

EGZERSİZ VE SPORDA YORGUNLUK

Prof.Dr.Emin ERGEN

GİRİŞ

Uzun zamandır birçok araştırmacı, sportif performansın ortaya konmasında en önemli sınırlayıcılardan birisi olarak kabul edilen yorgunluğun fizyolojik ve psikolojik nedenlerini açıklanmaya çalışmaktadır. Yorgunluğun ortaya çıkmasının engellenmesi, geciktirilmesi ve en kısa zamanda giderilmesi yıllardır araştırmacılar ve antrenörlerin büyük bir ilgi alanı olmuştur. Çoğu zaman doping, yorgunluğu manipüle etme amacıyla uygulanmış yöntemler olarak kabul görmüştür. Beslenmenin, ergojenik yardımcıların, antrenman yöntemlerinin yorgunluk üzerine etkileri, yorgunluğa maruz kalmada bayan-erkek farklılıkları, yorgunlukla yaralanma ilişkisi, yorgunluğun beceri öğrenimine etkisi, yorgunken ortaya konan teknik becerilerdeki değişiklikler (bozulmalar), aşırı antrenmanla ortaya çıkan durumlar (sendromlar) ve hormonal cevaplar, ortam koşullarının (soğuk, sıcak, yükselti) yorgunluğa etkisi ve çocuklarda yüklenmeyle ortaya çıkan yorgunluk yakın zamanda belli başlı araştırma konuları olmuştur. Bu yazının amacı, spor ve egzersizlerle ilgili olarak ortaya çıkan yorgunluğun antrenörlük, spor bilimleri ve spor hekimliği alanında çalışanlar tarafından daha iyi tanınabilmesi için temel kitaplarda daha az ele alınan ancak güncel olan bilgilerin literatüre dayalı olarak derlenmesi ve yorumlanmasıdır.

YORGUNLUĞUN TANIMI

Boobis yorgunluğa ilişkin yazısında, Weller (1891) ve Setchenov'un(1903) yüz yıl kadar önce yorgunluğun nedeninin merkezi sinir sistemine bağlı olduğuna inandıklarını belirtmektedir. Weber(1914) ise yorgunluğun lokal orijinli olabileceğini öne sürmüştür(1). Christensen (1962) yorgunlukta bozulmuş homeostazisin rol oynadığını vurgulamıştır(2). Asmussen (1979) kassal yorgunluğu "verili bir egzersizde gücün sürdürülmesinde yetersizlik" olarak açıklamaktadır(3). Bugün için en yaygın olarak kabul gören tanım Edwards'a (1983) aittir ve Asmussen'in tanımına oldukça paraleldir (4);

"yorgunluk, belirli bir egzersiz yükü için gerekli gücün ortaya konmasındaki yetersizliktir."

5. Uluslar arası Egzersiz Biyokimyası Sempozyumunda (1982) biraz daha detaylı ancak aynı çerçevede bir başka tanım da kabul görmektedir (Hultman ve Sjöholm'dan, 1986);

"Yorgunluk, önceden belirlenmiş bir egzersiz şiddetinde organizmanın tümünden ve/veya bu belirli yükte çalışma sırasında fonksiyonların devamında görev yapan fizyolojik mekanizmaların/süreçlerin bazılarında yetersizlik olmasıdır."(5)

Bu noktada, yorgunluğun tanımında temel olarak bir zaman faktörü söz konusudur. Asmussen yorgunlukta iki ana mekanizmanın etkili olduğunu belirtmektedir;

1. Merkezi (proksimal motor nöronlar) ve
2. Çevresel (motor üniteler, motor son plak, kas lifleri).

Çevresel yapılar itibarıyla de iki alt parçanın yorgunluğa maruz kaldığı düşünülmektedir;

1)İletim bölgesi (nöromusküler bileşke, kas membranı ve endoplazmik retikulum)

2)Kasılma bölgesi (kas flamanları).

Yorgunluk görülmeye başladığında daha fazla motor ünite devreye sokularak güçteki düşüş kısmen kompanse edilmeye çalışılır. Çevresel kas yorgunluğunun ortaya çıkışı daha çok biyokimyasal model ile- enerjetik madde (substrat) yetersizliğine, glikojen, asetilkolin ve yüksek enerjili fosfatlar- açıklanmaktadır. Ayrıca, yine biyokimyasal olarak, artık madde birikimi veya uzaklaştırılmaması (laktik aside bağlı asidozis) da çevresel yorgunlukta rol oynar. Robergs ve Ghiasvand (2001) egzersiz sonrası yorgunluk doğuran asidozisin sadece laktik aside bağlı olmadığını, kasta glikojen azalmasının, NADH + ve H+ birikiminin, ATP hidrolizinin de asidozise katkıda bulunduğunu, spor hekimliği, spor bilimleri ve antrenman bilgisi kaynaklarında LAKTİK ASİDOZ teriminin yanlış yönlendirici olacağını önemle vurgulamaktadırlar(6).

Güney Afrikalı araştırmacı Tim Noakes (2000) egzersiz fizyolojisi temelinde geliştirilmiş modellerden yola çıkılarak hazırlanan birçok antrenman programının uygun olmadığı görüşünü öne sürmektedir (7). Bu savına ilişkin olarak; laboratuvar ve saha araştırmalarının ilişkilendirilemeyeceğini, insan organizmasının cevaplarını etkileyen faktörlerin kolay denetlenemeyeceğini, saha koşullarının bu etkileri arttırabileceğini, direkt ve doğru ölçümlerin çok ender olduğunu, birçok araştırma planında sadece biyokimyasal ve fizyolojik testlerin ön planda tutulduğunu ancak;

1. antrenmana bağlı değişimlerin incelenmesinin
2. sportif performansta etkili olan antrenmana fizyolojik uyumların araştırılmasının ihmal edildiğini belirtmektedir.

Dolayısıyla Noakes, performansı bozan yorgunluğun fizyolojik olarak tam ve doğru bir şekilde analizinin güçlüğüne dikkat çekmektedir. Noakes araştırmacıların veya uygulayıcıların yorgunluğu sadece yetersiz ve tam olmayan tek bir fizyolojik modelleme ile ele almalarında sakıncalar olduğuna işaret etmektedir. En geçerli 5 fizyolojik model şunlardır;

1. Kardiyovasküler-anaerobik model
2. Enerji sağlanması / enerji yetersizliği modeli
3. Kas kasılması (merkezi yorgunluk)/kas gücü modeli
4. Biyomekanik Model
5. Psikolojik/motivasyonel model

Yorgunluğun görülmesi sadece iskelet kaslarında değil, solunum kaslarında da olabilmektedir. Egzersiz öncesi ve sonrasında akciğer havasının zorlu ekspirasyonla çıkarılması tekniğine dayanarak ölçülen solunum kasları etkinliği aynı zamanda yorgunluğun değerlendirilmesini de mümkün kılmaktadır. McConnell ve ark.(1997) 24 antrenmanlı denek üzerinde yaptıkları araştırmada uzun süren yüksek şiddetteki maksimal egzersiz sonrasında solunum kasları fonksiyonunda düşüşler belirlemişlerdir(8). Ancak, nazal dilatörlerin performansı ve algılanan zorluğu etkilemediği saptanmıştır (O’Kroy,1997). Dolayısıyla burun dışından takılan ve solunuma yardımcı olduğu söylenen dilatörlerin solunum fonksiyonuna olumlu etkisi yoktur(9).

Özet olarak Noakes’a göre yorgunluğa yol açan etkenler tam ve doğru olarak tanımlamadıkça antrenman planlamasında kullanılacak yöntemlerin performansı en üst düzeye getirecek şekilde düzenlenmesi mümkün görünmemektedir. Tek bir fizyolojik modelden yola çıkmak yerine, farklı antrenman yöntemlerinin (kuvvet, sürat, dayanıklılık) spor dalına özel uygulama düzeni içinde, psikolojik, biyomekanik ve fizyolojik etkileşim bütünlüğü içinde araştırılması daha uygun olacaktır.

YORGUNLUĞUN NEDENLERİ VE YERİ

Dawson ve ark. (1978) nükleer manyetik rezonans (NMR) tekniğini kullanarak yaptıkları araştırmalarda yorgunluğun metabolit düzeyi ve ATP hidrolizi ile yakından ilgili olduğunu belirtirken, Merton (1981) bunun tamamen aksi olan izometrik kasılmalarda yorgunluğun tamamen elektriksel olaylarla ilgili olduğunu düşünmektedir. Yorgunluk konusunda yer ve nedenlere ait faktörler birbiri ile çok yakından ilgili görünmektedir. (Fox, Bowers ve Foss, 10) ve istemli kas kasılmasındaki bozulmaya (yorgunluğa) aşağıda belirtilen lokalizasyonlardaki yetersizliklerin yol açtığı vurgulanmaktadır(10).

1. Sinirsel uyarıları ileten motor ünite içinde yer alan motor sinir
2. Motor sinirin kas lifine sinirsel uyarıyı ilettiği motor son plak
3. Kuvveti doğuran kontraktıl mekanizma
4. Kasa sinirsel uyarının gönderilmesiyle ilgili merkezi sinir sistemi

Motor sinirin yorgunluğun ortaya çıkışındaki rolü konusunda henüz belirli, kesin kanıtlar bulunmadığından bu yazıda diğer faktörler ele alınmaktadır.

MOTOR SON PLAKTA YORGUNLUK

Motor son plağın yorgunluk lokalizasyonu olduğu konusunda karşıt görüşler bulunmaktadır. Bu tip yorgunluğun daha çok Tip II (FT=fast twitch) kas liflerinin motor ünitelerinde gözleendiği belirtilmekte (10) ise de bunun Tip II liflerdeki (metabolit azalması ve/veya birikimi ile birlikte olmasının olayı net bir şekilde yorumlayabilmeyi engellediği söylenebilir. İzokinetik kuvvet değerlendirmeleri gündeme geldiğinden beri farklı kas lifi dağılımı (% Tip I ve Tip II olarak) gösteren kaslar üzerinde yapılan araştırmalar Tip II lif oranının fazla olduğu kas gruplarında yorgunluğun daha

erken ortaya çıktığını ve gücün daha kısa sürede düşme gösterdiğini sunmaktadır(10). Motor son plaktaki yorgunluğa neden oluşu açıklanmaya çalışılırken asetilkolin gibi transmitter ajanların salınımındaki yavaşlamanın etkisinin olabileceği düşünülmektedir.(10).

Stephens ve Taylor (1972) motor son plaktaki yorgunluğun bir dakikaya kadar olan yüksek şiddetteki egzersizlerde önemli olduğunu ve bunun daha çok “yüksek eşikli motor üniteler”de etki gösterdiğini belirtmektedirler(Astrand ve Rodahl’dan). Yüksek eşikli motor üniteler yüksek kasılma hızına ve hızlı asetil kolin dolanımına (turnover) sahiptirler. (11,12).

Elektromyografik incelemelerde, hem dinamik hem de statik egzersizlerde, yorgunluk noktasına ulaştıkça belirgin değişiklikler gözlenmektedir. Yorgunluk EMG’si olarak bilinen bu incelemelerde iki önemli özellik farkedilmektedir:

1. Aksiyon potansiyelleri tek bir voltaj halinde gösterildiğinde entegre EMG sinyalinin yükselmesi (artan uyarılara kasın cevap vermemesi halinde bu sinyallerdeki yükselme yorgunluğun periferik olduğunu düşündürmektedir).
2. EMG’de Güç Frekans Spektrumu’nun (GFS sola kayması (GFS yavaş-solda- ve hızlı-sağda-motor ünitelerin relatif elektriksel aktivitelerini gösterir).

Komi (1983) yorgun kas EMG’sinde en belirgin değişikliklerin yüksek amplitüd ve yavaş ritm olduğunu, deşarjlarda gruplaşma ve senkronizasyon görüldüğünü, Kogi ve Hakamada (1962) ise tedrici olarak arttırılan izometrik ve izotonik kas kasılmalarında EMG’e gözlenen yüksek “yavaş dalga”ların yorgunluk duygusunun ortaya çıkışı ile paralel olduğunu belirtmektedirler (Astrand ve Rodahl’dan, 1986). EMG çalışmaları ile kassal elektrik potansiyelleri, dolayısı ile sinirsel fenomen ile ilgili konuları ve bunların yorgunlukla ilişkisi daha iyi anlaşılabilen ancak motor son plağa ait özel biyokimyasal değişimlerin yorgunluk nedeni olup olmadığı konusunda henüz kantitatif çalışmalar bulunmamaktadır.

KONTRAKTİL MEKANİZMADA YORGUNLUK

Kontraktil mekanizmayı birden çok faktör etkilediğinden kuvvet azalması (yorgunluk) ayrı başlıklar altında incelenebilmektedir.

1. Metabolitlerin birikimi

Laktik asit birikimi ve pH düşmesi: A.V.Hill tarafından yapılan klasik araştırmalarda laktik asidin kas yorgunluğu ile ilişkisi düşünülmüş, ancak kas içi laktik asit hiçbir zaman ölçülememiştir. Bergström ve ark. (1971) Boobis ve ark. (1983), Cheetham ve ark. (1985) iğne biyopsisi tekniği ile kas içi metabolitler üzerinde çalışmışlar ve değişik şiddetteki egzersizlerde laktik asidin yorgunlukla ilişkisini incelemişlerdir(Hultman, Spriet ve Södelund’dan, 13). Kısa süreli, yüksek yorgunluktaki egzersizlerde laktat (laktik asidin kandaki şekli) laktik asidin üretiminin eliminasyonundan fazla olması nedeniyle birikmektedir. Fizyolojik olarak laktik asit dissosiyasyonun H⁺ protonları nedeniyle

pH'ı düşüren kuvvetli bir organik asit özelliği gösterir. Kas içinde glikolitik enerji yolunda görev yapan fosfofrukotokinaz (PFK) düşük pH (asit ortam) nedeniyle inhibe olur ve glikoliz yavaşlar (14). Literatürde kas içi pH'ın 6.4'e kadar düştüğü (Hermansen ve Osnes, 1972) ve bunun altındaki pH değerlerinde PFK'nın tamamen inhibe olduğu (Hultman ve Sahlin, 1980) bildirilmektedir. Düşük pH ayrıca myofibriler adenozin trifosfataz (ATPaz) aktivitesini de bozmaktadır. Ortamda yüksek konsantrasyonda bulunan H⁺ kas kasılmasında çapraz köprü oluşumu için gerekli olan Ca⁺⁺ iyonlarının sarkoplazmik retikulumdan salınımını da engellemektedir (Astrand ve Rodahl'dan,11).

Farklı kas liflerinde (Tip I ve Tip II) laktik asid oluşumunun farklı düzeyde olduğu belirtilmektedir. İnsan vastus lateralis kasında lif tiplerinin birbirine oranı Tip II/Tip I olarak sembolize edilmekte ve oran yükseldikçe kas kuvveti artmakta ancak yorulabilirlik de yükselmektedir. Dolayısıyla bu olay Tip II liflerin daha yüksek oranda laktik asid ürettiği şeklinde yorumlanabilmektedir.(10).

Serbestleşen H⁺ iyonları kan-beyin bariyerini geçip ciddi yan etkilere yol açabilmektedir (ağrı, bulantı, kusma, disoryantasyon gibi). Kanda H⁺ iyonu konsantrasyonu yükseldiğinde akciğerde oksijenin hemoglobinin ile birleşmesi engellenebilmektedir. Yüksek H⁺ konsantrasyonu ayrıca yağ dokuda lipaz aktivitesini azaltıp serbest yağ asitlerinin (SYA) dolaşıma salınmasını bozabilmekte ve kastaki yağ oksidasyonunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir. (14).

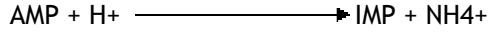
Laktik asit yada H⁺ konstantrasyonunun yüksek oluşunun yorgunlukla direk ilişkili olduğu konusunda görüşler birleşmektedir. Ancak yine de laboratuvar koşullarında yapılan testlerde gözlenen laktat konstantrasyonlarının saha koşullarında yapılan yarışmalar sonucunda elde edilen laktat düzeylerinden daha düşük olması düşündürücüdür. Antrenmanlı bireyler yüksek laktat değerlerine rağmen, belkide yüksek motivasyonlarının da etkisiyle iyi performanslar sergileyebilmektedir.(11).

Kalsiyum (Ca⁺⁺): Daha önce de belirtildiği gibi Ca⁺⁺ çapraz köprü oluşumunda görev yapmaktadır. Uzun süren eforlarda ise sarkoplazmik retikulumdan salınan Ca⁺⁺ mitokondria için birikir ve hücrel oksijen tüketimini etkiler (Brooks ve Fahey, 14)

Mağnezyum(Mg⁺⁺) : daha sonra ele alınacak olan ve yorgunlukta izlenen ATP azalması Mg⁺⁺ salınımını arttırır. Mg⁺⁺ un Ca⁺⁺ ile troponine birleşme konusunda bir çekişmesi vardır. Donaldson ve Kerrick (1975) Mg⁺⁺ un troponinle birleşme şansının Ca⁺⁺ a oranla daha fazla olduğunu bildirmektedirler. (Hultman, Spriet ve Södelund'tan,13)

İnorganik fosfor (Pi): Birçok araştırmacı değişik canlı türlerinde Pi konsantrasyonu artışının izometrik gerilimi azalttığını bildirmektedir. (Hultman, Spriet ve Södelund, 13) Kas kasılması sırasında gerçekleşen biyokimyasal olaylarda ise ATP yıkımı sırasında) inorganik fosforun serbestleştiğini bilmekteyiz.

Inozin monofosfat (IMP) ve Amonyum (NH₄⁺): Sahlin ve ark. (1981) az miktarda bir ATP azalmasının bile IMP yükselmesine yol açabileceğini ve tamponlama kapasitesini bozabileceğini, böylece H⁺ iyonlarının yüksek konsantrasyonda kalıp PFK inhibisyonu yaratabileceğini bildirmektedir (15). Burada kreatin fosfat (CP) miktarının azalmasıyla birlikte ADP refosforilasyonu düşmüş ve adenilat kinaz aktivitesi artarak (artan ADP konsantrasyonuna bağlı olarak) ortaya çıkan adenozin monofosfatlar (AMP) IMP'a dönüşecek şekilde deamine olmuşlardır.



Amonyum iyonlarının da in vitro olarak, PFK inhibitörü olduğu gösterilmiştir (15).

1. Metabolitlerin azalması açısından ise hemen her temel kaynakta rastlanabileceği gibi ATP, CP, glikojen ve glikoz konuları ele alınmaktadır. Bu derlemede, çeşitli kaynaklardan izlenebilecek bu başlığa yer sınırlılığı nedeniyle değinilmeyecektir.

MERKEZİ SINİR SİSTEMİNDE YORGUNLUK

Kassal yetersizliğin olmadığı durumlarda da performans düşüklüğü olabilmektedir. Merkezi sinir sisteminin performansın ortaya konmasındaki rolünün önemi hatırlanacak olursa yorgunluğun ortaya çıkışında etkili olabileceği düşünülebilir. Özellikle egzersize katılan kaslardan gelen sinyaller sporcunun eforu devam ettirebilme güdüsünü olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Lokal olarak kasta gerçekleşen olaylar (homeostatik denge değişiklikleri, bozulmaları) beyine duysal sinirler yoluyla iletilmektedir. Beyin ise yavaşlatıcı (inhibe edici) sinyaller göndererek motor sisteminin kassal çalışma düzeyini düşürmesini sağlamaktadır. (10).

Near-infrared spectroscopy (NIRS) egzersiz sırasında oksijenasyonla ilgili olarak ortaya çıkan ve yorgunluğu etkileyen santral ve periferik değişimleri non-invaziv değerlendirmede kullanılan bir yöntemdir. Antrenmanlı bisikletçilerde kademeli olarak artan egzersizde performansı sınırlayan prefrontal korteks ve aktif kas dokusu oksijenasyonunu değişimleri bir çalışmada bu yöntemle değerlendirilmiştir (61). Prefrontal korteks (Cox) ve vastus lateralis kas (Mox) oksijenasyonu egzersiz sırasında simultane olarak NIRS ile ölçülmüştür. Maksimal istemli izometrik diz torqu ve kuadriseps nöromusküler yorgunluğu (M-dalga özellikleri ve istemli aktivasyon oranı) egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılmıştır. Mox egzersiz boyunc azalmış ancak Cox egzersizin ilk dakikalarında artarken daha sonra ikinci ventilatuar eşik geçilince bitkinliğe doğru azalma göstermiştir (P < 0.05). Maksimal egzersizin 6.dakikasından sonra hem istemli aktivasyon oranı hem de M-dalga özellikleri anlamlı bir fark göstermemişlerdir. Bu bulgular, motor etkinlikteki supraspinal modülasyonların bitkinlikle ilişkisini gösteren çalışmalarla paraleldir.

Egzersiz sırasında serebral glukoz düzeyi oksijen tüketimine oranla azalma göstermektedir. Bu arada, algılanan zorluk derecesi artmakta ve hipotalamik hormon salınımı gerçekleşmektedir. Maksimal sürekli izometrik ve tekrarlayan izokinetik kasılmalarındaki EEG yavaşlaması ve dayanıklılıkta düşme santral yorgunluk ile birlikte ortaya çıkmaktadır. Hipertermik durumda

egzersizde görülen santral yorgunluk daha yüksek (katastrofik) hiperterminin önlenmesinde bir savunma mekanizması olarak devreye girmektedir. Bu kişiyi durdurmaya zorlamakta ve daha yüksek ısı üretimi engellenmektedir. Dopaminerjik sistemin önemi burada ortaya çıkmakta ancak iskelet kasının iç sıcaklığının bilgisini ileten reseptörler gibi başka etkenlerin de önemli olabileceği düşünülmektedir (65).

Yorgunluğun santral mekanizmasını ele alan başka bir çalışmada, santral aktivasyon yetersizliği ve eksitasyon-kontraksiyon coupling bozulmasının uzayan tenis maçlarında nöromusküler fonksiyondaki hafif sınırlılıklarda muhtemel etken olduğu görüşüne varılmıştır. (66).

YORGUNLUK VE ALGILANAN ZORLUK DERECESESİ

Yorgunluğun hissedilmesi sadece dayanıklılık egzersizlerinde değil diğer çalışmalarda da önem taşımaktadır. Yorgunluğun aynı zamanda bir zorlanma şeklinde de hissedilebileceği düşüncesinden hareketle yapılan araştırmalar bulunmaktadır. Algılanan zorluk derecesi (AZD, perceived rate of exertion = RPE, Borg) yapılan egzersiz sırasında ortaya konan işin zorluğunun değerlendirilmesine yönelik bir yöntemdir. Skalar bir değer olarak okunan AZD daha çok dayanıklılık egzersizlerinde çalışılmıştır. Pincivero ve ark.(1999) kuadriseps kasılması sırasında deneklerin AZD değerlerini incelemiş ve kuvvet antrenmanlarında ortaya çıkan yorgunluğun AZD ile ilişkisi olmadığını göstermiştir. AZD bu tip çalışmalarda çalışmaya ait zorluğa ilişkin bilgi vermektedir, yorgunluğa ait değil(16). Welsh ve ark.(1999) egzersiz öncesinde CHO alımının algılanan zorluk derecesinde düşme meydana getirdiğini bulmuşlardır(17).

YORGUNLUK VE YARALANMA İLİŞKİSİ

Sportif antrenmanların performansı yükseltmenin yanısıra yaralanmaların önlenmesi için yapıldığı da bir gerçektir. Uygun çalışmalarla geliştirilen refleksler, yorgunluğa karşı dayanıklılık ve beceriler koruyucu rol oynamaktadır. Yorgunluk durumunda ekstremitelerdeki eklemlerin stabilizasyonunun sağlanması güçleşmektedir refleksler bozulabilmektedir. Bu bozulmaların yaralanmaya yol açıp açmadığının araştırılması zor bir deneme dizaynına ihtiyaç duyurur. Bu konudaki nörofizyolojik mekanizmanın anlaşılmasına yönelik bazı araştırmalar yapılmıştır. Berk ve ark.(1999) Amerikan futbolcularında yorgunluğun refleks korunmayı değiştirmedeği ancak bilişsel işlem ve dikkatte bir yavaşlama doğurabildiğini gözlemlemişlerdir(18). Öte yandan Bauer ve ark.(1997) bisikletçilerde CHO azalmasının nöral aktivasyonda yavaşlamayla sonuçlandığını bulmuşlardır(19). Nöral aktivasyon azalmasının gerek refleks gerekse bilişsel işlemlerde bozulmaya yol açabileceği speküle edilebilir. Özellikle, 2 saat kadar süren maç, müsabaka, yarışma koşullarında veya antrenmanlarda önceden CHO alımının yararlı olabileceği gösterilmiş bulunmaktadır(Hawley ve ark., 1997). Yorgunluk ve yaralanma ilişkisini ele alan daha detaylı çalışmalara önemle ihtiyaç duyulmaktadır(20).

Egzersiz dizde pozisyon tekrarı üzerine etkisini araştıran bir çalışmada genç deneklere 792

basamak inme şeklinde eksentrik ve daha sonra konsentrik bazlı bir protokol uygulanmış, bu yüklenmelerin proprioepsiyon üzerine olumsuz etkileri olabileceği gözlenmiştir(64). Eksentrik egzersiz sonrası %28 kuvvet kaybı ve pozisyonlamada 4.8 derece sapma, konsentrik egzersizde ise %15 kuvvet kaybı ve 3.7 derece pozisyonlama sapmaya neden olduğu bulunmuştur. Deneklerin yüklenme sonrası kas uzunluğunu olduğundan daha fazla hissettikleri düşünülmektedir. Bu etkilenimin yaralanmaya yol açabileceği savı öne sürülmektedir.

ERGOJENİK YARDIMCILAR

Ergojenik yardımcı maddelerin performansı etkilemesi konusunda oldukça çok araştırma bulunmaktadır. Ancak yorgunlukla direk ilişkili araştırmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu nedenle sınırlı da olsa eldeki literatürden örnekler verilmeye çalışılacaktır.

KREATİN

Feinstein ve ark.(1999) izometrik kas kasılmasıyla ortaya çıkan yorgunluğun kreatin kullanımıyla geciktirilebileceğini göstermişlerdir. Yorgunluktaki bu gecikmenin toparlanma hızındaki artışa bağlı olabileceği düşünülmektedir(21). Urbanski ve ark.(1999) daha önce antrenman yapmayanlarda kreatin kullanımının etkisini araştırmışlardır(22). Büyük kas gruplarında yorgunluğun küçük kaslara göre daha geç ortaya çıktığını saptamışlardır.

Franoux ve ark.(2001) kreatin alımının izokinetik kuadriseps çalışmasında ortaya çıkan yorgunluğun karşılaştırmasına yönelik araştırmalarında bayanların erkeklere oranla güç çıktılarının daha yüksek olduğunu ve daha uzun süre çalışabildiklerini bulmuşlardır(23). Bu sonuca göre bayanlarda kreatinin yorgunluk üzerine daha etkili olduğu söylenebilir. Kreatin desteğiyle sıcakta yapılan egzersize toleransın arttığı ve buna bağlı olarak kas krampları ve yırtılmalara eğilim ortaya çıktığı yönünde bazı yorumlar bulunmaktadır. McArthur ve ark.(1999) tarafından yapılan bir araştırmada oral kreatin kullanımıyla vücut kompozisyonu, serum elektrolitleri, mineralleri, ozmolarite, anaerobik maksimal güç ve yorgunluk indeksinde bir değişiklik gözlenmemiştir(24). Öte yandan, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, kreatin kullanımının tekrarlı anaerobik egzersiz performansını arttırmadığı belirtilmektedir. Kreatinin kafein ile kombinasyonunun yüzücülerde performansa etkisini ele alan bir araştırmada sadece kreatin alımının uzun aralı (3 dakika dinlenme) yüklenmelerde daha olumlu etkide bulunduğu, dinlenme süresi kısa olduğunda güç çıktısının anlamlı derecede yüksek olmadığı saptanmıştır (25).

KARBONHİDRATLAR

Genel olarak kabul edildiği üzere karbonhidratlar , özellikle uzun süren etkinliklerde, yorgunluğun daha geç ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır. Karbonhidratların sporda psikolojik performansı etkilemesine ilişkin araştırmalar sınırlıdır. Welsh ve ark.(1999) oyun sporlarında egzersiz öncesi ve sırasında karbonhidrat kullanımının zihinsel ve fiziksel performansı arttırdığını

bulmuşlardır(17). Egzersiz sonrasında CHO depolarının tamamlanması da en az öncesinde kullanım kadar önem taşımaktadır. Ancak yapılan bazı araştırmalarda egzersiz sonrası CHO alımının bazı istenmeyen etkileri olabileceğini göstermiştir (26). Araştırmacılara göre egzersiz sonrası deneklere verilen sıvı+CHO içeceğinin ani yorgunluk, huzursuzluk ve zihinsel tepkisizlik gibi belirtiler gösterdiği saptanmıştır. Dolayısıyla , sporcuların egzersiz, maç, müsabaka, antrenman sonrasında alacakları besinlerin enerjetik değerinin yanısıra alışkanlıklarına ve tercihlerine göre düzenlenmesi psikolojik olarak istenmeyen sorunlarla karşılaşılmasını engelleyecektir.

5-HİDROKSİTRİPTOFAN (5-HTP)

Hanse ve ark.(1999) tarafından yapılan bir araştırmada 5-HTP verilen antrenmanlı bireylerde (bisikletçi) yorgunluk üzerine olumlu bir etki gözlenmemiştir(27). Algılanan zorluk derecesinde, kalp atım hızında , kan laktat ve glikoz değerlerinde de farklılık oluşmamıştır. Dolayısıyla 5-HTPnin objektif ve subjektif yorgunluk belirteçlerine üzerine etkisi bulunmamıştır.

GİNSENG

Kolokoouri ve ark.(1999) ginsengin kısa süren supramaksimal (Wingate) egzersizlerdeki yorgunluk üzerine etkilerini araştırmışlardır(28). Testlerde gerek ortalama güç, gerekse zirve güç veya oranlarıyla ilgili ginsengin olumlu bir etkisi gözlenmiştir.

SODYUM BİKARBONAT

Webster ve ark.(1993) bitkinleşinceye kadar yapılan direnç egzersizlerinde bikarbonat kullanımının yorgunluk üzerine etkilerini incelemiştir. Bu tür egzersizlerde NaHCO₃'ün etkisi olmadığını bulmuşlardır(30).

YORGUNLUK VE BECERİ

Literatürdeki sürekli fiziksel etkinliklerdeki (koşu, yüzme, bisiklet, oyun sporları) yorgunluğa ait araştırmalar oldukça fazladır. Ancak belirli ekstremitelerin tekrarlı kullanımına bağlı bölgesel yorgunluk detaylı olarak araştırılmamıştır. Örneğin, tek ekstremitenin kullanımına bağlı değişikliklere ait çalışmalar sınırlı sayıdadır. Oysa genel yorgunluğun ötesinde, bölgesel yorgunluğun yol açtığı değişimlerin incelenmesi hem performans hem de yaralanmadan korunma açısından önem taşımaktadır.

Kunduracioğlu ve ark(2002) tarafından bisiklet ve koşu egzersizleri sonrasında stabilometrik ölçümlerde denge kayıpları olduğu izlenmiştir. Yorgunlukla paralel görülen bu kayıpların bisiklet ve koşu egzersizleri arasında fark göstermediği ortaya konmuştur. Denge kayıplarının proprioseptif mekanizmada bozulmadan kaynaklandığı düşünülmektedir(30).

Dangelmaier ve Coward (2001) bayan voleybolcularda 50 smaç sonrasında yorgunluğa bağlı olduğu düşünülen belirgin kinematik değişiklikler olduğunu saptamışlardır(31). Hareket segmentleri çalışmanın sonuna doğru yavaş, hareket büyüklükleri dar, genlikleri azalmış ve hareket açıları

değişmiş bulunmuştur. Top hızı düşmüş ve vuruş düzgünlüğü bozulmuştur. Maç içinde bu değişimler hatalara yol açabilmektedir. Hatalar ise sporcuyla psikolojik olarak olumsuz etkileyebilmektedir. Antrenman planlanmasında bölgesel yorgunluğun yol açabileceği bu sorunun antrenör tarafından bilinmesi gerekmektedir.

Başka bir çalışmada 10 genç futbol oyuncusunun (yaş ortalaması 15.8 yıl, SS=0.4) motorsuz (denek denetimli) koşu bandı üzerinde 42 dakikalık futbola uyarlanmış özel egzersiz seansından önce ve sonra sıçrama performansları değerlendirilmiştir (62). Bir kuvvet platformu üzerine skuat, counter-movement sıçrama ve drop-jump sıçrama yapılırken eş zamanlı olarak alt ekstremitedeki 4 kas grubundan yüzeysel EMG kaydı yapılmıştır. Sonuçlar, futbola uyarlanmış özel egzersizin tüm sıçrama türlerinde performansı düşürdüğünü göstermektedir. Drop-jump sırasındaki kas aktivitesi değişimi bunlar arasında en düşük değeri sergilemektedir ve yorgunluğun etkisini belirgin şekilde göstermektedir.

Yorgunluk durumunda beceri öğrenmeye ilişkin yapılan bir araştırmada (Arnett ve ark., 2000) bayan ve erkeklerin farklı tepkiler verdiği bulunmuştur(32). Yorgun ve dinlenik gruplarda beceri öğrenimi bayan ve erkeklerde cinsiyete özel bir gelişim göstermiştir. Örneğin yorgunken beceri öğrenen erkekler yorgunken öğrendikleri bu beceriyi daha iyi sergilemişlerdir. Bayanlarda ise durum tersine gelişmiştir. Bayanlarda yorgun olmayan kontrol grubu kazandıkları beceriyi yorgun durumda daha iyi ortaya koymuşlardır. Ancak her iki grupta bulunan ortak özellik yorgunluğun beceri kazanımını (öğrenimini) kısmen bozmasıydı. Bayanlar yorgunluktan daha fazla etkilenmiş bulundu. Benzer bulgular Barnett ve ark.(1973) tarafından yapılan bir başka çalışmada daha önce de saptanmıştır(33). Yorgun olunmayan koşullarda beceri öğreniminin daha verimli olduğunu gösteren bu araştırma sportif antrenmanlar için çok temel bir gerçeği işaret etmektedir: teknik çalışmalar yorgunken yapılmamalıdır. Antrenmanın özel olma (spesificity) ilkesiyle çok yakından ilişkili olan bu duruma özellikle genç sporcularla çalışan antrenörlerin dikkat etmesi beklenmektedir. Hakkinen'in (1992) araştırmasında da eğer spora yönelik teknik çalışma yapılacaksa bunun kuvvet (ağırlık) çalışmasından önce yapılmasının daha doğru olacağı belirtilmektedir(34).

ÇEVRESEL ETKENLER

Yüksek sıcaklıktaki ortamlarda yapılan egzersizlerde ortaya çıkan yorgunluğun karbonhidratlardaki düşüşe değil daha başka etkenlere bağlı olduğu görüşü öne sürülmektedir (35). Bununla birlikte sıcak ortamdaki egzersizlere karbonhidratların tamamlanması sonrasında katılınması önerilmektedir. Sıcakta yapılan egzersizde kaslarda fazladan bir glikoz alımı olmadan olmadan hiperglisemi ortaya çıkmaktadır. Bu fenomen karaciğerden glikozun salınımında artışa bağlanmaktadır. Sıcakta egzersizde artan karbonhidrat tüketimine rağmen bunun yeterli miktarda olması yarışma öncesi ve sırasında karbonhidrat alımını ihmal etmek anlamına gelmemelidir.

Smith ve ark.(1997) bisikletçilere giydirdikleri ve deri sıcaklığını 10 derece Celcius civarında tutan özel giysilerle yorgunluğun geciktirilebileceğini göstermişlerdir(36). Bu durumun, daha çok deri kan akımının azaltılması ve kas kan akımına katkının artmasıyla açıklanması mümkündür. Serin ve hatta soğuk havalarda dayanıklılık performansının sıcak hava koşullarına oranla daha kolay korunabildiği bilinmektedir. Daha az sıvı gereksinimi doğuran serin-soğuk hava koşulları dayanıklılık sporcuları için yorgunluğun geciktirilmesi açısından daha avantajlıdır. Ancak Tikuisis ve ark.(1999) ultra maratoncularda yorgunluğun soğuğa toleransı azalttığını, organizmanın soğumaya karşı savunmasının bozulduğunu bulmuşlardır(37). Dolayısıyla egzersizin şiddeti, süresi ve ortam sıcaklığı birlikte etki eden bir kompleks oluşturmaktadır.

Antrenörün içinde bulunduğu ruhsal durum da sporcuların antrenmana uyumlarını yakından etkilemektedir. Antrenörlerin tükenmişlik durumuyla karşılaşması ender bir olay değildir. Kişilik değişiklikleri, emosyonel çalkalanmalar, bitkinlik, tükenmişlik ve takımı otokratik yönetim şekli bu sorunu yaşayan antrenörü ele veren ipuçları olabilir. Kazanmaya endekli tavırlar negatif bir atmosfer doğurabilir. Antrenörün sporcuyla karşılıklı uyum içinde yürüyen ilişkisi tükenmişlik durumunda kısır bir döngü halinde bozulmaya uğrayacaktır. Bu sorun, bir ayna gibi, sporcuya yansiyabilecektir ve sporcunun tükenmişliği, hatta takımın tükenmişliğini davet edebilecektir. Bütün bu duygulanımlar sporcunun antrenman verimini düşürecek, başarısızlık kaçınılmaz olacaktır. Spor psikolojisinin ilgi alanına giren bu önemli konuda profesyonel destek alınması emosyonel ve fiziksel yorgunluğun üstesinden gelinebilmesi için bir açılım getirilebilecektir.

YORGUNLUĞUN ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yarışma sonucuna objektif olarak yorgunluk durumunu laboratuvar koşullarında incelemek de mümkündür. Hangi tür egzersizler olursa olsun iş yükü arttığında ortaya konan gücün devamlılığını sağlayabilme süresi kısalmaktadır (Şekil 1). Başka bir deyişle, yüklenmenin şiddeti sabit tutulsa bile zaman içinde ortaya konan güç düşme gösterecektir (Şekil 2).

Şekiller..... 1 ve 2.....

Grafik şeklinde izlenebilen bu düşme "Yorgunluk eğrisi" olarak bilinmektedir. Relatif egzersiz şiddetine göre sınıflamalarda (submaksimum, maksimum ve supramaksimum) bu fenomeni bisiklet ergometresi, koşu bantı, kürek yada kol ergometresi kullanarak gözlemek ve değerlendirmek mümkün olabilmektedir. Eforun sürekli yada kesintili olması da eğriyi etkilemektedir. Başlangıçta yüklenme şiddeti ne kadar yüksekse yorgunluk o kadar kısa zamanda ortaya çıkacaktır. Düşük yüklenmelerde geç ortaya çıkan yorgunluk eforun daha uzun sürdürülebilmesine olanak sağlar. Yorgunluk eğrisi aynı tür yüklenmelerde farklı bireyleri kıyaslamak veya aynı bireyin antrenmanlara gösterdiği uyumu ve gelişimi zaman içinde izlemek amacıyla da kullanılabilir.

Geçtiğimiz yüzyılın ortalarından itibaren, özellikle 2.Dünya Savaşı sonrası spora verilen önemin artışına paralel olarak, egzersiz fiziolojisindeki araştırmaların detaylanmasıyla birlikte performans ölçümü ve değerlendirmesine ait çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Astrand ve ark.(1960) İskandinav ülkelerindeki geleneksel spor alışkanlığı ve dayanıklılık sporları bazında çeşitli araştırmalar gerçekleştirmişlerdir(38). Daha sonra çeşitli ülkelerdeki araştırmacılar gerek genel gerek özel ergometrik yöntemlerle yorgunluğun ölçümü ve değerlendirilmesi için çalışmalar yapmışlardır. Çoğu fizyolojik testlere dayanan yorgunluk ölçümleri iki başlık altında toplanabilir;

1. Güç ölçümleri

Verili bir hareketin ortaya konması için harcanan gücün hesaplanması ve bu gücün zaman içinde düşüşünün izlenmesi

1. Dayanıklılık ölçümleri

Verili bir egzersiz şiddetinin sürdürülebilme kapasitesi

Yukarıdaki biyokimyasal parametrelerin de zaman zaman yorgunluğu yorumlamada kullanıldığı görülmüştür. Ancak çok etkenli bir durum olan yorgunluğun bu şekilde ölçülmesinin yetersiz kalacağı yönünde görüşler yoğunudur. Çünkü kan veya diğer vücut sıvılarından analiz edilen maddelerin yorgunluğun kompleks özelliğini yansıtmayacağı düşüncesi ağırlık kazanmıştır.

Antrenman biliminde performans gelişimiyle ilgili iki önemli kavram bulunmaktadır. Kısa/orta süreli aşırı yüklenme (OVERREACHING) durumu ve uzun süreli aşırı antrenman durumu (OVERTRAINING). Aşırı yüklenme daha çok tek bir antrenmanda kısa süren, yorgunluğa yol açan ve normal dinlenme periyotlarından daha uzun sürede toparlanılabilen durumu açıklamaktadır. Aşırı antrenman durumu (OVERTRAINING) ise genel olarak antrenman yüklenmesi sabit kaldığı veya yükseldiği halde performansta düşme, çabuk yorulma, uyku düzeninde bozulma, sosyal davranışlarda değişiklikler ve kendini iyi hissetmeme ile belli eder. Aşırı antrenman çok sık ve aşırı antrenman uyarılarına maruz kalmakla ve buna karşın yeterli/uygun dinlenme gerçekleştirilememekle ortaya çıkar. Aşırı antrenman durumunu laboratuvar testleri ile izlemek gerekliliği ve değerlendirmede yöntem standardizasyonu sınırlılıkları nedeniyle zorluklar bulunmaktadır (Şekil-3). (39)

Yine de yorgunlukla yakından ilişkilendirilen aşırı antrenman durumu ancak çeşitli biyokimyasal analizlerle değerlendirilebilmektedir. Performansın arttırılması için daha sık ve daha yoğun şiddette antrenman yapılması gereği aynı zamanda aşırı antrenman durumunu davet etmektedir. Bireysel optimum antrenman düzeyinin (kapasitesinin) aşılmasına bağlı olarak ortaya bir dizi objektif ve subjektif belirti çıkmaktadır. Aşırı antrenman durumunda performansın kötüye gittiğini gözlemleyen araştırmalar bulunmaktadır (40). Kısa ve yüksek yoğunlukta yapılan kamp çalışmalarının ardından aşırı antrenmana bağlı yorgunluğun merkezi (kardiyovasküler-pulmoner) olmaktan çok çevresel

(kassal) etkenlere bağlı olduğu düşünölmektedir. Çoğu zaman sürantrenman olarak tanımlanan bu durumda aşağıdaki değişimler izlenmektedir;

Objektif belirtiler

1. dinlenik ve egzersizdeki kalp atım hızının yükselmesi
2. artmış (veya bazen düşmüş) kan basıncı değerleri
3. oksijen tüketiminin düşmesi veya antrenmana rağmen yükselmemesi
4. bazı enzim ve hormonların kan konsantrasyonlarında değişiklikler

Subjektif belirtiler

1. antrenmana bağlı gelişimin durması
2. yarışma performansının durması veya bozulması
3. aşırı yorgunluk
4. sporcunun kendisini hastalıklı hissetmesi (kan değerleri normal)
5. antrenman cevabının bozulması

Hooper ve ark.(1995) yaptıkları ve yukarıdaki kriterleri ele alan incelemelerde sezon başı, ortası, sonu, antrenmanların temposunun düştüğü ve yarışma sonrası olmak üzere 5 dönemde ölçümler yapmışlardır(41). Aşırı antrenman durumunun açıklanmasında (yorumlanmasında-tanısında) yorgunluk, uyku düzensizliği, stress ve kas sertliği (ağrıları) en anlamlı belirteçler olarak bulunmuştur. Sezon sonu itibariyle stres ve dinlenik kan katekolamin düzeyi aşırı yüklenmelerin açıklanmasında %85 ilişkili parametreler olarak ortaya çıkmıştır. Antrenman temposunun düştüğü (tapering) dönemlerde sporcunun kendisini iyi hissetmesi (well-being) en önemli (%72) ip ucu olarak saptanmıştır. Dolayısıyla sporcuya sadece kendisini nasıl hissettiğinin sorulması bile önemli bulgular elde edilmesini sağlayabilir. Psikolojik yaklaşımların doğru kullanılması, uygulanması, birçok biyokimyasal ve fizyolojik parametreden çok önce performans bozulmasına yol açabilecek durumları engelleyebilir(42). Çünkü;

1. Hormonal ve enzimatik yöntemlere ilişkin referans değerler yoktur
2. Bireysel farklılıklar çok büyük aralıklarda değişim göstermektedir
3. Supra-hipotalamik düzenlemelerle ilgili bilgiler yetersizdir
4. (Reseptör) Çevresel düzeyde modöstasyonlar bulunmaktadır
5. Çalışma içi ve çalışmalar arası metodolojik sınırlılıklar ve değişkenlikler vardır
6. Analizlerden yeterince hızlı sonuç alma olanağı yoktur
7. Geniş denek gruplarına ihtiyaç duyulmaktadır
8. Sirkadiyen ritimlerin etkisi büyüktür
9. Diyet, yükselti gibi dış etkenlerin önemi büyüktür
10. Plazma yarılanma ömürleri farklıdır
11. Bayan sporcularda fizyolojik olarak düşük testosteron düzeyleri ve menstrüel sıklık varyasyonlar sonucu ve dolayısıyla yorumları etileyebilir.

En çok başvuru alan testosteron/kortizol oranı aşırı kullanım durumundan çok antrenman yüklenmesine ait fizyolojik cevabı yansıtmaktadır(Urhausen ve ark.,1995). Mackinnon ve ark.(1997) tarafından yapılan bir çalışmada elit yüzücülerde 4 haftalık artan yüklerle yapılan yoğun antrenmanlara bağlı olarak ortaya çıkan yorgunluğun ve antrenmana tolerans düşüklüğünün, plazma

norepinefrin, kortizol, testosteron, testosteron-kortizol oranı, lökosit, nötrofil-lökosit oranı, CD4-CD8 oranı, serum ferritin ve kan hemoglobin konsantrasyonu, eritrosit, hematokrit ve ortalama kan hücre sayımları ile açıklanamayacağı görülmüştür(43,44). Sadece idrar norepinefrin atılımının düşük değerlerine aşırı antrenman durumunun ortaya çıkışının 2-4 hafta öncesinde rastlanmıştır. Bu özellik aşırı antrenman durumunun bir ön-belirteci olabilir. Mackinnon ve ark.(1993) yaptığı bir başka çalışmada ise yine elit yüzücülerde sürantrenman durumunda norepinefrin konsantrasyonunun temposu düşen antrenmanlar döneminde bile yüksek seyrettiği saptanmıştır. Yüksek seyreden norepinefrin aşırı antrenmanın değil ama sürantrenmanın bir belirteci olabilir. Benzer yorumları Flynn ve ark.(1994) da yapmaktadırlar ve psikolojik bulguların sürantrenmanın yorumlanmasında daha değerli olabileceğini ileri sürmektedirler(45). Rushall (1988) tarafından tanımlanan Sporcu Günlük Yaşam İhtiyaçları Analizi (Daily Analysis of Life Demands for Athletes - DALDA) yönteminin sürantrenmanın izlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir(46).

Antrenman cevaplarının izlenmesi yorgunluğun değerlendirilmesinde önem taşır. Ancak antrenman yüklenmesinin derecelendirilmesinde metodolojik zorluklar bulunmaktadır. Berglund ve Safstrom (1994) bu amaçla aşağıdaki skalar değerlendirmeyi önermektedirler(47);

2-Çok çok kolay

4-çok kolay

6-kolay

8-orta zor

10-zor

12-çok zor

14 çok çok zor

Ayrıca antrenman koşu süratinin de subjektif olarak derecelendirilmesi mümkündür;

1-düşük şiddet "jogging"

2-uzun mesafe koşusu ortalama hızı (>60 dakika)

3-Eşik hız (30 dakikalık bir yarışın ortalama hızı)

4-Ortalama hız (4 dakikalık yarış sürati)

5-Maksimum hız (30 saniyelik yarış sürati)

ANTRENMAN VE YORGUNLUK

Kuvvet gelişimi için mutlaka yorulmaya gerek var mıdır? Strussi ve ark.(1998) yorgunluğa yol açan ve açmayan iki tür yüklenmenin kuvvet gelişimine katkısını karşılaştırmışlardır(48). 15 tekrarlı maksimal yüklenme ile 2 x 6 x 10 maksimal yüklenme arasında kuvvet gelişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Dolayısıyla özellikle rehabilitasyon amaçlı kuvvet antrenmanlarının yorucu olmasına gerek yoktur. Öte yandan Rooney ve ark.(1994) üç grubun karşılaştırıldığı (6RM, 6-10 set, 3gün/hafta, 6 hafta ile tekrarlar arasında 30 saniye dinlenmeli ve

inaktif gruplar) araştırmalarında yorgunluk oluşmadan gelişim olmayacağını bulmuşlardır(49). Maksimale yakın ve az dinlenmeli kuvvet uyarılarının daha iyi antrenman etkisine sahip olduğu belirtilmektedir. Bu iki farklı bulgunun laboratuvar çalışmalarına dayandığı ve spora özel durumlar için sadece bir yorum getirdiği, onemli olan noktanın kuvvet antrenmanlarının spor dalının ihtiyacına göre planlanması olduğu hatırlanmalıdır. Nicol ve ark.(1997) yoğun ve şiddetli gerilme-kısalma döngüsünün (stretch-shortening cycle) yer aldığı antrenmanların gerilme refkesi üzerine etkilerini incelemişlerdir(50). Antrenmanla gerilme-kasılma döngüsünün geliştirilemediği, ancak bu tip çalışmalarla hareket veriminin yükseltilebileceği dşnlmektedir. Başka bir deyişle, basketboldaki sıçrama yüksekliliği gerilme-kısalma döngülü antrenmanlarla (pliometrik) arttırılamamaktadır. Bu tip antrenmanlarla belki sıçrama yksekliliğinin tekrarlı çalışmalarda korunabilmesi sağlanabilmektedir. Bir çalışmada elektriksel kas-sinir uyarımı ile elde edilen antrenman ve daha sonra detraining etkisinin (antrenmansızlık) yorgunluk üzerine etki mekanizmaları incelenmiştir(63). 10 genç sağlıklı erkek denek bir NMES yorgunluk protokolunu 4 haftalık antrenman ve 4 haftalık detraining sonrası tamamlamışlardır. Plantar fleksrlerdeki kas yorgunluğu (maksimal istemli torkta azalma) , santral yorgunluk (aktivasyon yeersizliği), ve çevresel yorgunluk (transmisyon ve kasılmada yetersizlik) olarak bir dizi elektriksel uyartılmış (evoked) ve istemli kontraksiyon sırasında EMG ve tork kayıtları ile değerlendirilmiştir. Kısa süreli plantar fleksr kas NMES antrenman-detraining etkisi tek NMES egzersiz çalışması sırasında anlamlı olarak düşüş göstermiştir. Bunun, büyük bir olasılıkla NMES sırasında deneğin ağrı ve rahatsızlık hissine düşük uyumu nedeniyle aktivasyon yetersizliğine (alt santral yorgunluk gibi) bağlı olduğu dşnlmektedir.

YORGUNLUK VE CİNSİYET FARKLILIKLARI

Çoğu zaman yorgunlukla ilgili olarak büyük kas gruplarına ait araştırmalar yayınlanmaktadır. Oysa bazı durumlarda kk kas gruplarının kuvvet ve dayanıklılığına büyük önem düşer. Örneğin yükseltide el-kol kaslarının önemi yadsınamaz. Fulco ve ark.(1997) akut olarak maruz kalınan 4300 metre yükseltide bayanların adduktor pollisis kaslarının bitkinliğe kadar submaksimal kasılma süresi erkeklere oranla daha uzun bulunmuştur(51). Hakkinen (1992) erkeklerin ağırlık (kuvvet) antrenmanlarına bayanlara oranla daha ağır cevap verdiğini ve toparlanma (normale dönme) sürelerinin daha uzun olduğunu saptamıştır. Durham ve ark.(2001) ek ağırlıkla ve ağırlıksız (vücut ağırlılığıyla) yapılan pliometrik egzersizlerin erkek ve bayanlarda görülen etkilerini incelemişlerdir(34). G ıktıları ve yorgunluk indeksi açısından erkek ve bayanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir. Vücut ağırlılığı ve ek ağırlıkla yapılan pliometrik çalışmalar iki cinste de benzer antrenman etkisi doğurmuştur. Ayak bileğinde maksimal istemli kontraksiyon ile yapılan 4 dakikalık dorsifleksiyonun bayanlarda erkeklerden daha geç yorgunluk doğurduğunu gözlemleyen bir başka araştırma sonucuna göre izometrik kasılmaların bayanların yorgunluk açısından avantajlı olduğu söylenebilir (52). Franaux ve ark.(2001) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada kreatin kullanımının bayan ve erkeklerde diz ekstansiyonu

kuvvetinde ortaya çıkardığı farklılıklar incelenmiştir(23). Bu araştırmaya göre, kreatin kullanımı bayanlarda yorgunluğun ortaya çıkmasını, erkeklere oranla daha, geciktirmektedir. Başka bir çalışmada ise (53) başlangıçta benzer kuvvet değerleri olan bayanların eksentrik tipte egzersizler sonrasında erkeklerden daha belirgin yorgunluk gösterdiği saptanmıştır. Thomas ve ark.(1997) tarafından 5 kilometre koşu sırasında bayan ve erkeklerinkoşu ekonomisi, dakika ventilasyonları ve kan laktatları incelenmiştir(54). Koşu ekonomisinin bayanlarda laktat ve dakika ventilasyonu ile ilişkili olduğu, koşu veriminin (teknikinin) düzeltilmesiyle performansın olumlu etkilenebileceği, ancak bu durumun erkekler açısından aynı avantajı taşımadığı söylenebilir. Çok dikkatle yapılabilecek bir özetleme, bayanların yorgunluğa erkeklerden daha dirençli olduklarıdır.

ÇOCUKLAR VE YORGUNLUK

Yaş grubu yüzücü çocuklarda yapılan 3.5 aylık bir çalışmada yoğun antrenmanların yorgunluk ortaya çıkardığı, antrenman temposunun azaltılmasıyla birlikte toparlanmanın hızlandığı saptanmıştır (55). Çocukların bu durumla baş etmeyi de öğrendikleri gözlenmiştir. Ancak antrenman yoğunluğunun erken yaşlarda gerek mental gerekse fiziksel yorgunluğa yol açmayacak şekilde ayarlanması önerilmektedir. LeMura ve ark.(1997) tarafından yapılan bir başka araştırmada ise iyi derecede antrenmanlı çocuk sporcularda yorgunluğun santral faktörlere (kardiyovasküler) bağlı olarak ortaya çıktığı, periferik faktörlerin (bacak yorgunluğu) çok önemli derecede hissedilmediği saptanmıştır(56).

KRAMPA

Kramplar istemsiz, ağrılı, spazmodik iskelet kası kasılmalarıdır. Klinik olarak çok sık görülmelerine rağmen etiyojisi ve giderilmesi yönünde henüz tam bir fikir birliğine ulaşılmamıştır. Egzersize bağlı kas krampları egzersizden hemen sonra görülmekte, yorgunluğa paralel olarak ortaya çıkmakta ve kısalmış kas kasılmasıyla kendisini belli etmektedir. Bu durumla karşılaşan hekimler için esas sorun sorunun gerçek bir kramp mı yoksa altta yatan başka ciddi bir nedene bağlı olup olmadığının aydınlatılmasıdır. Kas krampları birçok durumun (örneğin radikülopati, Parkinson hastalığı, hipotiroidizm, diabetes mellitus, vasküler nedenler, elektrolit denge bozukluğu ve metabolik myopatiler gibi) bir belirtici olabilir. Kramplar ayrıca bazı ilaçların yan etkileri şeklinde de görülebilir (örneğin lipid düşürücüler, antihipertansifler, beta agonistler, insülin, oral kontraseptifler, alkol gibi). Kramp sorunu olan birçok sporcu aslında sağlıklı bireylerdir ve herhangi bir sistemik sorunları yoktur. Antrenmanın analizi ve uygun beslenme rejimi ile yaklaşarak kramp ve yorgunluk sorunu birlikte ele alınmalıdır (67). Uzun süre devam eden kramp sorunları daha dikkatle ele alınmalı ve gerekli klinik araştırmalar yapılmalıdır.

SONUÇ

Yorgunluk, gerek sporcularda gerekse toplumun diğer kesimlerinde , yaşam kalitesini bozan ve performansı olumsuz etkileyen önemli başlıklar arasındadır (57,58,59). Deneyimli sporcularda yorgunluğun performansı bozucu etkisi daha az hissedilmektedir(60). Antrenmanların optimum koşullarda planlanması gerek rejenerasyonun sağlanması ve akut yorgunluğun engellenmesi, gerekse uzun dönemde sürantrenman durumuna girilmemesi açısından önem taşır. Öte yandan, yorgunken yapılan beceri antrenmanlarının kalıcı etkileri sınırlıdır. Ayrıca yorgunluk durumunda antrenman yaparken yaralanma olasılığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Yorgunlukla ilgili sadece laboratuvar bulguları değil, aynı zamanda psikolojik belirtiler de dikkatle izlenmelidir.

KAYNAKLAR

- 1-Boobis L. H., Williams C., Cheetham M.E. ve Wooton S.A., “Metabolic Aspects of Fatigue During Sprinting”, Kitap: Exercise: Benefits, Limits and Adaptations, ed. D. Macleod, R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly ve C. William E. F. W. Spor, 1987, s.116-143
- 2- Christensen, E. H. (1962). Speed of work. Ergonomics, 5, 7-13.
- 3- Asmussen, E. (1979). Muscle fatigue. Medicine and Science in Sports, 11, 313-321.
- 4- Edwards R. H. T. , “Biochemical Basis of Fatigue in Exercise Performance: Catastrophe Theory of Muscular Fatigue”, Kitap: Biochemistry of Exercise ed. H. G. Knuttgen, J. A. Vogel ve J. Poortmans, Human Kinetics Publ., Inc Champaign, Ill., 1983, s. 3-28
- 5- Hultman E. Ve Sjöholm J., “Biochemical Causes of Fatigue”, Kitap: Human Muscle Power, ed. N. Jones, N. McCartney ve A.J.McComas, Human Kinetics Publ. Inc., Champaign, Ill., 1986, s. 215-238
- 6- Robergs, R. A., & Ghiasvand, F. (2001). A reevaluation of the biochemical causes of skeletal muscle acidosis during intense exercise. Medicine and Science in Sports and Exercise, 33(5), Supplement abstract 1565
- 7- Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. Scandinavian -Journal of Medicine and Science in Sports, 10, 123-145.
- 8- McConnell, A. K., Caine, M. P., & Sharpe, G. R. (1997). Inspiratory muscle fatigue following running to volitional fatigue: The influence of baseline strength. International Journal of Sports Medicine, 18, 169-173.
- 9- O’Kroy, J. A. (1997). Effects of an external nasal dilator on performance and ventilation. Medicine and Science in Sports and Exercise, 29(5), Supplement abstract 1611.
- 10- Fox E. L., Bowers R. W. Ve Foss M.C. , the Physiological Basis of Physical Education and Athletics, Saunders College Publ., Philadelphia, 1988, s. 122-129
- 11- Astrand P.O. ve Rodahl K., Textbook of Work Physiology, McGraw-Hill Go., New York, 1986, s. 115-122
- 12- Bigland Ritchie B., Bellamare F. Ve Woooz J.J., “Excitation Frequencies and Sites of Fatigue”, Kitap: Human Muscle Power, ed. N. L. Jones, N. Mc Cortney ve A.J. McComas, Human Kinetics Publ.,

Ins. Champaign, Ill. 1986, s. 197-214.

13- Hultman E., Spriet L.L. ve Södelund K., "Energy metabolism and fatigue in working muscle",
Kitap: Exercise: Benefits, limits and adaptations, ed. D. Macleod, R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly
ve C. Williams. E. Ve F. W. Spor, 1987, s. 63-84

14- Brooks G.A. ve Fahey T.D., Exercise Physiology, MacMillan publ. Co., New York 1984, s. 701-721

15- Spriet L. L., "Muscle pH, glycolytic ATP turnover and the onset of fatigue" Kitap: Exercise:
Benefits, Limits and Adaptations, ed. D. Macleod, R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly ve C. Williams,
E.F. Spor, 1987, s. 85-103

16- Pincivero, D. M., Gear, W. S., Moyna, N. M., & Robertson, R. J. (1999). The effects of rest
interval on quadriceps torque and perceived exertion in healthy males. *Journal of Sports medicine
and Physical Fitness*, 39, 294-299.

17- Welsh, R. S., Byam, S., Bartoli, W., Burke, J. M., Williams, H., & Davis, J. M. (1999). Influence
of carbohydrate ingestion on physical and mental function during intermittent high-intensity
exercise to fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), Supplement abstract 484.

18- Berk, S. E., Kinzey, S. J., Kravitz, L., & Cole, J. L. (1999). The effect of voluntary fatigue on the
involuntary muscle activity of selected arm muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*,
31(5), Supplement abstract 865.

19- Bauer, R. S., Hatfield, B., Haufler, A., Lockwood, P., & Hung, T. (1997). Effect of exercise-
induced hypoglycemia on CNS activation in elite cyclists. *Medicine and Science in Sports and
Exercise*, 29(5), Supplement abstract 1275.

20- Hawley, J. A., Schabort, E. J., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Carbohydrate-loading and
exercise performance. *Sports Medicine*, 24, 73-81.

21- Feinstein, T. M., Claybon, E. M., Lund, R. J., Peters, P., Lyle, M. A., Cox, R. H., & Wiley, R. L.
(1999). Effects of creatine monohydrate supplementation on recovery time during repeated bouts of
isometric handgrip.

Medicine and Science in Sports and Exercise, 31(5), Supplement abstract 1284.

22- Urbanski, R. L., Foy, S. F., Vincent, W. J., & Yaspelkis, B. B. (1999). Creatine supplementation
differentially affects maximal isometric strength and time to fatigue in large and small muscle
groups. *International Journal of Sport Nutrition*, 9(2), 136-145.

23- Franoux, M., Louis, M., Sturbois, X., & Poortmans, J. R. (2001). Effects of creatine
supplementation in males and females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5),
Supplement abstract 1152

24- McArthur, P. D., Webster, M. J., Boyd, J. C., May, R. A., Eschbach, L. C., Eimer, A. J.,
Angelopoulos, T. J., Zoeller, R. F., & Krebs, G. V. (1999). Creatine supplementation and acute
dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), Supplement abstract 1276.

25- Carl, D. L., Alperin, N., Kochendorfer, K., Stieger, J., Andres, F., & Broadley, D. (1999). Effect
of oral creatine and caffeine on muscle phosphocreatine resynthesis in competitive swimmers.

- Medicine and Science in Sports and Exercise, 31(5), Supplement abstract 1283.
- 26- Bloomer, R. J., Baldewicz, I. I., Keller, H. A., Vukovich, M. D., & Sforzo, G. A. (2000). Alterations in mood following acute post-exercise feeding with variance in macronutrient mix. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(5), Supplement abstract 121.
- 27- Hanse, J. J., Faria, E. W., & Faria, I. W. (1999). Effect of 5-hydroxytryptophan on central fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), Supplement abstract 451.
- 28- Kolokoouri, I., Engles, H.-J., Cieslak, T., & Wirth, J. C. (1999). Effect of chronic ginseng supplementation on short duration, supramaximal exercise test performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), Supplement abstract 445.
- 29- Webster, M. J., Webster, M. N., Crawford, R. E., & Gladden, L. B. (1993). Effect of sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(5), Supplement abstract 1086.
- 30- Kunduracioğlu B., Güner R., Ülkar B., Ergen E.,(2002) Bisiklet ve koşu egzersizleri öncesi ve sonrası alt ekstremitede proprioepsiyonun stabilometre ile değerlendirilmesi, *Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 13;2-s:19-27
- 31- Dangelmaier, B. S., & Coward, S. M. (2001). Fatigue induced kinematic changes in a volleyball spike. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), Supplement abstract 1341.
- 32- Arnett, M. G., DeLuccia, D., & Gilmartin, K. (2000). Male and female differences and the specificity of fatigue on skill acquisition and transfer performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71, 201-205.
- 33- Barnett, M. L., Ross, D., Schmidt, A., & Todd, B. (1973). Motor skill learning and the specificity of training principle. *Research Quarterly*, 44, 440-447.
- 34- Hakkinen, K. (1992). Neuromuscular responses in male and female athletes to two successive strength training sessions in one day. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32, 234-242.
- 35- Febbraio, M. A., Parkin, J. M., Baldwin, J., Zhao, S., & Carey, M. F. (1996). Effect of ambient temperature on metabolic indices of fatigue during prolonged exercise. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 28(5), Supplement abstract 1071.
- 36- Smith, J. A., Yates, K., Lee, H., Thompson, M. W., Holcombe, B. V., & Martin, D. T. (1997). Pre-cooling improves cycling performance in hot/humid conditions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), Supplement abstract 1501.
- 37- Tikuisis, P., Keefe, A. A., & Inoue, A. (1999). The effect of exercise-induced fatigue on response to cold exposure: A case study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), Supplement abstract 891.
- 38- Astrand, I., Astrand, P.-O., Christensen, E. H., & Hedman, R. (1960). Intermittent muscular work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 48, 448-453.
- 39- Açıkkada C., Antrenman Bilgisi Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu, 1999

- 40- Hedelin, R., Kentta, G., Wiklund, U., Bjerle, P., & Henriksson-Larsen, K. (2000). Short-term overtraining: Effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1480-1484.
- 41- Hooper, S. L., MacKinnon, L. T., Gordon, R. D., & Bachman, A. W. (1993). Hormonal response of elite swimmers to overtraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 741-747.
- 42- Hooper, S. L., MacKinnon, L. T., Howard, A., Gordon, R. D., & Bachmann, A. W. (1995). Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 1637-1654.
- 43- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine*, 20, 251-276.
- 44- Mackinnon, L. T., Hooper, S. L., Jones, S., Gordon, R. D., & Bachmann, A. W. (1997). Hormonal, immunological, and hematological responses to intensified training in elite swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1637-1654.
- 45- Flynn, M. G., Pizza, F. X., Boone, J. B. Jr., Andres, F. F., Michaud, T. A., & Rodriguez-Zayas, J. R. (1994). Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 21-26.
- 46- Rushall, B. S. (1988). *Daily analyses of life demands for athletes*. Sport Science Associates, 4225 Orchard Drive, Spring Valley, CA 91977.
- 47- Berglund, B., & Safstrom, H. (1994). Psychological monitoring and modulation of training load of world-class canoeists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(8), 1036-1040.
- 48- Strussi, C., Freitag, K., Hauenstein, B., Wydler, K., Eigenmann, P., & Boutellier, U. (1998). Effect of non-exhaustive vs. exhaustive strength training on maximum strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), Supplement abstract 1219.
- 49- Rooney, K. J., Herbert, R. D., & Balnave, R. J. (1994). Fatigue contributes to the strength of training stimulus. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1160-1164.
- 50- Nicol, C., Avela, J., & Komi, P. V. (1997) Effects of repeated exhaustive stretch-shortening cycle exercise (SSC) on short latency reflex responses. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), Supplement abstract, 1125.
- 51- Fulco, C. S., Rock, P. B., Muza, S. R., Lammi, E., Moore, L. G., Beidleman, B. A., Lewis, S. G., & Cymerman, A. (1997). Adductor pollicis muscle fatigue in women during acute altitude exposure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), Supplement abstract 776.
- 52- Kent-Braun, J. A., Ng, A. V., Doyle, J., Beaudoin, F., & Bartholomew, D. (2001). Gender, but not age, affects relative fatigue during sustained maximal voluntary isometric contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), Supplement abstract 1478.
- 53- Hubal, M. J., & Clarkson, P. M. (2001). Gender differences in response to eccentric training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), Supplement abstract 688.
- 54- Thomas, D. Q., Granat, H., & Fernhall, B. (1997). Factors related to changes in running economy during a 5 km run differ among men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5),

Supplement abstract 1154.

55- Snook, E. M., Jerome, G. J., & Petruzzello, S. J. (2002). Mood changes over a training season in age group swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(5), Supplement abstract 1114.

56- LeMura, L. M., von Duvillard, S. P., & Stanek, F. (1997). Ratings of central vs peripheral exertion in highly trained children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), Supplement abstract 1216.

57- Ergen E. Yorgunluk ve başa çıkma yolları, Nobel Yayınevi, 2002, Ankara

58- Ergen E. Yorgunluk, Dost mu, düşman mı? Sistem Yayınları, 2003, İstanbul

59- Ergen E. (1990) Kassal egzersizde yorgunluk. Spor Bilimleri Ulusal Sempozyumu, 1990, Ankara

60- Aune, T. K., Ettema, G., Ingvaldsen, R. P., & Whiting, H. T. (2001). The effect of physical fatigue on motor control and coordination in a multi-joint timing task. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), Supplement abstract 1221.

61- Thomas R, Stephane P. Prefrontal cortex oxygenation and neuromuscular responses to exhaustive exercise. Eur J Appl Physiol. 2007 Sep 20

62- Oliver J, Armstrong N, Williams C. Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. J Sports Sci. 2007 Aug 13;:1-8

63- Jubeau M, Zory R, Gondin J, Martin A, Maffiuletti NA. Effect of electrostimulation training-detraining on neuromuscular fatigue mechanisms. Neurosci Lett. 2007 Aug 31;424(1):41-6.

64- Givoni NJ, Pham T, Allen TJ, Proske U. The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee. J Physiol. 2007 Oct 1;584(Pt 1):111-9.

65- Nybo L. Exercise and heat stress: cerebral challenges and consequences. Prog Brain Res. 2007;162:29-43.

66- Girard O, Lattier G, Maffiuletti NA, Micallef JP, Millet GP. Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: Application to tennis. J Electromyogr Kinesiol. 2007

67- Maquirriain J, Merello M. The athlete with muscular cramps: clinical approach. J Am Acad Orthop Surg. 2007 Jul;15(7):425-31.

EDWARD'A GÖRE YORGUNLUĞUN ORTAYA ÇIKIŞINDA ROL OYNAYAN MEKANİZMALARIN VE FAKTÖRLERİN ETKİ YERLERİ (1983)

