, hem yaralanma riskini azaltarak hem de performansa katkı sağlayarak UM triatletler için faydalı olabileceği düşünülmektedir. Araştırmalar, UM triatletlerde en yaygın yaralanma bölgelerinin ayak

bileği ve diz olduğunu göstermiştir. Aşil tendonu yaralanmaları %77,7 oranında, diz yaralanmaları ise %66,6 oranında bildirilmiştir (30). Vleck ve arkadaşları, diz (%44), baldır (%20), hamstring (%20) ve bel (%20) bölgelerinin en sık yaralanan bölgeler olduğunu; aşırı kullanım yaralanmalarının %60'ının koşudan, %32'sinin bisikletten ve %16'sının yüzmeden kaynaklandığını tespit etmiştir.

Triatlon Koşusunda Kullanılan Kas Grupları ve Hareket Kalıpları

Koşu

Koşu sırasında, her adımda sporcu tek ayağıyla her yere basışında, vücut ağırlığının 2-3 katı arasında tepki kuvvetine maruz kalır. Bu kuvvet, destek bacağıın muskulo-tendinöz sisteminin yay benzeri davranışıyla karşılanır. Mekanik enerji, temas fazı sırasında kaslarda ve tendonlarda depolanır ve itme fazında harcanır. Bu enerji geri kazanımı, kas kasılma ihtiyacını azaltarak enerji gereksinimlerini düşürür. Alt ekstremitenin bu yay benzeri davranışı ve elastik enerji kullanımı, optimal koşu performansı ve ekonomisi için muskulo-tendinöz sertliğin önemini vurgular. Elastik enerji depolama ve geri dönüşü olmadan, koşu sırasında oksijen tüketimi tahminen %30-40 daha fazla olur.

Triceps Surae Kas Grubu

Triceps surae kasları (gastrocnemius ve soleus), koşu ekonomisiyle ilişkilidir. Bu kaslar, rekreasyonel sporcularda koşmanın toplam metabolik maliyetinin %40'ını, elit sporcularda ise %25'ini oluşturur. Triceps surae kaslarının ortak tendonu olan Aşil tendonu, itme sırasında mekanik enerjinin %90'ını verimli bir şekilde geri kazandırır. Soleus, vücudu ileriye doğru itmede birincil rol oynar. Koşu hızları arttıkça, soleus kas lifleri daha hızlı kasılarak plantarfleksiyona izin verir ve yerle temas süresini azaltır.

Diğer Kaslar

Hamstringler, quadrisepler ve tibialis anterior, koşu sırasında önemli roller oynar ve farklı yürüyüş aşamalarında hem konsantrik hem de eksantrik kasılarak kuvvet üretimine katkıda bulunur. Gluteus maksimus, kalça ekstansiyonunda önemli bir rol oynar ve genelde konsantrik çalışır. Üst ekstremitte, koşu sırasında doğrudan çok az katkı sağlar (%1'den az), ancak momentumun dengelenmesinde etkili olabilir.

Bisiklet

Koşudan farklı olarak, bisiklet sürerken sadece konsantrik kas kasılmaları meydana gelir. Bu durum, bisikletçilerin eksantrik kasılmaları sırasında enerji depolama ve kullanma yeteneğini sınırlar. Pedal çevrimi sırasında quadriseps, gluteal kaslar, biceps femoris ve tibialis anterior sinerjik olarak çalışır. İlk çeyrekte quadriseps ön planda aktifken, hamstringler, gastrocnemius ve gluteus maksimus pedalın alt ölü merkezine kadar daha aktif hale gelir. Kalça fleksörleri, pedalın yukarı hareketini kolaylaştırır. Ayak bileği eklemi, plantar fleksörler ve tibialis anteriorun birlikte aktivasyonu ile stabilize edilir. Koşmaya benzer şekilde, pedal çevirme sırasında gövde ve kollardaki kaslar, el, kol, omuz, karın ve sırtın hareketiyle gövde ve pelvisi destekleyen kaslı bir yapı oluşturarak alt ekstremitte vücudun dengesini sağlar (87). Uzun mesafe triatlon yarışlarında, sporcular genellikle aerodinamik avantaj sağlamak için yol bisikletine kıyasla zamana karşı yarış bisikletlerini tercih etmektedir. Bu tür bisiklet ve pozisyon değişiklikleri, kas aktivasyonunda farklılıklar yaratabilir. Örneğin, zamana karşı yarış bisikletindeki daha aerodinamik pozisyon, kalça fleksörlerinin aktivasyonunu azaltacak şekilde kalça fleksiyonunu artırabilir (17,50). Kalça fleksör gücündeki azalmayı telafi etmek için diz fleksörlerinin (hamstringler) aktivitesinin arttığı öne sürülmektedir. Hamstring aktivitesindeki bu artış, pedal çevirme sırasında üretilen kuvvetin artışıyla ilişkilendirilmiştir (17,50).

Yüzme

Serbest yüzme tekniğinde pectoralis majör ve latissimus dorsi kasları ana itici güç olarak görev yapar. Ancak araştırmalar, yüzme tekniğindeki bireysel farklılıkların kas aktivasyonunda yüksek bir varyasyona neden olduğunu göstermektedir (73,86). Bu stilde başarılı olmak için, yüzme vuruşu sırasında su altında güçlü bir itiş gücü sağlayan

üst ekstremitenin stabilize edilmesi kritik öneme sahiptir. Pectoralis majör, teres minör ve rotator cuff kasları bu stabilizasyonu sağlamak için birlikte çalışır (73,86). Yüzme sırasında ayak vuruşunun, itici bir güçten ziyade, kol vuruşlarının daha iyi kinematığına olanak sağlamak amacıyla vücudu stabilize etmek için kullanılması önerilmektedir. Araştırmalar, ayak vuruşlarının itici güce katkısının sadece %10 olduğunu göstermektedir (73,86). Açık su yüzme (ASY) sırasında, suyun koşulları (dalga, sıcaklık, gelgit) ve wetsuit kullanımı gibi faktörler yüzme tekniği, kinematik ve verimlilik üzerinde havuz yüzmesine kıyasla farklılıklar yaratabilir. Açık su yüzmede, güç üretmekten ziyade kulaç hareketinin mümkün olduğunca verimli hale getirilmesine odaklanılır (5).

Uzun Mesafe Triatletlerinde Eş Zamanlı Güç ve Dayanıklılık Antrenmanı

Dayanıklılık sporlarında önemli performans ve fizyolojik iyileşmeler sağlayan kuvvet antrenmanı programları, genellikle yüksek yük ve düşük tekrar prensibine dayanmaktadır (1-8 tekrar, 3-5 set, 1 tekrar maksimumun [1RM] %80'i). Bu yaklaşım, düşük yük ve yüksek tekrar kullanmayı tercih eden antrenörlerin yöntemlerinden farklılık göstermektedir. Geleneksel dayanıklılık antrenmanları, kardiyovasküler ve kassal dayanıklılığı artırmayı hedeflerken, kuvvet antrenmanlarının maksimal kuvvet, dinamik kuvvet geliştirme hızı, kassal güç ve sinirsel aktiviteyi geliştirmek amacıyla uygulanması önerilmektedir (12, 18, 81, 90, 91). Eş zamanlı antrenmanların etkinliğini değerlendiren çalışmalar, kuvvet antrenmanı protokollerindeki farklılıklar nedeniyle çeşitlilik göstermektedir. Örneğin, 26 haftalık bir kuvvet antrenmanı programı, dayanıklılık ve kuvvet antrenmanlarını birleştiren grupta hem koşu ekonomisinde (KE) hem de maksimal koşu hızında ($v\dot{V}O_2\max$) anlamlı iyileşmeler sağlamıştır (58). Bu programın ilk 12 haftası orta yükte kuvvet antrenmanı (3-4 set, 8-12 tekrar, %75 1RM), sonraki 12 haftası ise yüksek yükte kuvvet antrenmanı (3-5 set, 1-6 tekrar, %85 1RM) olarak planlanmıştır. Orta yük antrenmanları sırasında koşu ekonomisinde iyileşmeler gözlemlenirken, yüksek yük antrenmanları sırasında koşu performansı daha belirgin bir şekilde gelişmiştir. Benzer şekilde, 14 haftalık bir yüksek yük kuvvet antrenmanı programı (3-5 set, 3-5 tekrar) iyi antrenmanlı triatletlerde koşu ekonomisi ve maksimal güçte anlamlı artışlar sağlamıştır (62). Ancak, 5 haftalık bir ağır yük kuvvet antrenmanı programı (%90 1RM) maksimal güçte %6'lık bir artış sağlarken, bu süre koşu ekonomisinde anlamlı bir gelişme kaydetmek için yeterli olmamıştır (42). Maksimal kuvvet artışının, motor ünite senkronizasyonu ve Golgi tendon organı inhibisyonu gibi nöral mekanizmalarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Triatletlerde pliometrik kuvvet antrenmanı protokollerinin etkinliği, Bonacci ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. Orta düzeyde antrenmanlı sekiz triatlet, sekiz hafta boyunca haftada üç kez 30 dakikalık pliometrik egzersizlere katılmıştır. Bu süreçte elektromiyografi (EMG) aktivitesinde değişiklikler gözlemlenmiş ve kas işe alım modelleri, izole koşu sırasında görülen aktiviteye daha fazla benzerlik göstermiştir. Ancak bu nöromotor iyileşmeler, koşu ekonomisinde anlamlı bir gelişmeye dönüşmemiştir (19). Duetletler (bisiklet ve koşu) ve bisikletçiler üzerinde yapılan eş zamanlı kuvvet antrenmanı çalışmaları, haftada iki kez gerçekleştirilen 8-12 haftalık ağır kuvvet antrenmanlarının dayanıklılık performansında anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir (10, 79, 91, 98, 100). Bununla birlikte, oksijen tüketimi ve kalp atım hızı düşüşleri genellikle uzun süreli submaksimal testlerin ilerleyen aşamalarında gözlemlenmiştir (79, 100). Bu durum, sporcuların uzun süreli yorgunluk periyotları sırasında kuvvet antrenmanının dayanıklılık ekonomisini artırma potansiyelini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu çalışmalar, dayanıklılık-kuvvet antrenmanı yapan sporcuların uzun süreli submaksimal egzersizlerin ardından 5 dakikalık "all-out" döngü performansında önemli artışlar kaydettiğini göstermiştir. Bu, yarış sonlarında artan eforu simüle edebilecek bir durumu temsil etmektedir (79, 100). Elit bisikletçilerle yapılan 16 haftalık maksimal kuvvet antrenmanı çalışması, dayanıklılık-kuvvet grubunda bisiklet performansında anlamlı iyileşmelere (%8 güç artışı) yol açarken, kontrol grubunda bu tür gelişmeler gözlemlenmemiştir (1). Benzer sonuçlar kadın duatletlerde de görülmüş, zamana karşı yarışlarda ortalama güçte anlamlı artışlar sağlanmıştır (98). Ronnestad ve arkadaşlarının bisikletçiler üzerinde yaptığı çalışmalar, maksimal kuvvet antrenmanlarının ardından maksimum oksijen tüketimi hızında ($w\dot{V}O_2\max$) önemli gelişmeler kaydedildiğini bildirmiştir ($p < 0,05$; $ES = 0,81-0,84$) (78, 79). Sistematik derlemeler, duatletler ve triatletlerde ağır kuvvet antrenmanlarının (1RM'nin %80'i) koşu ekonomisinde %2-8 oranında iyileşmelere yol açtığını ($ES: 0,14-3,22$) ortaya koymuştur (18). Ayrıca, pliometrik ve patlayıcı kuvvet antrenmanları veya bu yöntemlerin kombinasyonu, KE'nde anlamlı gelişmeler sağlamaktadır (10). Koşucular üzerinde yapılan çalışmalar, pliometrik ve patlayıcı kuvvet antrenmanlarının 3000-5000 m koşu sürelerinde ve maksimum oksijen tüketimi hızında ($v\dot{V}O_2\max$) belirgin iyileşmelere yol açtığını göstermiştir (14, 61, 71, 88).

Açık su yüzme performansını değerlendiren eş zamanlı kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarına yönelik çalışmalar sınırlıdır. Ancak, literatür açık su yüzücülerinin antrenman programlarına kuvvet antrenmanlarının eklenmesini önermektedir (97). Elit yüzücüler üzerinde yapılan bir çalışma, karada uygulanan kuvvet antrenmanlarının hem metabolik kondisyonu hem de maksimal gücü artırdığını ortaya koymuştur (74). Özellikle kısa mesafeli havuz yüzücülerinde, karada yapılan ağır kuvvet antrenmanlarının (%80-90 1RM, 2-3 tekrar, 3-5 set) yüzme performansında anlamlı gelişmelere yol açtığı belirtilmiştir (4, 38). Bu bulgular, kuvvet antrenmanlarının özellikle havuz yüzüşü başlangıçları ve dönüşlerinde sağladığı potansiyel faydalar göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Fizyolojik Gelişmelere Katkıda Bulunan Mekanizmalar

Çeşitli nörolojik ve morfolojik adaptasyonların, eş zamanlı uygulanan kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarından elde edilen performans gelişmelerine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Özellikle kas-tendon sertliğindeki iyileşmeler, koşu performansını artırmak için kuvvet antrenmanlarından elde edilen en önemli adaptasyonlar arasında yer almaktadır (62, 83, 90). Artan kas-tendon sertliği, tendonların elastik enerjini daha etkili bir şekilde kullanmasını sağlayarak kas kasılma ihtiyacını azaltabilir. Bu durum, enerji talebini düşürerek koşu ekonomisini iyileştirebilir (11). Bir diğer mekanizma ise kas liflerindeki nöral aktivasyonun artması sonucunda dinamik kuvvet gelişim hızında gözlemlenen iyileşmelerdir. Bu adaptasyon, sporcunun yerden hızla itiş yapmasını veya pedal çevirme hareketini kolaylaştırarak kasılma süresini kısaltır ve çalışan kaslara daha fazla kan akışı sağlanmasını teşvik eder (90, 91). Ayrıca, kuvvet antrenmanlarının tip I kas liflerinin iş katkısını artırırken, tip II kas liflerinin devreye girme süresini geciktirebileceği belirtilmektedir (24, 45). Bunun yanı sıra, dayanıklılık sporcularında performans gelişimine katkıda bulunabilecek bir diğer adaptasyon, kuvvet antrenmanlarının tip IIx kas liflerinin oranını azaltırken, daha az yorulan tip IIa kas liflerinin oranını artırmasıdır (1).

UZUN MESAFE TRIATLONCULARINDA KUVVET ANTRENMANINA DAİR ENGELLER VE YANLIŞ ANLAMALAR

Dayanıklılık sporcularında performansın optimize edilmesi amacıyla kuvvet antrenmanının uygulanmasını destekleyen pek çok araştırma bulunmasına rağmen, uzun mesafe triatletleri hâlâ kuvvet antrenmanına dair bazı engellerle karşılaşmaktadır. Hipertrofi endişesi başlangıçta bir engel gibi görünse de, yapılan anketlerde yalnızca UM triatletlerinin %5,1'i bu durumu sorun olarak belirtmiştir. Ancak mevcut çalışmalar, triatletler, bisikletçiler ve koşucularda ağır kuvvet antrenmanlarının vücut kütlelerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığını göstermektedir. Dayanıklılık egzersizlerinin, miyofibril protein sentezini destekleyen hücresel yolları olumsuz etkileyerek kas hipertrofisini engelleyebileceği ve bu nedenle kuvvet antrenmanı ile kas hipertrofisi ya da vücut kütle artışının gözlemlenmeyebileceği bildirilmiştir. Öte yandan, bazı araştırmalar, koşucular ve bisikletçilerde kuvvet antrenmanı sonrası kas kesit alanında önemli bir artış olduğunu, ancak bu artışın vücut kütlelerine yansımadağı ortaya koymaktadır. Bu durum, kas kütlelerindeki artışın yağ kütleleriyle yer değiştirmesi sonucu oluşabilir. Ayrıca, kuadriseps kasındaki kesit alanı artışı ile gelişmiş koşu ekonomisi arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, kas boyutundaki artışın triatletler için performans açısından engel teşkil etmemesi gerektiğini göstermektedir. En sık rapor edilen engel ise zaman kısıtlamalarıdır (%53,1). Bu, triatletlerin zaten büyük hacimli dayanıklılık antrenmanlarına sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Oysa kuvvet antrenmanı programları genellikle 30-60 dakika gibi kısa sürelerle uygulanabilir ve dayanıklılık performansında iyileşme sağlayabilir. Ayrıca, kuvvet antrenmanlarının, dayanıklılık antrenmanlarının yerine geçerek daha etkili olabileceği öne sürülmektedir. Bir diğer önemli engel ise sporcuların hangi egzersizleri yapacakları ve bu egzersizleri nasıl ilerletecekleri konusundaki bilgi eksikliğidir (%52,5). Bu durum, sporcuların ve antrenörlerin kuvvet antrenmanı konusunda eğitilmesinin önemini vurgulamaktadır.

UZUN MESAFE TRIATLONCULARI İÇİN KUVVET ANTRENMANI PROGRAMLAMASINDA EGZERSİZ SEÇİMİ

Dayanıklılık sporlarında optimal performans elde edebilmek için kalça, diz ve ayak bileği kas-tendon sistemlerinin yere veya pedala karşı kuvvet üretmek amacıyla senkronize bir şekilde çalışması gerekmektedir. Bu doğrultuda, kapalı kinetik zincir içeren çok eklemlili bileşik egzersizlerin tercih edilmesi önemlidir. Bu tür egzersizler, hem zaman tasarrufu sağlar hem de performans artışını destekler. Egzersiz seçimi yapılırken, her bir hareketin performans adaptasyonuna olan etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Seçilen egzersizler, sporda kullanılan hareketleri ve kas gruplarını taklit ederek daha yüksek bir transfer etkisi yaratmalıdır. Triatlon, farklı disiplinlerde (yüzme, bisiklet, koşu) farklı kas gruplarını içermesi nedeniyle özel bir karmaşıklık taşımaktadır. Yüzme ve bisiklet, yer tepki kuvveti içermediğinden her disiplinin kendine özgü kas kasılma mekanizmalarını gerektirmektedir. Bisikletçiler ve koşucular için yaygın olarak uygulanan egzersizler arasında squat, leg press, deadlift varyasyonları, hamstring curl, ayak bileği plantarfleksiyon hareketleri ve lunge bulunmaktadır. Üst vücut ve gövde kaslarına yönelik çalışmalar ise sınırlıdır; ancak deadlift gibi egzersizlerin hem alt hem de üst vücuda katkı sağladığı göz ardı edilmemelidir. Deadlift, sakatlıkların önlenmesi ve arka zincir kaslarının gelişimi açısından önemlidir. Triseps surae kas grubuna yönelik olarak, özellikle soleus kasını hedefleyen bükülmüş diz ve ayak bileği plantarfleksiyon hareketleri ihmal edilmemelidir. Soleus kası, koşu sırasında vücudu öne itmede

önemli bir rol oynar ve koşu ekonomisini iyileştirir. Bu kasın güçlendirilmesi için bükülü diz hareketlerine öncelik verilmelidir. Power veya hang clean gibi hareketler, eş zamanlı kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları literatüründe yaygın olmasa da, son dönemde yayımlanan iki pratik inceleme, bu egzersizlerin dayanıklılık etkinliklerinde kullanılan arka zincir kaslarına odaklandığını ve güçlü bir antrenman transfer etkisine sahip olduğunu belirtmiştir. Bu hareketler, eş zamanlı kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarının etkinliğini artırabilir ve üst vücut kuvvetini geliştirebilir. Eğer sporcular bu hareketleri karmaşık bulursa, egzersiz daha basit bir şekilde alt uzuvlarla yapılan üçlü eklem uzatma hareketlerine indirgenebilir ve yükün doğru yönetilmesine özen gösterilmelidir.

Geleneksel kuvvet antrenmanlarının yanı sıra, pliometrik ve patlayıcı temelli antrenmanlar da, countermovement jump (CMJ), jumping squat, engelli sıçrama, pogolar ve drop jump gibi popüler pliometrik egzersizlerle koşu ekonomisinin geliştirilmesinde etkili olabilir. Dayanıklılık koşucuları üzerinde yapılan yedi çalışmada, ağır kuvvet antrenmanı ile pliometrik veya patlayıcı antrenmanların performans sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalardan dördü, ağır yük kuvvet antrenmanının pliometrik protokollere göre koşu ekonomisinde daha fazla iyileşme sağladığını ve bu nedenle ağır kuvvet antrenmanı programlamasının koşu ekonomisini geliştirmek için daha faydalı olabileceğini ortaya koymuştur. İlginç bir şekilde, pliometrik ve hafif yük kuvvet antrenmanı protokollerinin dayanıklılık bisikletçilerinde bisiklet ekonomisi üzerinde herhangi bir etkisi görülmemektedir. Bunun nedeni, pedal çevirme sırasında yalnızca konsantrik kas kasılmalarının meydana gelmesi ve elastik enerjinin depolanması veya geri dönüşüne ihtiyaç olmamasıdır. Bilindiği kadarıyla, uzun mesafe triatletlerinde yaralanmaları önlemek amacıyla kuvvet antrenmanı programlarının etkinliğini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, kuvvet antrenmanı programlarının farklı sporlarda aşırı kullanım sonucu oluşan spor yaralanmalarını önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Bu nedenle, yaralanma riskini azaltmak amacıyla 40 yaş üstü sporcular ve kadın triatletler için kuvvet antrenmanı önerilmektedir. Uzun mesafe triatletlerinde sıkça görülen yaralanmaların önlenmesine yardımcı olmak için, kuvvet antrenmanı programlarına özel sakatlık önleme egzersizleri de dahil edilmelidir. Diz, baldır, aşil tendonu, omuz ve bel bölgeleri, uzun mesafe triatletlerinde yüksek yaralanma riski taşıyan bölgeler arasında yer almaktadır. Bu nedenle, özellikle bu bölgelere yönelik egzersizlerin programa eklenmesi faydalı olacaktır. Triatletlerde sıkça görülen stres kırıklarının azaltmak için biyomekanik iyileştirilmesi ve yer tepki kuvvetlerinin emilmesine yardımcı olacak kuvvet antrenmanları programa dahil edilebilir. Bu tür yaralanma önleme odaklı egzersizler, ağır kuvvet antrenmanlarından önce "aktivasyon" veya "yardımcı" egzersizler olarak uygulanabilir ve aynı zamanda dinamik ısınma işlevi görebilir. Kalça ve diz güçlendirme programları, koşucular da dahil olmak üzere farklı gruplarda patellofemoral ağrıyı azaltmada etkili olabilir. Özellikle diz ağrısını azaltmak için kalça abdüktör ve dış rotator kaslarını güçlendiren egzersizlere odaklanmak faydalıdır. Bu tür programlarda duvar kaymaları, tek bacak deadlift, Pelvic Drops ve step-up/step-down gibi egzersizler yer alabilir. "Asistan" egzersizleri olarak bilinen kalça güçlendirme hareketleri, koşu mekaniğini iyileştirebilir ve ağır kuvvet antrenmanları ile birlikte uygulandığında koşu ekonomisi ve maksimum oksijen tüketiminde anlamlı gelişmeler sağlayabilir. Aşil tendonunu ve baldır kaslarını hedef alan egzersizler, triseps surae kaslarını güçlendirerek ve aşil tendonunu kuvvet antrenmanı ile yükleyerek ağrıyı azaltabilir ve işlevi iyileştirebilir. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak, uzun mesafe triatletlerinin zaman kısıtlamaları da dikkate alındığında, kuvvet antrenmanı programları her üç triatlon disiplini kapsayacak şekilde ağır (1-8 tekrar, 3-5 set, 1RM'nin %80'i) egzersizler içermelidir. Eğer koşu ekonomisindeki gelişim öncelikli bir hedefse, 1-2 patlayıcı egzersiz programa eklenebilir. Yaralanmaları önlemek ve uzun mesafe triatletlerinde performansı artırmak amacıyla dinamik ısınma veya aktivasyon egzersizleri şeklinde bazı yardımcı çalışmaların dahil edilmesi önerilmektedir. Tablo 1, literatürde yaygın olarak kullanılan ve önerilen kuvvet antrenmanı egzersizlerini, ayrıca bu egzersizlerle hedeflenen triatlon disiplinlerini özetlemektedir. Tablo 2-5 ise uzun mesafe triatletlerinin programlarına eklenebilecek örnek kuvvet antrenmanı seanslarını ve belirli triatlon disiplinlerini hedefleyen seansları detaylandırmaktadır.

Tablo 1

Özellikle hedeflenen kuvvet egzersizleri ve ilgili triatlon disiplini seçimi

Egzersiz	Yüzme	Bisiklet	Koşu
Yaralanma Önleyici			
*Wall Slide (https://youtu.be/xhbpQ80JiUQ?si=jAKsO4cDoZ-IDduw)		X	X
*SL Deadlifts (https://youtube.com/shorts/FprFK7Gsb0U?si=Pxk0pTrWm9lcPIPO)			
*Step-Up/Step-Downs (https://www.youtube.com/watch?v=elhu-WC1qk4)			
*Pelvic Drops (https://www.youtube.com/watch?v=yDvitFkHyAo),			
*Hip Abduction (https://www.youtube.com/watch?v=NeO0w4Jv4rs)			
*Scapula Push-Ups (https://youtube.com/shorts/SBPRhZI2Rk1?si=Vfd92RQ8_qSXlxvL)	X		
*Shoulder İnternal/External Rotation (https://youtube.com/shorts/LxP9Sqzfd4U?si=UeSsYzdM9UnwC1a4)			
*Seated Row (https://youtu.be/IJoozxC0Rns?si=N5_5R1ZhwSgjhZrO)			
Patlayıcı/Pliometrik			
*Pogo Jump (https://youtu.be/iU-TKr4YesM?si=l7Py2zRpWEi3VCEj)			X
*Depth Jump (https://youtu.be/AzPJZHOmGEg?si=hr_vCmmsPYE-VDI3)			
*Countermovement Jump (https://youtu.be/DZV_RlfzSIY?si=uuOrtvvq3r2CoLcn)			
Kuvvet Antrenmanı			
*Half Range or 90° Squat (https://youtu.be/njgiZdpl50?si=YsbzyGlbgadLEPL)		X	X
*Deadlift (https://youtube.com/shorts/ZaTM37cfiDs?si=FYuSY1AkjVqQyoVC)	X	X	X
*SL Leg Press (https://youtu.be/BsOg0iBKs6A?si=VjWBML3YZ3QdyUUS)		X	X
*Seated SL Calf Raise (https://youtu.be/3ZRe_QpvRPg?si=O7HGUBdXhHA8i6G9)	X	X	X
*Lat Pull-Down (https://youtu.be/JGeRYIZdojU?si=5frm_ALRrA2-mubY)	X	X	X
*Standing Hip Flexion on Cable Machine (https://youtu.be/qqEx5Uy15-M?si=eZby6iR9S1oOEG10)		X	X
*Lunge/Split Squat (https://youtube.com/shorts/-uAqroVD2ss?si=asYdxi8AQ9TJaRuC)		X	X
*Glute Hamstring Raise (https://youtu.be/m0AIU1dCVkU?si=OrdNXdfiXwUL1i5)		X	X
*Power Clean/Hang Clean (https://youtu.be/0aP3tgKZcHQ?si=X3wONdggq4o48BIA)	X	X	X
*Bent-over Row (https://youtu.be/6gvmcqr226U?si=eijl0RvQM6Bg0JnV)	X	X	X
*Weighted Hip Thrust (https://youtube.com/shorts/QqLsnNthbA?si=QPOHu2tuJSh_f6JH)		X	X
90° = knee angle to 90°; half range = femur parallel to ground; SL = single leg.			

Tablo 2			
Uzun mesafe triatletleri için tüm disiplinlere hitap eden örnek kuvvet antrenmanı programı			
Egzersiz	Set	Tekrar	Yük
Yaralanma Önleyici			
*Scapula Push-Ups (https://youtube.com/shorts/SBPRhZI2RkI?si=Vfd92RQ8_qSXlxvL)	3	12	Vücut Ağırlığı
*Wall Slide (https://youtu.be/xhbpQ80JiUQ?si=jAKsO4cDoZ-IDduw)	3	6 (her bacak)	
*Pelvic Drops (https://www.youtube.com/watch?v=yDvitFkHyAo)	3	6 (her bacak)	
Performans/Kuvvet^a			
*Deadlift (https://youtube.com/shorts/ZaTM37cfiDs?si=FYuSY1AkjVqQyoVC)	3	6	Vücut Ağırlığı
*Back Squat (https://youtu.be/-bJpOq-LWk?si=gIRQpMDQbKkSCMWQ)	3	6	
*Seated SL Calf Raise (https://youtu.be/3ZRe_QpvRpG?si=O7HGUBdXhHA8i6G9)	3	6	
*Lat Pull-Down (https://youtu.be/JGeRYIZdojU?si=5frm_ALRrA2-mubY)	3	6	
^a Tüm performans/kuvvet egzersizleri 3 saniyelik düşük eksantrik, mümkün olduğunca hızlı konsantrik faz ile tamamlanmalıdır. Sporcu kuvvet antrenmanında yeniyse veya aşırı yorgunluk gösteriyorsa, performans ağır kuvvet egzersizlerinin sayısını uygun şekilde azaltın.			

Tablo 3			
Uzun mesafe triatletleri için yüzme odaklı örnek kuvvet antrenmanı programı			
Egzersiz	Set	Tekrar	Yük
Yaralanma Önleyici			
*Scapula Push-Ups (https://youtube.com/shorts/SBPRhZI2RkI?si=Vfd92RQ8_qSXlxvL)	3	12	Vücut Ağırlığı
*Shoulder İnternal/External Rotation (https://youtube.com/shorts/LxP9Sqzfd4U?si=UeSsYzdM9UnwC1a4)	3	12	Orta Seviyede Direnc
Performans/Kuvvet^a			
*Power Clean/Hang Clean (https://youtu.be/0aP3tgKZcHQ?si=X3wONdggq4o48BIA)	3	6	85% of 1RM
*Lat Pull-Down (https://youtu.be/JGeRYIZdojU?si=5frm_ALRrA2-mubY)	3	6	
*Bent-over Row (https://youtu.be/6gvmcqr226U?si=eijl0RvQM6Bg0JnV)	3	6	
^a Tüm performans/kuvvet egzersizleri 3 saniyelik düşük eksantrik faz, mümkün olduğunca hızlı konsantrik faz ile tamamlanır. Ancak hang clean hariç, konsantrik faz mümkün olduğunca hızlı tamamlanmalı ve sporcu iyi bir teknik sağlamak için her tekrar arasında zaman ayırmalıdır.			

Yük, Hız ve Dinlenme

Eş zamanlı kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarını inceleyen araştırmalar, en büyük performans artışlarının, her set arasında 2-3 dakika dinlenme süresiyle orta ila ağır yüklerde (1RM'nin %80'i) yapılan kuvvet antrenmanlarından elde edildiğini ortaya koymuştur (10,11,39,62,71,72,77-79,83,84,88,90,91,96,99,100). Sporcuların, antrenmanların doğru yüklerle gerçekleştirildiğinden emin olmak amacıyla düzenli olarak birincil egzersizler için 1RM testi yapmaları önerilmektedir. Baldwin ve çalışma arkadaşlarının bulgularına göre, eksantrik fazda 3 saniyelik kontrollü bir odaklanma ile konsantrik fazda mümkün olduğunca hızlı bir tamamlanma gerçekleştiren kuvvet antrenmanları, düşük mesafeli triatletlerde dayanıklılık performansı ve koşu ekonomisinde önemli iyileşmeler sağlamıştır.

Son literatür, eksantrik kuvvet ile koşu ekonomisi arasında güçlü bir korelasyon bulunduğunu ve kuvvet antrenmanlarının eksantrik odaklı olarak planlanmasının önemini vurgulamaktadır (56). Kuvvet gelişiminin artırılması amacıyla, her egzersizin konsantrik fazında hareket hızına odaklanılması önerilmektedir (44,81). Ancak, hız odaklı çalışmalar yapılmısa dahi, ağır kuvvet antrenmanlarıyla kuvvet üretim oranında gelişim sağlanabileceği bildirilmiştir (1). Eksantrik odaklı ağır yüklerin uygulanmasından önce, sporcuların temel egzersiz

tekniklerine odaklanmaları ve eksantrik hareketlere kademeli bir şekilde geçiş yapmaları tavsiye edilmektedir (56). Ayrıca, dayanıklılık antrenmanlarını olumsuz yönde etkileyebilecek yorgunluk ve gecikmeli kas ağrısını en aza indirmek amacıyla sporcuların hafif yüklerle başlayıp, kademeli olarak ağır yüklerle çalışmalarını önerilmektedir (81).

Tablo 4			
Uzun mesafe triatletleri için bisiklet odaklı örnek kuvvet antrenmanı programı			
Egzersiz	Set	Tekrar	Yük
Yaralanma Önleyici			
*Step-Up/Step-Downs (https://www.youtube.com/watch?v=elhu-WC1qk4)	3	8	Vücut Ağırlığı
*Walking Lunge (https://youtu.be/L8fvypPrzs?si=ln7K14RpTciD5hQ1)	3	8 (her bacak)	2 x 5–10 kg dumbbell
*SL Deadlifts (https://youtube.com/shorts/FprFK7Gsb0U?si=Pxx0pTrWm9lcPIPO)	3	8 (her bacak)	2 x 5–10 kg dumbbell
Performans/Kuvvet^a			
*Deadlift (https://youtube.com/shorts/ZaTM37cfiDs?si=FYuSY1AkjVqQyoVC)	3	6	85% of 1RM
*Back Squat (https://youtu.be/-bJpOq-LWk?si=gIRQpMDQbKkSCMWQ)	3	6	
*Split Squat (https://youtu.be/Wcmg-3iHwjQ?si=x9Uk0iI67j5H5dbu)	3	6	
*Seated SL Calf Raise (https://youtu.be/3ZRe_OpvRPg?si=O7HGUBdXhHA8i6G9)	3	6	
^a Tüm performans/kuvvet egzersizleri 3 saniyelik düşük eksantrik faz, mümkün olduğunca hızlı konsantrik faz ile tamamlanır. Ancak hang clean hariç, konsantrik faz mümkün olduğunca hızlı tamamlanmalı ve sporcu iyi bir teknik sağlamak için her tekrar arasında zaman ayırmalıdır.			

Sıklık ve Süre

Son dönemde gerçekleştirilen bir meta-analiz, antrenman süresi ile dayanıklılık performansındaki iyileşme arasında anlamlı bir ilişki ortaya koymuş ve 6-8 haftalık kısa süreli kuvvet antrenmanı programlarının bile dayanıklılık performansını artırabileceğini belirtmiştir. 24'ten fazla kuvvet antrenmanı seansı içeren protokoller, 24'ten az antrenman içeren protokollere kıyasla daha fazla gelişim sağlamıştır (15). Benzer şekilde, 12 hafta süresince haftada iki kez uygulanan aşamalı kuvvet antrenmanları, düşük mesafeli triatletlerde maksimal kuvvet, dayanıklılık performansı (CE) ve koşu ekonomisi (RE) gibi önemli parametrelerde anlamlı iyileşmelerle sonuçlanabilir (58).

Sporcular, yoğun yarış dönemlerinde veya dayanıklılık antrenmanının diğer unsurlarına odaklanırken kuvvet antrenmanlarını tamamen terk etmemelidir. Kuvvet antrenmanlarının yoğunluğu ve yükü korunduğu sürece, haftada bir kez yapılan kuvvet antrenmanı, 20 hafta boyunca kuvvet kazanımlarını sürdürebilmek için yeterli olabilir (10,11,78). Tablo 6, yarış sezonunun farklı aşamaları için örnek bir periyodize kuvvet antrenmanı programını özetlemektedir.

Tablo 5

Uzun mesafe triatletleri için koşu odaklı örnek kuvvet antrenmanı seansı

Egzersiz	Set	Tekrar	Yük
Yaralanma Önleyici			
*SL Deadlifts (https://youtube.com/shorts/FprFK7Gsb0U?si=Pxk0pTrWm9lcPIPO)	3	8	2 x 5–10 kg dumbbell
*Pelvic Drops (https://www.youtube.com/watch?v=yDvitFkHyAo)	3	12 (her bacak)	Vücut Ağırlığı
*Wall Slide (https://youtu.be/xhbpQ80JiUQ?si=jAKsO4cDoZ-IDduw)	3	6 (her bacak)	Vücut Ağırlığı
Performans/Kuvvet^a			
*Countermovement Jump (https://youtu.be/DZV_RlzfSIY?si=uuOrtvvq3r2CoLcn)	3	4-8	Vücut Ağırlığı.
*Power Clean/Hang Clean (https://youtu.be/0aP3tgKZcHQ?si=X3wONdggq4o48BIA)	3	6	85% of 1RM
*Back Squat (https://youtu.be/-bJlpOq-LWk?si=gIRQpMDQbKkSCMWQ)	3	6	85% of 1RM
*Seated SL Calf Raise (https://youtu.be/3ZRe_QpvRPg?si=O7HGUBdXhHA8i6G9)	3	6	85% of 1RM

^a Tüm performans/kuvvet egzersizleri 3 saniyelik düşük eksantrik faz, mümkün olduğunca hızlı konsantrik faz ile tamamlanmalıdır; power clean hariç, konsantrik faz mümkün olduğunca hızlı tamamlanmalı ve sporcu iyi bir teknik sağlamak için her tekrar arasında zaman ayırmalıdır. Sporcu kuvvet antrenmanında yeniyse veya aşırı yorgunluk biriktiriyorsa, performans/ağır kuvvet egzersizlerinin sayısını uygun şekilde azaltın.

Tablo 6

Uzun mesafe triatletleri için 38 haftalık bir antrenman döngüsünün örnek periyodik kuvvet antrenmanı programı

	Genel hazırlık dönemi		Yarıya Özel Dönem	Yarış sezonu	Taper
	0-6 hafta	6-12 hafta	12-24 hafta	24-36 hafta	36-38 hafta
Haftalık Sıklık	2-3	2-3	2	1-2	1
Egzersiz Seçimi^a	2-3 saatlik önleme egzersizi, 3-4 kuvvet egzersizi (Koşmaya odaklanıyorsanız 1 pliometrik egzersiz dahil)	2-3 saatlik önleme egzersizi, 3-4, kuvvet egzersizleri (Koşmaya odaklanıyorsanız 1 pliometrik egzersiz dahil)	2-3 saatlik önleme egzersizi, 3-4 kuvvet egzersizi (Koşmaya odaklanıyorsanız 1 pliometrik egzersiz dahil)	2-3 saatlik önleme egzersizi, 3-4 kuvvet egzersizi (Koşmaya odaklanıyorsanız 1 pliometrik egzersiz dahil)	1-2 saatlik önleme egzersizi, 2-3 kuvvet egzersizi (Koşmaya odaklanıyorsanız 1 pliometrik egzersiz dahil)
Sakatlık Önleme Reçetesi	2-3 set, 8-12 tekrar	2-3 set, 8-12 tekrar	2-3 set, 8-12 tekrar	2-3 set, 8-12 tekrar	2-3 set, 8-12 tekrar
Kuvvet Reçetesi (tüm egzersizler 3 saniyelik eksantrik kontrol fazı ve mümkün olduğunca hızlı konsantrik faz ile tamamlanır)	3-4 set, 8-12 tekrar, ≤ %75 1RM, 90 sn-3 dk ara	3-4 set, 8-12 tekrar, ≤ %75 1RM, 90 sn-3 dk ara	3-5 set, 1-6 tekrar, 1RM'nin ≥ %80'i, 3-5 dakika ara	3-5 set, 1-6 tekrar, 1RM'nin ≥ %80'i, 3-5 dakika ara	1-3 set, 1-6 tekrar, 1RM'nin ≤ %70'i, 3-5 dakika ara
Pliometrik Reçete	2-3 set, her sette 4-8 yerle temas, 90 sn-3 dk dinlenme	2-3 set, her sette 4-8 yerle temas, 90 sn-3 dk dinlenme	2-3 set, her sette 4-8 yerle temas, 90 sn-3 dk dinlenme	2-3 set, her sette 4-8 yerle temas, 90 sn-3 dk dinlenme	1-2 set, her sette 4-8 yerle temas, 90 sn-3 dk dinlenme

^a Yeni başlayan triatletler ve kuvvet antrenmanına yeni başlayanlar başlangıçta seçilen egzersiz sayısını azaltabilir. Yüksek düzeyde yorgunluk yaşayan sporcular da gerekirse antrenman başına egzersiz sayısını 1-2 azaltmak gerekebilir.

PROGRAMLAMA

Triatletlerde kuvvet antrenmanı, performansı önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Ancak, eklenen antrenman yükü, dayanıklılık antrenmanlarının kalitesini olumsuz etkileyebilir ve bu durum, dayanıklılık performansında kuvvet antrenmanı kaynaklı alt optimizasyonlara yol açabilir (26-28). Bu suboptimizasyonları en aza indirmek amacıyla, kuvvet antrenmanının dayanıklılık antrenmanlarıyla olan ilişkisi; zamanlaması, türü, yoğunluğu ve süresi göz önünde bulundurularak stratejik bir şekilde planlanmalıdır.

Koşu sırasında meydana gelen eksantrik kas kasılmaları ve yer reaksiyon kuvvetlerinin vücuda uyguladığı stres, bisiklet veya yüzme gibi diğer disiplinlere kıyasla daha fazla toparlanma süresi gerektirebilir. Kuvvet antrenmanı kaynaklı dayanıklılık performansı alt optimizasyonunu en aza indirmek için yapılan son araştırmalar aşağıdaki önerileri sunmaktadır (28):

- Mümkünse, kuvvet antrenmanı dayanıklılık antrenmanının yapılmadığı bir günde tamamlanmalıdır.
- Eğer bu mümkün değilse, önce dayanıklılık antrenmanı yapılmalı ve ardından günün ikinci seansı olarak kuvvet antrenmanı uygulanmalıdır.
- Sporcu, önce dayanıklılık antrenmanını yapamayacaksa, kuvvet antrenmanı öncelikli olarak yapılmalı ve ardından yüzme ya da bisiklet antrenmanı, anaerobik eşik (AE) altında olacak şekilde tamamlanmalıdır.
- Kuvvet antrenmanı ile aynı gün koşu antrenmanı yapılacaksa ve lojistik nedenlerden dolayı koşu kuvvet antrenmanından sonrasına kalıyorsa, koşu yoğunluğu AE'in altında tutulmalıdır.
- Kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları arasında optimal toparlanma ve adaptasyon sağlanabilmesi için iki antrenman arasında 6-9 saatlik bir ara bırakılmalıdır.
- Yüksek hacimli bir kuvvet antrenmanı seansından sonra, 48-72 saat içinde yüksek yoğunluklu koşu antrenmanlarından (AE'in üzerindeki yoğunluklar) kaçınılmalıdır.
- Kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları arasındaki yorgunluk seviyeleri, kalp atım hızı (KAH) veya algılanan efor derecesi gibi ölçümlerle izlenmelidir.

Sporcular ve antrenörler, özellikle yarış sezonunun zirve noktasına ulaşılmadığında, "öncelik verme" yaklaşımını dikkate alabilirler. Bu yöntem, sporcuların zayıf oldukları yönlere odaklanmalarını sağlar. Örneğin, güç eksikliği durumunda, öncelikli olarak kuvvet antrenmanına yönelmek faydalı olabilir. Yarış sezonu yaklaştıkça, antrenmanın diğer yönlerine ağırlık verilmesi uygun olacaktır (47,66). Ayrıca, kuvvet antrenmanlarının fizyolojik değişkenlerde anlamlı bir iyileşme sağlamak için en az 8 hafta sürebileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle, kuvvet antrenmanına başlama süresi yarışma dönemine yakın bir zamana denk gelmemelidir. Bunun yerine, eşzamanlı kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları bir sonraki sezonun başına ertelenebilir.

SONUÇ

Uluslararası düzeydeki triatletlerin genel performansına katkıda bulunan fizyolojik değişkenleri geliştirmek için kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarının eş zamanlı olarak uygulanması önerilmektedir. Kuvvet antrenmanının optimizasyonu, üç farklı disiplinin (yüzme, bisiklet, koşu) her birinin farklı hareket kalıpları ve kas grupları kullanması nedeniyle karmaşık bir süreçtir. Hem bisiklet ekonomisi hem de koşu ekonomisini geliştirmek için ağır kuvvet antrenmanları önerilmektedir. Ancak, koşu ekonomisine odaklanıldığında, pliometrik veya patlayıcı egzersizlerin programa dahil edilmesi düşünülebilir.

Antrenörler, sporcuların antrenman geçmişini, sakatlık durumlarını, güçlü ve zayıf yönlerini, yorgunluk seviyelerini ve dayanıklılık antrenman rejimlerini göz önünde bulundurarak kuvvet antrenmanlarını dikkatlice planlamalıdır. Kuvvet antrenmanlarının, dayanıklılık antrenmanları ve genel performans üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için, antrenman zamanlaması ve sıklığına özen gösterilmelidir. Ancak, bu alanda uluslararası düzeydeki triatletlere yönelik kuvvet antrenmanlarını inceleyen çalışmaların sayısının sınırlı olması ve triatletlerin fizyolojik performansındaki gelişimi değerlendiren test yöntemlerinin yetersizliği, önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır.

PRATİK UYGULAMALAR

- Triatletin her bir spor disiplinindeki (yüzme, bisiklet, koşu) güçlü ve zayıf yönlerini analiz ederek, her disiplini optimize etmek amacıyla spesifik kuvvet antrenmanları önerilmelidir.
 - Sporunun performansını değerlendirirken, sakatlık geçmişi de göz önünde bulundurulmalı ve sakatlıkların önlenmesi veya rehabilitasyonu için uygun güçlendirme egzersizleri, antrenman programının bir parçası olarak entegre edilmelidir.
 - Her üç disiplinde de performansı artırmak için ağır kuvvet antrenmanları önerilirken, pliometrik ve patlayıcı egzersizler yalnızca koşu performansının iyileştirilmesinde faydalı görünmektedir.
 - Üç disiplini kapsayan bir kuvvet antrenmanı programı oluşturulmalı; eğer koşu performansına öncelik verilmesi gerekiyorsa, programa 1-2 pliometrik egzersiz dahil edilebilir.
 - Kuvvet antrenmanları periyodik bir şekilde planlanmalı ve bu süreç, sporunun yarış programı ile uyumlu hale getirilmelidir. Optimal performans gelişimi için en az 24 kuvvet antrenmanı seansı önerilmektedir ve bu seansların yarış döneminden önce tamamlanması idealdir. Bu antrenman yükü, yarış döneminde haftada bir seansa kadar azaltılarak 20 hafta boyunca sürdürülebilir.
 - Eğer kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları aynı gün gerçekleştirilecekse, dayanıklılık antrenmanları günün ilk seansı olarak yapılmalıdır. Ayrıca, ağır kuvvet antrenmanlarının ardından 9-24 saat içinde yoğun koşu antrenmanlarından kaçınılması önerilmektedir.
 - UM triatletler için kuvvet antrenmanları tasarlanırken, programın her sporunun hedeflerine, sakatlık geçmişine, bireysel tercih ve ihtiyaçlarına göre özelleştirilmesi gerektiği unutulmamalıdır.
-

KAYNAKLAR

1. Aagaard P, Andersen JL, Bennekou M, et al. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports* 21: e298–e307, 2011.
2. Andersen CA, Clarsen B, Johansen TV, Engebretsen L. High prevalence of overuse injury among iron-distance triathletes. *Br J Sports Med* 47: 857–861, 2013.
3. Arampatzis A, De Monte G, Karamanidis K, et al. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. *J Exp Biol* 209: 3345–3357, 2006.
4. Aspenes S, Kjendlie PL, Hoff J, Helgerud J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357–365, 2009.
5. Baldassarre R, Bonifazi M, Zamparo P, Piacentini MF. Characteristics and challenges of open-water swimming performance: A review. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 1275–1284, 2017.
6. Barnes KR, Hopkins WG, McGuigan MR, Northuis ME, Kilding AE. Effects of resistance training on running economy and cross-country performance. *Med Sci Sports Exerc* 45: 2322–2331, 2013.
7. Barnes KR, Kilding AE. Running economy: Measurement, norms, and determining factors. *Sports Med Open* 1: 8, 2015.
8. Barrie B. Concurrent resistance training enhances performance in competitive distance runners: A review and programming implementation. *Strength Cond J* 42: 97–106, 2020.
9. Bazzyler C, Abbott H, Bellon C, Taber C, Stone M. Strength training for endurance athletes: Theory to practice. *Strength Cond J* 37: 1–12, 2015.
10. Beattie K, Carson BP, Lyons M, Kenny IC. The effect of maximal- and explosivestrength training on performance indicators in cyclists. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 470–480, 2017.
11. Beattie K, Carson BP, Lyons M, Rossiter A, Kenny IC. The effect of strength training on performance indicators in distance runners. *J Strength Cond Res* 31: 9–23, 2017.
12. Beattie K, Kenny IC, Lyons M, Carson BP. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Med* 44: 845–865, 2014.
13. Bentley DJ, Wilson GJ, Davie AJ, Zhou S. Correlations between peak power output, muscular strength and cycle time trial performance in triathletes. *J Sports Med Phys Fitness* 38: 201–207, 1998. ,
14. Berryman N, Maurel DB, Bosquet L. Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. *J Strength Cond Res* 24: 1818–1825, 2010.
15. Berryman N, Mujika I, Arvisais D, et al. Strength training for middle- and longdistance performance: A meta-analysis. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 57–63, 2018.
16. Bijker KE, de Groot G, Hollander AP. Differences in leg muscle activity during running and cycling in humans. *Eur J Appl Physiol* 87: 556–561, 2002.
17. Bini RR, Hume P, Croft J, Kilding A. Pedal force effectiveness in cycling: A review of constraints and training effects. *J Sci Cycling* 2: 11–24, 2013.
18. Blagrove RC, Howatson G, Hayes PR. Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: A systematic review. *Sports Med* 48: 1117– 1149, 2018.
19. Bonacci J, Green D, Saunders PU, et al. Plyometric training as an intervention to correct altered neuromotor control during running after cycling in triathletes: A preliminary randomised controlled trial. *Phys Ther Sport* 12: 15–21, 2011.
20. Britton A. Strength training periodization for triathletes. *Strength Cond J* 30: 65– 66, 2008.
21. Cavagna GA, Saibene FP, Margaria R. Mechanical work in running. *J Appl Physiol* 19: 249–256, 1964.
22. Coffey VG, Pilegaard H, Garnham AP, O'Brien BJ, Hawley JA. Consecutive bouts of diverse contractile activity alter acute responses in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 106: 1187–1197, 2009.
23. Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 12: 357–360, 1980.
24. Coyle EF, Sidossis LS, Horowitz JF, Beltz JD. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc* 24: 782–788, 1992.
25. Damasceno MV, Lima-Silva AE, Pasqua LA, et al. Effects of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10-km running time trial. *Eur J Appl Physiol* 115: 1513–1522, 2015.
26. Doma K, Deakin GB. The effects of strength training and endurance training order on running economy and performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 38: 651–656, 2013.
27. Doma K, Deakin GB, Bentley DJ. Implications of impaired endurance performance following single bouts of resistance training: An alternate concurrent training perspective. *Sports Med* 47: 2187–2200, 2017.
28. Doma K, Deakin GB, Schumann M, Bentley DJ. Training considerations for optimising endurance development: An alternate concurrent training perspective. *Sports Med* 49: 669–682, 2019.
29. Dorn TW, Schache AG, Pandy MG. Muscular strategy shift in human running: Dependence of running speed on hip and ankle muscle performance. *J Exp Biol* 215: 1944–1956, 2012.
30. Egermann M, Brocai D, Lill CA, Schmitt H. Analysis of injuries in long-distance triathletes. *Int J Sports Med* 24: 271– 276, 2003.
31. Ericson MO, Nisell R, Arborelius UP, Ekholm J. Muscular activity during ergometer cycling. *Scand J Rehabil Med* 17: 53–61, 1985.
32. Ferrauti A, Bergermann M, FernandezFernandez J. Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *J Strength Cond Res* 24: 2770– 2778, 2010.
33. Figueiredo P, Marques EA, Lepers R. Changes in contributions of swimming, cycling, and running performances on overall triathlon performance over a 26- year period. *J Strength Cond Res* 30: 2406–2415, 2016.
34. Fletcher JR, Esau SP, Macintosh BR. Economy of running: Beyond the measurement of oxygen uptake. *J Appl Physiol* 107: 1918–1922, 2009.
35. Fletcher JR, Esau SP, MacIntosh BR. Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. *Eur J Appl Physiol* 110: 1037– 1046, 2010.
36. Fletcher JR, MacIntosh BR. Achilles tendon strain energy in distance running: Consider the muscle energy cost. *J Appl Physiol* 118: 193–199, 2015.
37. Gilinsky N, Hawkins KR, Tokar TN, Cooper JA. Predictive variables for halfIronman triathlon performance. *J Sci Med Sport* 17: 300–305, 2014.
38. Girold S, Jalab C, Bernard O, et al. Dryland strength training vs. electrical stimulation in sprint swimming performance. *J Strength Cond Res* 26: 497–505, 2012.
39. Guglielmo LG, Greco CC, Denadai BS. Effects of strength training on running economy. *Int J Sports Med* 30: 27–32, 2009.

40. Hamner SR, Delp SL. Muscle contributions to fore-aft and vertical body mass center accelerations over a range of running speeds. *J Biomech* 46: 780–787, 2013.
41. Hamner SR, Seth A, Delp SL. Muscle contributions to propulsion and support during running. *J Biomech* 43: 2709–2716, 2010.
42. Hausswirth C, Argentin S, Bieuzen F, et al. Endurance and strength training effects on physiological and muscular parameters during prolonged cycling. *J Electromyogr Kinesiol* 20: 330–339, 2010.
43. Hausswirth C, Bigard AX, Berthelot M, Thomaidis M, Guezennec CY. Variability in energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. *Int J Sports Med* 17: 572–579, 1996.
44. Heggelund J, Fimland MS, Helgerud J, Hoff J. Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training. *Eur J Appl Physiol* 113: 1565–1573, 2013.
45. Horowitz JF, Sidossis LS, Coyle EF. High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *Int J Sports Med* 15: 152–157, 1994.
46. Hug F, Dorel S. Electromyographic analysis of pedaling: A review. *J Electromyogr Kinesiol* 19: 182–198, 2009.
47. Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med* 40: 189–206, 2010.
48. Jeukendrup AE, Martin J. Improving cycling performance: How should we spend our time and money. *Sports Med* 31: 559–569, 2001.
49. Johnston R, Quinn T, Kertzer R, Vroman N. Strength training in female distance runners: Impact on running economy. *J Strength Cond Res* 11: 224–229, 1997.
50. Jongerius N, Walker J, Wainwright B, Bissas A. Differences in strength and power profiles between road and time trial cyclists. *J Sci Cycling* 7: 38–39, 2018.
51. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 34: 364–380, 2002.
52. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674–688, 2004.
53. Kyrolainen H, Avela J, Komi PV. Changes in muscle activity with increasing running speed. *J Sports Sci* 23: 1101–1109, 2005.
54. Lauenstein JB, Bertelsen DM, Andersen LB. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med* 48: 871–877, 2014.
55. Levin GT, McGuigan MR, Laursen PB. Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *J Strength Cond Res* 23: 2280–2286, 2009.
56. Li F, Newton RU, Shi Y, Sutton D, Ding H. Correlation of eccentric strength, reactive strength, and leg stiffness with running economy in well-trained distance runners. *J Strength Cond Res* 35: 1491–1499, 2019.
57. Loudon JK. The master female triathlete. *Phys Ther Sport* 22: 123–128, 2016.
58. Luckin-Baldwin KM, Badenhorst CE, Cripps AJ, et al. Strength training improves exercise economy in triathletes during a simulated triathlon. *Int J Sports Physiol Perform* 16: 663–673, 2021.
59. Luckin KM, Badenhorst CE, Cripps AJ, et al. Strength training in long-distance triathletes: Barriers and characteristics. *J Strength Cond Res* 35: 495–502, 2018.
60. Luckin KM, Badenhorst CE, Cripps AJ, et al. The reliability of physiological responses obtained during a simulated long distance triathlon laboratory test. *J Sci Cycling* 8: 25–32, 2019.
61. Mikkola JS, Rusko HK, Nummela AT, Paavolainen LM, Hakkinen K. Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *J Strength Cond Res* 21: 613–620, 2007.
62. Millet GP, Jaouen B, Borrani F, Candau R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1351–1359, 2002.
63. Millet GP, Vleck VE. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in olympic triathlon: Review and practical recommendations for training. *Br J Sports Med* 34: 384–390, 2000.
64. Millet GP, Vleck VE, Bentley DJ. Physiological requirements in triathlon. *J Hum Sport Exerc* 6: 184–204, 2011.
65. Morgan DW, Craib M. Physiological aspects of running economy. *Med Sci Sports Exerc* 24: 456–461, 1992.
66. Mujika I, Halson S, Burke LM, Balague G, Farrow D. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 538–561, 2018.
67. Murphy MC, Travers MJ, Chivers P, et al. Efficacy of heavy eccentric calf training for treating mid-portion Achilles tendinopathy: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 53: 1070–1077, 2019.
68. Neidel P, Wolfram P, Hoffel T, et al. Cross-sectional investigation of stress fractures in German elite triathletes. *Sports (Basel)* 7: 88, 2019.
69. Nilsson J, Thorstensson A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiol Scand* 136: 217–227, 1989.
70. Novacheck TF. The biomechanics of running. *Gait Posture* 7: 77–95, 1998.
71. Paavolainen L, Hakkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86: 1527–1533, 1999.
72. Piacentini MF, De Ioannon G, Comotto S, et al. Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *J Strength Cond Res* 27: 2295–2303, 2013.
73. Pink M, Pery J, Browne A, Scovazzo ML, Kerrigan J. The normal shoulder during freestyle swimming. An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med* 19: 569–576, 1991.
74. Pollock S, Gaoua N, Johnston MJ, et al. Training regimes and recovery monitoring practices of elite British swimmers. *J Sports Sci Med* 18: 577–585, 2019.
75. Raasch CC, Zajac FE. Locomotor strategy for pedaling: Muscle groups and biomechanical functions. *J Neurophysiol* 82: 515–525, 1999.
76. Raasch CC, Zajac FE, Ma B, Levine WS. Muscle coordination of maximum-speed pedaling. *J Biomech* 30: 595–602, 1997.
77. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in welltrained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 108: 965–975, 2010.
78. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Inseason strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *Eur J Appl Physiol* 110: 1269–1282, 2010.
79. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports* 21: 250–259, 2011.
80. Ronnestad BR, Hansen J, Hollan I, Ellefsen S. Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports* 25: e89–e98, 2015.
81. Ronnestad BR, Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports* 24: 603–612, 2014.
82. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med* 34: 465–485, 2004.
83. Saunders PU, Telford RD, Pyne DB, et al. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J Strength Cond Res* 20: 947–954, 2006.

84. Sedano S, Marin PJ, Cuadrado G, Redondo JC. Concurrent training in elite male runners: The influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *J Strength Cond Res* 27: 2433–2443, 2013.
85. Shin SJ, Kim TY, Yoo WG. Effects of various gait speeds on the latissimus dorsi and gluteus maximus muscles associated with the posterior oblique sling system. *J Phys Ther Sci* 25: 1391–1392, 2013.
86. Silveira RP, de Souza Castro FA, Figueiredo P, Vilas-Boas JP, Zamparo P. The effects of leg kick on swimming speed and arm-stroke efficiency in the front crawl. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 728–735, 2017.
87. So RC, Ng JK, Ng GY. Muscle recruitment pattern in cycling: A review. *Phys Ther Sport* 6: 89–96, 2005.
88. Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol* 89: 1–7, 2003.
89. Stone M, Plisk S, Collins D. Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training—A coaching perspective. *Sports Biomech* 1: 79–103, 2002.
90. Storen O, Helgerud J, Stoa EM, Hoff J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 40: 1087–1092, 2008.
91. Sunde A, Storen O, Bjerkaas M, et al. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res* 24: 2157–2165, 2010.
92. Suriano R, Bishop D. Physiological attributes of triathletes. *J Sci Med Sport* 13: 340–347, 2010.
93. Taipale RS, Mikkola J, Nummela A, et al. Strength training in endurance runners. *Int J Sports Med* 31: 468–476, 2010.
94. Taipale RS, Mikkola J, Vesterinen V, Nummela A, Haikkinen K. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: Maximal versus explosive strength training or a mix of both. *Eur J Appl Physiol* 113: 325–335, 2013.
95. Thomson C, Krouwel O, Kuisma R, Hebron C. The outcome of hip exercise in patellofemoral pain: A systematic review. *Man Ther* 26: 1–30, 2016.
96. Turner AM, Owings M, Schwane JA. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* 17: 60–67, 2003.
97. VanHeest JL, Mahoney CE, Herr L. Characteristics of elite open-water swimmers. *J Strength Cond Res* 18: 302–305, 2004.
98. Vikmoen O, Ellefsen S, Troen O, et al. Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scand J Med Sci Sports* 26: 384–396, 2016.
99. Vikmoen O, Raastad T, Seynnes O, et al. Effects of heavy strength training on running performance and determinants of running performance in female endurance athletes. *PLoS One* 11: e0150799, 2016.
100. Vikmoen O, Ronnestad BR, Ellefsen S, Raastad T. Heavy strength training improves running and cycling performance following prolonged submaximal work in well-trained female athletes. *Physiol Rep* 5: e13149, 2017.
101. Vleck VE, Bentley DJ, Millet GP, Cochrane T. Triathlon event distance specialization: Training and injury effects. *J Strength Cond Res* 24: 30–36, 2010.