



TFF

Türkiye Futbol Federasyonu

Turkish Football Federation



TFF

SAĞLIK EĞİTİM PROGRAMI

TAKIM FİZYOTERAPİSTLERİ

DERS NOTLARI



Sevgili Sağlık Ekibi Çalışanları,

Bildiğiniz gibi Haziran 2009’da kabul edilen yeni “Sağlık Ekiplerinin Yapılanmaları ve İşleyişleri Talimatı” çerçevesinde Sağlık Ekipleri Eğitimi Programı da yeniden düzenlendi. Bu çerçevede ilki 27-28 Temmuz 2009 ve 3-4 Ağustos 2009 tarihlerinde TFF Sağlık Eğitim Programı 1. Basamak Kursu adı altında yapılan kursların ikincisinin Aralık 2009 tarihinde, üçüncü ve sonuncusunun ise 2010 futbol sezonu bitiminde yapılması planlanmaktadır.

Yine yeni talimat çerçevesinde eğitim programına katılan kişilerin, program sonunda kendi branş programları çerçevesinde sınava tabi tutulmaları öngörülmektedir. Sınavdaki başarı oranını arttırmak ve başarıyı kolaylaştırmak amacıyla, her bir TFF Sağlık Eğitim Kursu sırasında yapılacak olan sınavın bir önceki kursta anlatılanlarla sınırlı olması kararlaştırılmıştır. Elinizdeki bu “TFF Sağlık Eğitim Programı 1. Basamak Kursu Ders Notları” bu amaçla hazırlandı. Bu şekilde kurs sırasında anlatılan güncel bilgilere toplu halde ulaşma imkanı yanında, her an ve her yerde bu bilgileri tekrar tekrar okuma ve gözden geçirme kolaylığı sağlanmış olmaktadır.

Eğitim faaliyetlerinin sporcu sağlığı ve yüksek sportif performans açısından önemi açıktır. Amacımız sağlık ekibi çalışanları olarak hem bireysel gelişimimizi daha ileriye taşımak, hem de Türk futbolunu sağlık alanında bugün olduğu gibi hep en önlere tutmaktır.

Dr. Ömer Taşer
TFF Sağlık Kurulu Başkanı

İÇİNDEKİLER

1.	Fizyolojiye Giriş, Temel Fizyoloji <i>Dr. Lütfi Çakar</i>	1
2.	Egzersiz Fizyolojisine Giriş (Bilim Dalı Olarak Egzersiz Fizyolojisi, Temel Konuları, Antrenman Bilgisi ve Bilimi ile İlişkisi) <i>Dr. Sanlı Sadi Kurdak</i>	13
3.	Sinir Sistemi (MSS-PSS-OSS) <i>Dr. Ümmühan Işoğlu Alkaç</i>	25
4.	Sinir Sistemi (Motor Kontrol, Hareket, Derin Duyu, Kemik-Veter Refleksi) <i>Dr. Ümmühan Işoğlu Alkaç</i>	37
5.	Kan ve İmmün Sistem <i>Dr. Safinaz Yıldız</i>	47
6.	Kalp-Dolaşım ve Solunum Sistemi <i>Dr. Fadıl Özyener</i>	53
7.	Kas (Kas Yapısı, Kas Lifi Tipleri, Kasılma, Kasılma Tipleri, Antrenmana Yanıt) <i>Dr. Hakan Gür</i>	63
8.	Kemik Metabolizması <i>Dr. Gökhan Metin</i>	69
9.	Enerji Metabolizması (Giriş, Aerobik Sistem) <i>Dr. Cem Şeref Bediz</i>	73
10.	Enerji Metabolizması (Anaerobik Sistemler) <i>Dr. İlker Yücesir</i>	87
11.	Enerji Metabolizması (Laktat Eşiği, Obla, Maks. VO ₂ , Oksijen Borçlanması, Toparlanma) <i>Dr. Hızır Kurtel</i>	95
12.	Aerobik Güç, Anaerobik Güç Ölçme Değerlendirme Yöntemleri (Testler) <i>Dr. Özgür Kasımay Çakır</i>	99

13.	Aerobik, Anaerobik Dayanıklılık. Aerobik Antrenman Prensipleri, Eşik Altı ve Üzeri Çalışmalar <i>Fatih Yıldız</i>	105
14.	Kuvvet (Halter) Çalışmaları Temel Prensipler <i>Fatih Yıldız</i>	109
15.	Çabukluk, Çeviklik <i>Adnan Kamar</i>	119
16.	Denge, Koordinasyon, Beceri <i>İlhan Er, Mustafa Korkmaz</i>	125
18.	Pliometrik Çalışmalar <i>Cevat Güler</i>	137
19.	Spora Dönüş Çalışmaları <i>Cevat Güler</i>	141

Fizyolojiye Giriş, Temel Fizyoloji

Dr. Lütfi Çakar

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Fizyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Fizyolojinin Tanımı ve Dalları

Fizyoloji, iki latince sözcükten; **physus** ve **logostan** kaynağını alır. Physus yaşam; logos ise bilim anlamına gelir. Fizyoloji sözcüğü, geniş anlamda canlı organizmalardaki tüm yaşamsal işlevleri inceleyen bir bilim dalını tanımlamaktadır. Organizma tarafından dış uyaranların nasıl algılandığı, nasıl işlenip cevaplandırıldığı, solunum, dolaşım, sindirim, boşaltım, üreme fonksiyonlarının nasıl gerçekleştiği, vücudumuzdaki kasların nasıl kasıldığı, ışık enerjisinin sinir sisteminde nasıl görüntüye dönüştüğü ve bilincin nasıl oluştuğu, sistemler arasındaki koordinasyonun nasıl sağlandığı gibi tüm fonksiyonel işlevler fizyolojinin inceleme kapsamındadır.

Adından da anlaşılacağı gibi, fizyolojinin kapsamı gerçekten çok geniştir ve birçok dalları vardır. Fizyoloji, ilk başta incelenen organizmanın cinsine göre; **Bitki Fizyolojisi**, **Hayvan Fizyolojisi** ve **İnsan Fizyolojisi** olarak farklı dallara ayrılır. Sağlık bilimlerinde insan fizyolojisi ön plandadır. Bu derslerde, insan organizmasını oluşturan sistem ve organların, bunları oluşturan çeşitli dokuların ve hücrelerin nasıl çalıştıkları, başka bir deyimle, nasıl fonksiyon gördükleri anlatılır. Bu konuda çalışanlar, vücudun yaşamasını ve çalışmasını sağlayan kontrol sistemleri ve düzenleme mekanizmalarını deneysel yöntemlerle açıklamaya ve keşfetmeye çalışırlar. Bulguların çoğu, hayvanlar üzerinde yapılan deneylere dayandığından, sağlık bilimlerinde hayvan fizyolojisi ve **Karşılaştırmalı (Komparatif) Fizyolojiden** de oldukça yararlanılmaktadır.

İncelenen özel veya sistemik fonksiyonlara veya organizasyon düzeylerine göre de fizyoloji; **Sistem Fizyolojisi** (Solunum Fizyolojisi, Nörofizyoloji, Kardiyovasküler Fizyoloji gibi) ve **Hücre Fizyolojisi** veya **Moleküler Fizyoloji** alt dallarına ayrılır. Gerçekten, bugün bilim ve teknik alanındaki baş döndürücü ilerlemeler sayesinde, fizyoloji alanındaki araştırma ve açıklamalar tamamen moleküler düzeyde yoğunlaşmış bulunmaktadır.

Çeşitli çevre faktörleri de organ veya dokuların normal fonksiyonlarını önemli derecede etkiler. Atmosfer basıncı ve ısı değişiklikleri, iklim koşulları, hava kirliliği gibi çevresel faktörlerin insan organizması üzerindeki etkilerini inceleyen bilim dalına **Çevre Fizyolojisi** adı verilmektedir. Çevre fizyolojisi içinde, yüksek yerlerde yaşayanlarda meydana gelen adaptasyon mekanizmalarını inceleyen bölümü **Yükseklik Fizyolojisi** veya **Havacılık Fizyolojisi**; insan organizmasının uzay koşullarına adaptasyonunu inceleyen bölümü de **Uzay Fizyolojisi** veya **Tıbbi** olarak adlandırılır. Gerçekte uzay fizyolojisi, yükseklik veya havacılık fizyolojisi ile bazı ortak sorunları kapsadığından **Hava-Uzay Fizyolojisi** veya **Tıbbi** diye de anılır. Zira, her ikisinde de atmosfer basıncı azalmasının, hiperbarik oksijen solunumunun, ultraviyole ışınlarının ve radyasyonun organizma üzerindeki etkileri incelenmektedir.

Çevre fizyolojisi kapsamına giren diğer bir bilim dalı **Sualtı Fizyolojisi** veya **Hiperbarik Tıptır**. Bu bilim dalında; yüksek basınç altında, köprü ve tünel inşaatları, maden ve petrol arama gibi işlerde çalışan işçilerin, balıkadamların ve dalgıçların, denizaltılardaki görevlilerin, içinde bulundukları yüksek basınç, soludukları yüksek gaz basınçları ve düşük çevre sıcaklığı nedeniyle, çeşitli vücut fonksiyonlarında meydana gelen değişiklikler ve bunlara karşı oluşan uyum mekanizmaları incelenir. Özellikle, bu basınçlarda daha uzun süre kalabilme ve yüksek basınçtan deniz düzeyine dönüşlerde karşılaşılan tehlikeli bir takım aksaklıkların ne gibi önlemlerle giderilebileceği araştırılır.

Amatörce veya profesyonel olarak spor yapan deneklerde yeni bir takım adaptasyon mekanizmaları gelişir. Bunları inceleyen bilim dalına **Spor Fizyolojisi** adı verilmektedir. Her çeşit spor dalı ve sağlıklı yaşam için, her yaş ve cinsiyete uygun sportif aktivitelerin düzenlenmesi de spor fizyolojisinin araştırma kapsamındadır.

İleride görüleceği gibi, tam sağlıklı organizmalarda bile fonksiyonlar her zaman sabit değildir ve belirli sınırlar arasında dengede tutulmaya çalışılmaktadır. Herhangi bir fonksiyon veya parametrede meydana gelen değişikliklerin normal sınırların dışına taşması durumunda, patolojik durumlar ve hastalıklar ortaya çıkar. Bu çeşit durumların incelenmesi, **Fizyopatoloji** veya **Patolojik Fizyoloji** veyahut da modern deyişim ile **Klinik Fizyoloji** denilen bir bilim dalının konusunu oluşturur. Fizyolojide herhangi bir sistemin normal fonksiyonu incelenirken, bazen patolojik koşullarda oluşan değişikliklere de değinilir ve böylece, incelenen sistem veya organların normal fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması sağlanır.

Canlı Yapının Özellikleri

Fizyoloji, canlı organizmada meydana gelen fonksiyonel olayları incelediğine göre, ilk önce yaşam belirtilerinin, bir başka deyişimle, canlıyı cansız varlıklardan ayıran belirgin özelliklerin tanımlanması gerekmektedir. Canlı yapıyı cansız varlıklardan ayıran ve yaşamı tek bir özellik ile açıklayabilen kısa ve net bir tanım yoktur. Bu nedenle, bilim adamları yaşamı, **canlı yapının özellikleri** olarak adlandırılan bir dizi kavramla tanımlamaktadırlar. İnsan organizması söz konusu olduğunda, bu özellikler; **organizasyon, uyarılabilirlik ve iletebilirlik, hareket, metabolizma, büyüme ve farklılaşma, üreme** başlıklarıyla özetlenmektedir. Aşağıda, yaşamı tanımlayan bu kavramların içeriklerine ana hatlarıyla değinilecektir.

Organizasyon: Canlı yapının temeli, atomların, moleküllerin ve makromoleküllerin yapısal ve fonksiyonel olarak hiyerarşik bir düzen içindeki organizasyonu ile başlar. Her yeni organizasyonda, bir önceki yapının işlevleri tamamıyla farklı bir özellik kazanmaktadır. Böylece, daha ileri bir organizasyonla **organeller** meydana gelir. Organellerin ve kimyasal olayların fonksiyonel organizasyonu ile **hücre** düzeyine erişilir. Hücreler, canlılığın temel niteliklerini içeren ve birçok yapısal özellikleri bulunan en küçük birimdir. Hücrelerin daha ileri düzeydeki organizasyonu **dokuları** oluşturur. Doku; çok sayıda benzer hücrenin, belirli bir fonksiyonu yerine getirmek üzere yaptıkları bir gruplaşmadır. Doku hücreleri, çeşitli oran ve tipte, cansız, hücrelerarası maddelerle (matriks) çevrelenmiştir. İnsan

vücudunda dört esas doku tipi bulunmaktadır. Bunlar; sinir, kas, bağ ve epitel dokulardır. Belirli bir fonksiyonu yerine getirmek üzere, birçok farklı tipte dokunun birlikte oluşturduğu çok daha karmaşık yeni yapıya **organ** adı verilir. Dokuların, farklı organlardaki miktar, oran ve dağılımı büyük değişiklikler göstermektedir. Bu değişiklikler, sadece organın anatomik yapı özelliğini belirlemekle kalmaz; aynı zamanda fonksiyonlarını da önemli derecede etkiler. Kas ve özel bağ dokusunun şeklini; özelleşmiş epitel dokusunun boşluklarını çevrelediği ve çalışmasını sinir dokusunun düzenlediği kalp, organ düzeyindeki organizasyona güzel bir örnektir. Karmaşık, çok özel fonksiyonları yerine getirmek üzere, değişik sayı ve çeşitte organın birlikte oluşturduğu daha ileri bir organizasyona **sistem** adı verilir: solunum sistemi, dolaşım sistemi, sindirim sistemi, boşaltım sistemi, üreme sistemi gibi. Sistemler birbirlerinin görevlerini tamamlayacak biçimde bir bütünü; bir **organizmayı** meydana getirirler.

Uyarılabilme ve iletebilme: Organizmanın zararlı uyaranlardan kaçmak, yararlı olanlara doğru yönelmek üzere iç veya dış ortamındaki değişkenleri algılaması ve uyarıları vücut içinde bir bölgeden diğer bir bölgeye iletebilme yeteneğidir. Uyarılabilme ve iletebilme, özellikle kas ve sinir hücrelerinde oldukça iyi gelişmiş bir yetenektir.

Hareket: Canlı organizma, vücut içinde besinlerin, kanın veya diğer maddelerin dengeli bir dağılımını sağlamak, gerekli olanlarını ilgili bölgelere yönlendirmek üzere iç ortamında veya zararlı uyaranlardan kaçmak ve yararlı uyaranlara doğru yönelmek üzere dış ortamda hareket meydana getirme yeteneğine sahiptir.

Metabolizma: Canlı özelliklerinin devam edebilmesi için organizmanın gereksinim duyduğu enerji ve çeşitli sentezler, çok karmaşık biyokimyasal reaksiyonlar sonucu meydana gelmektedir. Organizmada, bu amaçla oluşan tüm biyokimyasal işlemler, **metabolizma** olarak adlandırılır. Metabolizma için dışarıdan alınan karmaşık besin maddelerinin, sindirim kanalında mekanik ve kimyasal olaylarla yapı taşlarına ayrılması (anabolik reaksiyon) ve daha sonra çeşitli sentezlerde kullanılmak üzere (katabolik reaksiyon) kanal çevresindeki vücut sıvıları içine alınması işlemi **sindirim ve emilim** fonksiyonu olarak tanımlanır. Metabolik olaylar için, sindirim enzimleri ve hormon gibi özel maddelerin **sekresyonla** ilgili bölgelere ulaştırılması gerekmektedir. Biyokimyasal reaksiyonlarda gerekli oksijenin alınması, taşınması ve kullanımı ise **solunum** ile sağlanır. Gaz değişimi, akciğerlerde alveolar hava ve kapiller kan arasında (dış solunum) ve dokular düzeyinde kapiller kan ve hücreler arasında (iç solunum) olmak üzere iki farklı düzeyde meydana gelmektedir.

Özel kimyasal reaksiyonlar vücutta farklı bölgelerde meydana geldiğinden, besin maddeleri, oksijen, hormon, mineral, vitamin ve atık ürün gibi birçok madde ve sıvıların vücuttaki hareketi, vücut ısısının dengelenmesi **dolaşım sistemi**yle sağlanmaktadır. **Boşaltım** ise metabolizma sırasında açığa çıkan zararlı atıkların vücuttan uzaklaştırılması işlemidir. Tüm bu işlevler metabolizma adı altında genelleştirilerek, değerlendirilmektedir.

Büyüme ve farklılaşma: Organizmanın şeklinde büyük bir değişiklik olmaksızın, hücrelerin sayı ve boyutunda meydana gelen artmaya büyüme; bazı hücrelerin özel bir görevi yerine getirmek üzere uzmanlaşmasına da farklılaşma adı verilir. Büyüme ve farklılaşma sonucu organizmanın şekil ve fonksiyonlarında büyük değişiklikler meydana gelmektedir.

Üreme-Yeni bir canlının oluşumu ve aynı zamanda büyüme, tamir, yaşlı ve ölü hücrelerin yerine yenilerinin konması amacıyla hücre bölünmesi olaylarını kapsamaktadır.

Bütün bu yaşam belirtileri, bunların vücuttaki fonksiyonel özellikleri, diğer sistem fonksiyonları ile integrasyonu ve kontrol mekanizmaları, fizyolojinin inceleme ve araştırma konularını oluşturmaktadır.

Yaşamın Süregelmesi İçin Uygun Ortam Koşulları

İnsan, dünyadaki çevre koşullarına uyum göstermiş bir canlıdır. Canlılık özelliklerinin devam edebilmesi, organizma çevresinde ancak belirli ortam koşullarının bulunması halinde mümkündür. İnsanın yaşamı için uyum sağladığı ve sıkı sıkıya bağlı olduğu bu çevre koşulları nelerdir? Aşağıda kısaca bunlardan bahsedilecektir.

1-Su. İnsan vücudunun % 60'ını oluşturan su yaşam için esastır. İyonik bileşikler için mükemmel bir çözünme ortamı oluşturduğundan, kimyasal olayların çoğu sulu ortamlarda gerçekleşir. Su, elektrostatik güçleri de 80 kat azaltır. Vücut sıcaklığının dengeli dağılımı ve düzenlenmesi, yaşam için gerekli maddelerin emilimi, hareketi ve fazlasının vücuttan atılımı mutlaka suya gereksinim gösterir. Bu işlevler gerçekleştirilirken, vücut ile dış ortam arasında, günde 2,5 litre kadar su değişimi zorunludur.

2-Besin. Vücut yapısının oluşturulması ve yaşamsal işlevlerin sürdürülebilmesi için gerekli maddelerin dışarıdan besin olarak alınması zorunludur. İnsan, yaşam enerjisini bitkilerden veya bunları daha önce besin olarak kullanmış hayvansal gıdalardan sağlar. Aldığımız besinler, sindirim sisteminde her hücrenin ihtiyacını karşılayacak şekilde önce kimyasal yapı taşlarına kadar parçalanır; daha sonra kana emilerek ya vücut yapısının oluşturulmasında veya kimyasal enerji elde edilmesinde kullanılırlar.

3-Oksijen. Atmosferin % 21'ini oluşturan bir gazdır. Çoğu canlı hücrelerde olduğu gibi, insan vücudu da, enerji elde etmek üzere dışarıdan besin olarak aldığı enerji maddelerini oksidize eder. Bunun için devamlı oksijene gereksinim vardır. Erişkin bir insan 1 dakikada istirahat durumunda 250-300 ml; egzersizde ise 3.000 ml kadar oksijen tüketir. Bu önemli gazın yokluğunda, hücreler yaşam enerjilerini üretemez ve birkaç dakika içinde ölürlər.

4-Uygun çevre sıcaklığı. İnsan bedeni, 37°C civarında bir iç sıcaklıkta yaşam sürdürmek üzere programlanmıştır. Üzerinde yaşadığımız dünyada, kutuplardan ekvatora, deniz düzeyinden yüksek dağlara kadar 120°C'lik bir sıcaklık değişikliğine karşın, uygun düzenleme mekanizmaları ile vücut sıcaklığı 1°C sınır içinde sabit tutulmaya çalışılmaktadır. Yükseklerle çıktıkça, atmosferin üst tabakalarında daha az

ultraviyole Emilimi nedeniyle ısı düşer. Bundan dolayı, deniz düzeyinde sıcaklık 20°C iken, 3 km'lik bir dağda veya yükseklikte 0°C; 6 km'de -22°C; 9 km'de -44°C; 12 km'de -55°C'dir. Su ortamında da, suyun ısı iletimi havaya göre 30 kat yüksek olduğundan, hızlı ısı kaybı veya kazanılması nedenleriyle organizma vücut ısısının korunması açısından çok daha fazla çaba harcamak durumundadır.

İnsanın, yeryüzündeki dar sınırlarda bile zorlandığı koşullarda, karanlık ve buzla kaplı, ortalama -184°C ısıya sahip plüton gezegeni veya ortalama 427°C de yanan venüs gezegeni gibi yabancı ortam sıcaklıklarında devamlı yaşaması mümkün değildir.

5- Uygun çevre basıncı. İnsan yeryüzünde hava okyanusunun oluşturduğu 760 mm Hg'lık bir basınç altında bulunur. Bu atmosfer basıncı, normal solunum hareketleri için önemli ve akciğerlerde gaz değişimi için esastır. Atmosfer basıncının azalması veya artması yaşamı önemli derecede etkiler.

Denizlerde, derinlere doğru yaklaşık her 10 metrede 1 atmosfer artan basınç, organizma üzerinde **yüksek hidrostatik basınç** ve **yüksek gaz basınçları** olarak farklı iki yönde etkili olur. İnsanın vücut yapısı suya dalmada diğer canlılara göre daha dezavantajlı durumdadır. Yüksek basıncın tamamen moleküler düzeyde, özellikle nörotransmitterlerin depolanması, salgılanması ve geri dönüşümü, membranlarda iyon hareketleri, enzim aktiviteleri, genel protein ve yağ metabolizması üzerine etkisiyle oluşan aksaklıklara **nörolojik sendrom** adı verilir. Nörolojik sendrom; titreme, EKG anomalileri, solunum bozuklukları ve en sonunda hareketsizlik ve ölüme sonuçlanabilir. Yüksek gaz basınçlarının zararları ise yüksek basıncın etkisiyle kan ve dokularda artan eriyik haldeki solunum gazlarından kaynaklanmaktadır. Otuz metreden başlayarak, vücut sıvılarında artan azotun etkisiyle **azot** veya **derinlik sarhoşluğu** dediğimiz alkol zehirlenmesine benzer bir durum ortaya çıkar. Oksijen miktarının artması da son derece zararlıdır. İki atmosferden daha yüksek basınçta saf oksijen solunması, sinir sistemini etkileyerek **oksijen zehirlenmesine** yol açar. Ayrıca, yüksek basınçta kanda absorbe edilen oksijen, metabolizma için yeterli olduğundan, hemoglobine bağlanan kısmı ayrılmaz ve sonuçta bağlanacak hemoglobin bulamayan karbondioksitin taşınması bozulur. Zaten yüksek basınçla artan karbondioksit basıncının dokularda 70 mm Hg'yı aşması durumunda, belirtilen aksaklıklara bir de **karbondioksit zehirlenmesi** eklenir. Bu nedenle, bazı durumlarda verilmesi zorunlu olan saf oksijenin, üç atmosferden daha düşük basınçta ve beş saatten daha kısa bir süre için verilmesi uygundur. Uzun süre soluma için, yüksek basınç kamaralarında ise oksijen 160 mm Hg basınçta sabit tutulmalıdır. Dalgıç veya pilotun yüksek basınçtan düşük basınca hızla çıkması sırasında, dokularda eriyen gazın, adeta kaynayan sudan çıkan hava baloncukları gibi baloncuk oluşturarak damarları tıkanması, sinirlere basınç yapması ve zarları yırtması, **vurgun** dediğimiz son derece tehlikeli bir olaya yol açmaktadır.

Deniz düzeyinden yükseklere ve uzaya doğru çıkılmasında ise atmosfer basıncının azalması da yaşamı sınırlar ve bazı ilave önlemlerin alınmasını gerektirir. 3.000 metreye kadar olan yüksekliklerde, düşen atmosfer basıncı ile orantılı olarak gelişen hipoksi fazla etkili olmaz iken, birdenbire 3.000

metrenin üzerine çıkılması; baş dönmesi, bulantı, kusma, görme ve işitme bozuklukları, huysuzluk, uykusuzluk ve halsizlik ile belirgin **dağ hastalığına** neden olur. Yaşamın bu yükseklikte sürdürülmesi durumunda, 2-3 hafta içinde gelişen uyum mekanizmaları ile, vücut gereksinimleri kısmen karşılanır ve halsizlik dışında semptomlar kaybolur. Ancak, daha ileri bir uyum mekanizması gelişemediğinden, insan 7.000 metre yükseklikte ilave oksijen solumak; 14.000 metreden itibaren de basınçlı oksijen solumak ve basınç ayarlı özel elbise giymek zorundadır. Aksi halde, başta oksijen yetersizliğinden ve ayrıca, 19 km'deki basıncın 47 mm Hg'lık su buharı basıncına eşit olmasından, bu yükseklikte vücuttaki tüm sıvıların buhar haline geçmesiyle, bir kaç saniye içinde yaşam sona erer.

Hızları ve çağdaşlıkları ile vazgeçemediğimiz uçaklar, önlem alınmadan kısa bir süre bile yaşamın imkânsız olduğu yüksekliklerde; jet yolcu uçakları 6-14 km; süpersonik uçaklar ise 18-21 km'ler arasında uçmaktadırlar. Yukarıda açıkladığımız nedenlerle, genel yolcu taşımacılığında kullanılan uçakların kabin içi basıncı, hipoksinin etkisiz olduğu 1,5-2,5 km yüksekliklerdeki basınçta sabit tutulmalıdır. Bir aksaklık sonucu kabin basıncının yüksekteki ortam basıncına dengelenmesi durumunda, otomatik olarak basınçlı oksijen verilmesi zorunludur.

6- Zararlı radyasyondan korunma. Güneş ışınları yeryüzüne ulaşmaya kadar, atmosfer tabakası, özellikle atmosferin üst tabakasında bulunan ince ozon tabakası tarafından süzülür. Böylece, ultraviyole radyasyonun çoğu filtre edilerek vücudumuz zararlı radyasyondan korunmaktadır. Endüstriyel atıklarla atmosfere kloroflorokarbon türü soğutucular, sprey püskürtücüler ve azot oksidin salınması ve yüksek irtifada seyreden uzay araçları, zararlı radyasyonu absorplayan son derece yararlı ozon tabakasının parçalanmasına neden olur. Böyle bir durumda, yeryüzüne ulaşan zararlı radyasyon artacağından, dünyanın tüm florasını etkileyecek iklim değişiklikleri, deri kanserleri ve genetik yapımızda mutasyonlar ortaya çıkacaktır.

İç Ortam ve Homeostazis

Hücrelerin, daha önce belirtilen yaşamsal yeteneklerini sürdürebilmesi, uygun ortam koşullarında devamlı enerji üretimine bağlıdır. Enerji, bazı organik maddelerin oksijen ile yakılmasından elde edilir. Tek hücreli canlılarda, metabolizma için tüm gereksinimler doğrudan doğruya hücre ve içinde bulunduğu ortam arasında sağlanmaktadır.

İnsan vücudunda 75 trilyonluk bir hücreler topluluğu içinde, dış ortamdan çok uzaklarda bulunan hücrelere, besin maddelerinin alınması, sindirim sisteminde parçalanması, emilmesi ve kan ile ilgili yerlere taşınması gerekmektedir. Aynı zamanda oksijen ortamından uzaktaki bu hücrelere akciğerlerle oksijenin alınması, kanda tutulması ve yine dolaşım ile ilgili yerlere taşınması zorunludur. Metabolizma sonucu oluşan enerji, çeşitli hücre aktivitelerinde kullanılacaktır. Ancak, devamlı madde kullanımı ve bu arada açığa çıkan yüksek ısı, ara metabolizma ürünleri, karbondioksit ve su gibi maddeler ortamın pH, ısı, gaz basınçları, iyon denilen elektrik yüklü partiküller ve diğer birçok kimyasal madde dengesinin bozulmasına neden olacaktır.

Meşhur Fransız Fizyoloğu **Claude Bernard**, vücuttaki hücrelerin sağlıklı biçimde yaşamlarını sürdürebilmeleri için, içinde bulundukları sıvı ortamın ısı, basınç ve kimyasal yapısının kısmen sabit kalması durumunda mümkün olduğunu gözlemiş ve çok hücreli canlılarda hücrelerin tüm gereksinimlerinin karşılandığı bu ortama **İç Ortam (milieu interieur)** adını vermiştir. İç ortam; hücrelerin dışında, onları çevreleyen ve hücrelerarası boşluğu dolduran sıvı bir ortamdır. Sistemler arasında çok düzenli işbirliğinin bozulmadan devam edebilmesi, içinde bulundukları ortam (iç ortam) koşullarının devamlı belirli sınırlar arasında dengede tutulmasını gerektirir. Canlının normal fonksiyonlarının devam edebilmesi, daha doğrusu sağlıklı yaşam için gerekli olan bu denge durumuna Amerikalı Fizyolog **Cannon, Homeostasis** adını vermiştir. Homeostazis, Latince **homiois** (aynı) ve **stasis** (duran) sözcüklerinden oluşan bir terimdir. Homeostazis, bir etkenin her zaman belirli bir çizgide tamamen sabit durması anlamına gelmez. Organizmada, ayar noktasına göre değişkenlerdeki azalma veya çoğalmaların, fizyolojik sınır içinde dengede tutulmasıdır. Yani, dinamik bir denge durumudur. Örnek olarak; sağlıklı kişilerde kan şekeri 80 – 120 mg/100 ml kan arasında ortalama 100 mg düzeyinde dengede tutulmaktadır. **Homeostazis vücudumuzdaki fonksiyonel mekanizmaların temel kavramıdır.**

Normal vücut fonksiyonları için, iç ortamda dengede tutulması gereken başlıca etkenler; besin moleküllerinin konsantrasyonu, su-tuz ve diğer elektrolit konsantrasyonları, oksijen ve karbondioksit gaz konsantrasyonları, atık (boşaltım) ürünlerin konsantrasyonları, pH, sıcaklık, vücut sıvılarının hacim ve basıncıdır. Homeostazise önemli katkıları bulunan vücut sistemleri ise sindirim sistemi, solunum sistemi, dolaşım sistemi, boşaltım sistemi, kas ve iskelet sistemi, bağışıklık ve savunma sistemi, sinir sistemi, endokrin sistem ve üreme sistemidir.

Homeostazisin korunması için gerekli düzeneklere **homeostatik kontrol (düzenleme) mekanizmaları** adı verilir. Homeostatik regülasyonda organizasyon düzeylerine göre genel olarak üç farklı mekanizma etkin rol oynamaktadır. Bunlar; **İntrasellüler (hücreiçi) düzenleme mekanizmaları, intrinsik düzenleme veya otoregülasyon ve ekstrinsik veya refleks düzenleme mekanizmalarıdır.**

İntrasellüler veya hücreiçi düzenleme mekanizmaları hücre düzeyinde kontrolü sağlar. Bu mekanizma, hücreiçi fonksiyonları gen veya enzimler aracılığı ile düzenler. Otoregülasyon; lokal homeostatik bir düzenleme mekanizması olup, bazı çevresel değişikliklere cevap olarak fonksiyonların doku veya organ düzeyinde, bizzat kendisi veya yakın çevresince otomatik olarak düzenlenmesidir. Bu tip düzenleme mekanizmalarında, örneğin bir dokuda artan metabolizmaya bağlı olarak, oksijen miktarının azaldığı ve karbondioksit miktarının yükseldiği durumlarda hücreler, kan damarı düz kas hücrelerini gevşeten bir kimyasal madde salgılayarak vazodilatasyon oluşturur ve kendilerine gelen kan akımını hızlandırmak suretiyle gerekli oksijeni bölgeye yönlendirirler. Otoregülasyonda hücreler arasındaki haberleşme; hormon, transmitter ve parakrin ajanlarla sağlanmaktadır.

Daha yoğun olan ekstrinsik regülasyon, sistem ve organizma düzeyinde kontrolü sağlar. Bu çeşit düzenleme, aktivitesi düzenlenecek organın dışında, sinir sistemi içindeki bir merkezin kontrolünde refleks olarak gerçekleştirilir. Bu çeşit regülasyonda, birçok organın çalışması, birbiriyle ilişkili ve uyum içinde düzenlenmektedir. Bir uyarının, algılanmasından oluşturduğu cevabın uygulanmasına kadar vücutta katettiği yol bir refleks kavsi oluşturur. Refleks düzenleme devresi ilk başta değişkeni algılayan bir **reseptif yapı** enformasyonları irdeleyen, koordinasyon ve kontrolü sağlayan bir **merkez** ve merkezin emirlerini uygulayan bir **icra organından** oluşur. Reseptif yapı, vücudun iç veya dış ortamında meydana gelen değişkenleri algılamaya yarayan her çeşit duysal hücrelerdir. Topladıkları bilgileri, belirli bir görevle yükümlü kontrol merkezi olarak görev yapan merkez sinir sisteminin ilgili nöron topluluklarına, hipotalamusa ve beyin kabuğunun ilgili bölgelerine ulaştırırlar. Hipotalamus aynı zamanda ruhsal uyarılarla da uyarılabilmektedir. Uyarılan hipotalamus, hem bütün iç organların çalışmasını düzenleyen otonom sinir sistemini ve hem de endokrin sistemi kontrol eder. Bu nedenle, refleks veya ekstrinsik düzenleme, **sinirsel** ve **hormonal kontrol mekanizmaları** olmak üzere farklı iki yolla etkili olur. Konumu nedeniyle hipotalamus, sinirsel ve hormonal kontrol sistemlerinin kavşak noktasını da oluşturmaktadır. İcra organı ise çalışmasını kendisine ulaşan emirler doğrultusunda düzenleyen solunum, kalp ve dolaşım, sindirim, boşaltım, iskelet-kas sistemleri gibi vücut sistemleridir.

Koordinasyon merkezi olarak sinir sistemi; beyin ve omurilik ile, her iki vücut yarımındaki duyu hücrelerini arka köklerle bu merkezlere bağlayan duysal (afferent) ve merkezin enformasyonlarını ön köklerle icra organlarına götüren motor (efferent) sinir liflerinden meydana gelir. Her bir yarının ön(motor) ve arka(duysal) lifleri daha sonra periferde birleşerek her dermatomda, sağ ve sol bir çift spinal siniri oluştururlar. Bu karmaşık sistemin esas görevi; özelleşmiş sinir impulslarının oluşumu, yayılması, tanınması ve integrasyonu sonucu kominikasyon (iletişim), integrasyon ve sonuç-sebeep ilişkisi içinde kontrolü sağlamaktır. Tüm kontrol mekanizmalarının aynı duysal yolu kullanmalarına karşı, sinirsel mekanizmada motor emirler icra organlarına iki farklı sinir yolu ile ulaştırılır. Bunlardan birincisi; amaca uygun davranışlar, refleks aktiviteler ve düzenlemeler için icra organı olarak çizgili (iskelet) kasları kullanan **somatik sinir sistemi**; ikincisi de, bezleri, kalbi, kan damarları ve iç organları çevreleyen düz kasları kontrol eden **otonom sinir sistemidir**. Bu iki sistem arasında, fonksiyonlarını da belirleyen önemli bir ayrıcalık; beyin kabuğu tarafından da kontrol edilen somatik motor yolda, impulsların tek bir sinir lifi ile doğrudan icra organına ulaştırılmasına karşılık, otonom sistemde primer lifler önce periferdeki bir gangliyonda sonlanır; buradan başlayan ikincil sinir lifleri de icra organına ulaşır. Bir başka deyişle; merkez ile icra organı arasında somatik sistemde tek bir sinaptik (terminal plak) yapının varlığına karşılık, otonom sistemde iki sinaps bulunmaktadır.

Sinir sistemi ile kominikasyon, integrasyon ve kontrol olarak tanımlanan aynı genel fonksiyonları düzenleyen endokrin sistem, hormon olarak adlandırılan kimyasal maddeleri doğrudan kana sekrete eden özelleşmiş bezlerden oluşmaktadır. Beyinde, sinirsel ve endokrin sistemlerin kavşak

noktasını oluşturan hipotalamus, bir yandan otonom sinir sistemi üzerinden iç organları çevreleyen düz kasların aktivitesini kontrol ederken, diğer yandan sinir hücrelerinden salgıladığı serbestleştirici faktörlerle iç salgı bezlerinin şefi durumundaki hipofizin aktivitesini düzenler. Hipofizden salgılanan hormon veya uyarıcı hormonlar kan yoluyla vücudun çeşitli bölgelerinde bulunan iç salgı bezlerine (endokrin bez) ulaşarak onların kendi hormonlarını salgılamalarına yol açarlar. Böylece, salgılanan hormonlar, yine kan yoluyla ulaştığı hedef dokuda bulunan özel hormon reseptörlerine bağlanarak etkili olurlar. Hormonal mekanizmalar, büyüme, gelişme, üreme, sıvı ve elektrolit dengesi, asit-baz denge ve enerji metabolizması gibi birçok vücut aktivitesinin esas düzenleyicisidirler.

Sinir sistemi, hızla yayılan sinir impulsları yoluyla **hızlı, kısa ve lokal** kontrolü sağlarken; endokrin sistem, salgıladığı hormonlarla hedef organlar üzerinden daha **yavaş** fakat daha **uzun süreli** ve **yaygın** bir düzenlemeye neden olmaktadır. Organizma, meydana gelen değişikliğin önemine göre bu iki sistemden uygun olanını faaliyete geçirmek suretiyle denge durumunun korunmasını sağlar.

Homeostatik kontrol mekanizmalarında efektör aktivitenin duysal mekanizma üzerine tepkimesi negatif (zıt) veya pozitif (aynı yönde) nitelikte olabilir. Bu nedenle, homeostatik kontrol mekanizmaları **negatif** ve **pozitif feed-back** (geri tepkime) **sistemler** olarak sınıflandırılırlar.

Negatif feed-back mekanizmalarda, oluşan cevap, artma veya azalma şeklindeki uyumsuz değişikliği karşılar ve böylece belirli bir sınır içinde denge durumu yeniden kurulur. Meydana gelen cevap, uyarana zıt (negatif) yönde olduğundan, bu tip düzenleme mekanizmalarına negatif feed-back mekanizmalar adı verilmektedir. Negatif feed-back mekanizmalar inhibitördür ve denge durumunu korumaya yöneliktir. Vücudumuzda beden ısı, kan hacmi, kan şekeri, kan basıncı, kan gazları, hormon ve enzim düzeyleri gibi tüm düzenleme mekanizmaları bu şekilde çalışan sistemlerden oluşmaktadır.

Negatif feed-back sistemlere birçok mekanizma içinden vücut sıcaklığının dengede tutulması örnek verilebilir. Burada, çevre veya vücut sıcaklığının değişmesi, deride lokalize olan termoreseptörleri (sıcaklık veya soğukluk reseptörleri) uyarır. Oluşan reseptör potansiyelleri sinir impulsu halinde duysal sinirlerle omuriliğe, oradan da beyin sapı ve hipotalamusa ulaştırılarak, burada kurulu vücut sıcaklık ayar noktası ile karşılaştırılır. Eğer vücut sıcaklığı yüksek ise terleme, sık solunum gibi ısı kaybı ile ilgili mekanizmalar; aksine vücut sıcaklığı denge noktasından düşük ise metabolizmanın artması, kas kasılması, deri kalınlaşması gibi ısı korunması ve kazanılması ile ilgili mekanizmalar faaliyete geçirilerek vücut sıcaklığı denge durumuna getirilir.

Pozitif feed-back sistemde, sabit durumdan uzaklaşmalar, değişikliği şiddetlendiren bir dizi yeni gelişmelere yol açar. Böylece, sistemi gittikçe denge durumundan uzaklaştırır; hastalıklara ve hatta dolaşım şokunda olduğu gibi, ölüme kadar götürür. Vücudumuzda yararlı bir kaç pozitif feed-back mekanizma örneği bulunmaktadır. Bir bebeğin doğumu, böyle bir

sistem ile gerçekleşir. Bebeğin başının uterus ağzına (serviks) girmesi ve burayı girmesiyle uterus duvarında bulunan gerim reseptörleri uyarılır. Beyne ulaşan sinyaller nörohipofizden oksitosin hormon salgısını artırır. Kan dolaşımıyla uterusa ulaşan oksitosin uterus düz kaslarının daha da kasılmasına neden olur. Kasılan uterus bebeğin başını daha fazla sıkarak yeni bir kasılma refleksi oluşturur. Gittikçe artan gerim, bebeğin dışarı doğru itilmesine ve doğumun gerçekleşmesine kadar devam eder. Doğumla birlikte gerim normal düzeyine geri döner. Bir başka örnek ise kesilen bir yerde bir dizi mekanizmalar ile kanamanın durması ve pıhtı oluşmasıdır.

Konunun Özeti

FİZYOLOJİYE GİRİŞ

Fizyoloji, iki Latince sözcükten; *Physus* ve *Logos*'tan kaynağını alır. *Physus*: Yaşam; *Logos*: Bilim anlamına gelir.

Fizyolojinin Dalları

- Bitki Fizyolojisi
- Hayvan Fizyolojisi
- İnsan Fizyolojisi
- Komparatif: Karşılaştırmalı Fizyoloji
- Sistem Fizyolojisi(Solunum, Dolaşım, Boşaltım Fizyolojisi, Nörofizyoloji)
- Hücre Fizyolojisi
- Moleküler Fizyoloji
- Çevre Fizyolojisi
 - Yükseklik Fizyolojisi
 - Uzay Fizyolojisi
 - Sualtı Fizyolojisi (Hiperbarik Tıp)
- Spor Fizyolojisi
- Klinik Fizyoloji (Fizyopatoloji)

Canlı Yapının Özellikleri

- Organizasyon,
- Uyarılabilme ve İletibilme,
- Hareket,
- Metabolizma(Solunum, Sindirim-Emilim, Dolaşım, Boşaltım),
- Büyüme ve Farklılaşma,
- Üreme

Yaşam İçin Gerekli Ortam Koşulları

- Su
- Besin
- Oksijen
- Uygun Çevre Isısı
- Uygun Çevre Basıncı
- Zararlı Radyasyondan Korunma

Claude Bernard 1857)

İç Ortam: Milieu interieur

Walter B. Cannon (1932)

Homeostasis: Homoiios: Aynı; Stasis: Durum

Homeostatik Kontrol Mekanizmaları: Geri Tepkime Devresi

- Hücreiçi veya İntrasellüler Düzenleme Mekanizmaları

- *Otoregülasyon veya İntrinsik Düzenleme Mekanizmaları*
- *Refleks veya Ekstresek Düzenleme Mekanizmaları*

Refleks Devresi Elemanları

- *Reseptif (duysal) Mekanizma: Duyu organı, Duysal sinir*
- *İntegratif veya Kontrol Merkezi*
- *Effektör (icra organı) Mekanizma: Motor sinir, İcra organı*

Homeostatik Kontrolde Effektör Mekanizma

- **Sinirsel Mekanizma:** Hızlı, Lokal, Kısa Süreli Etki
Somatik Sinir Sistemi
Otonom Sinir Sistemi
- **Endokrin(Hormonal) Mekanizma:** Yavaş, Yaygın, Uzun Süreli Etki

Sinirsel ve Hormonal Mekanizmalarda Kavşak Noktası: Hipotalamus

Negatif Feedback Mekanizma: İnhibitör: Homeostatik Düzenleme

Pozitif Feedback Kontrol: Eksitator: Homeostasisten Kaçış

Yararlanılan Kaynaklar

- 1- Çakar, L.: Tasarımda İnsan Faktörü. İ.Ü. Fen Fak. Döner Sermaye İşletmesi. Prof.Dr. Nazım Terzioğlu Basım Atölyesi, İstanbul, 1993.
- 2- Ganong, W.W.: Review of Medical Physiology. 21th ed. Prentice - Hall International Inc. (2003).
- 3- Solomon, E.P., Schmidt, R.R., Adragna, P.J.: Human mAnatomy and Physiology. Second ed. Saunders College Publishing (1990).
- 4- Terzioğlu, M., Çakar, L.: Fizyoloji Ders Kitabı, Cilt I. İst. Üniv. Cerrahpaşa Tıp Fak. Yayınları (1997).
- 5- Thibodean, G.A., Patton, K.T.: Anatomy and Physiology. Third ed. Moby Year Book Inc. 1996.
- 6- Vander AJ, Sherman JH, Luciano DS. Human Physiology, The Mechanisms of Body Function. The McGraw-Hill Companies; 2001
- 7- West JB Best and Taylors Physiological basis of Medical Practice. 12.th ed Baltimore: Williams and Wilkins. 1990.

Not: Yukarıda verilen Ders Notları Yazarının (Prof. Dr. LÜTFİ ÇAKAR'ın) TASARIMDA İNSAN FAKTÖRÜ Kitabının hazırlanan yeni baskısından alınmıştır.

Egzersiz Fizyolojisine Giriş

**(Bilim Dalı Olarak Egzersiz Fizyolojisi, Temel Konuları,
Antrenman Bilgisi ve Bilimi ile İlişkisi)**

Dr. Sanlı Sadi Kurdak

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Fizyolojisi Bilim Dalı

Sportif etkinlikler sırasında performans kapasitesinin çok fazla sayıda değişken tarafından belirlendiği bilinmektedir. Bu unsurların en önemlilerinden bir tanesi de bireyin fizik kapasitesi olarak kabul edilir. Aslında bireysel sporlar arasında sayılan atletizm, yüzme, bisiklet gibi etkinliklerde sporcuların performans beklentileri konusunda bir takım öngörülerde bulunmak ve yorumlamak, fizik kapasitelerinin bilinmesi sayesinde mümkün olabilmektedir. Ancak futbol gibi bireyin koşması yanında sıçraması, rakibi ile beraber saha koşullarıyla mücadele etmesi ve üstüne üstelik bir topu kontrol altına alarak kimi zaman çok uzun mesafelere değişik hızlarda ayağı ile isabetli olarak göndermek gibi bir yükümlülüğünün bulunduğu spor dalında, salt fizik kapasiteyle ilgili değişkenleri bilerek performans beklentilerinin yorumunu yapmak oldukça zordur. Hal böyle olunca da sportif etkinliklerin insan fizyolojisinde yarattığı değişiklikleri yorumlamayarak futbol ile örtüştürüp özümsemenin çok zor olduğunu ifade etmek de yanlış olmaz.

Günümüzde çok sayıda insanın yakından ilgilendiği futbol gibi bir sportif olguda başarı ölçütü herhangi bir karşılaşmanın kazanılması ile değerlendirilmektedir. Kazanılan maç sayısının fazlalığı takım ve takımı oluşturan unsurları o ölçüde başarılı kılar. Ancak futbolda performansın bilimsel olarak irdelenmesine başlanmasıyla beraber, bazı ön görülerden hareket ederek ortaya konan çıkarımların önemi ön plana çıkar. Futbolcunun çeviklik, hız, kuvvet ve saha içi dayanıklılığının gelişmiş olması kendisinden beklenen yükümlülükleri daha kolay yapabilme olasılığını artıracaktır. Dolayısıyla ana amacın kazanmak ve dolayısıyla da gol atmak olduğu modern futbol anlayışında yukarıda belirtilen fiziksel yetenekleri gelişmiş olan bir futbolcunun ana amaca ulaşma olasılığı da, pozisyonun içinde top ile beraber bulunma şansının artması ile orantılı olarak artmış olacaktır. Bu fiziksel gereksinimlerin bütünü bir arada değerlendirildiğinde, iyi bir futbol oyuncusunun teknik ve mental yeterliliği yanında fiziksel yeteneklerinin de üst düzeyde gelişmiş olması beklenilir.

Futbolcu kendisinden beklenen maç performansını gerçekleştirebilmek için sürekli antrenman yapmak zorundadır. Herhangi bir bireyin vücudunda, hiçbir değerlendirme yapılmaksızın yapılan düzenli fiziksel aktiviteye bağlı olarak, egzersiz ile uyumlu olacak şekilde bazı değişiklikleri ortaya çıkar. Günümüz futbolunda başarının getirdiği kazanımlar performansın üst düzeyde zorlanmasını zorunlu kılmıştır. İnsanların takat sınırlarının son aşamalarına kadar kendilerini zorlamaları ise bazı durumlarda başarı için yeterli olamamaktadır. Bireyin belirli aralıklarla metabolizmasının hızlandırılması olarak tanımlanabilecek antrenmanların insan vücudunda yaratacağı olası etkiyi önceden bilmek, bireyin fizik kapasitesini sınırlayan unsurları değerlendirerek bunların antrenman programları ile gelişmesi için yol gösterici ayrımların farkındalığını yaratmak gibi bazı teknik sorulara

verilen yanıtlar ise performans sporcusunun yaptığı antrenmanı diğer insanların antrenman programlarından ayıran en önemli ayrıntıdır. İnsan vücudunun egzersize verdiği yanıtı değerlendirip beklentilerin karşılanıp karşılanmadığını araştırmak ve varsa eksiklikleri tespit ederek bunları nesnel olarak ifade etmek egzersiz fizyolojisinin çalışma konularından bir bölümünü oluşturur.

Egzersiz ve enerji kavramı

Egzersiz sırasında vücudun farklı şiddet ve yoğunlukta fiziksel etkinliği gerçekleştirebilmesi için enerjiye gereksinimi vardır. Bu enerji canlı organizmalarda besin öğelerini oluşturan atomların arasındaki kimyasal bağların yıkılması ile elde edilir. Canlı sistemlerin en küçük ögesi olan hücreler enerjiyi sadece hareket etmek için değil, aynı zamanda hücre içi ve dışında meydana gelen iyon konsantrasyonunu dengede tutmak amacıyla da kullanırlar. Öte yandan hücre içi yeni moleküllerin sentezi de enerji gerektirir. Yapılan sportif aktiviteler sırasında enerji gereksinimi, fiziksel aktivitenin şiddeti ile orantılı olarak artar. Bu noktadan hareketle herhangi bir sporcunun fizik kapasitesiyle ilgili konu başlıklarının tartışılmasında ana başlığı, sporcunun birim zamanda ne kadarlık bir enerjiyi hareket etmek için harcayabileceğinin sorgulanmasından başka bir şey değildir. Nitekim sporcular için kişisel performansı gösteren ana başlıklardan bir tanesi de sporcunun fizik kapasitesidir.

İnsan vücudu artan enerji gereksinimini sağlayabilmek için giderek artan yüklemelerde, başta solunum sistemi olmak üzere, kalp ve dolaşım sistemi yanında iskelet kas sistemini oluşturan organların dinlenme durumuna oranla daha hızlı çalışarak yanıt verdikleri gösterilmiştir. Birbirlerinin işlevlerini yakından etkileyen bu organ sistemlerinin egzersiz sırasında daha fazla çalışmasının ana ereği, iskelet kas dokusuna gereksinimi olan oksijeni daha kolay ulaştırmaktır. Bu dinamik sürecin fizyolojik karşılığı dinlenme durumundaki homeostatik koşulların egzersiz sırasında da korunmasını sağlamak anlamında gerçekleşen bir seri uyum yanıtı olarak da yorumlanabilir. Nitekim dinlenme halinde dakikada 70 kez çarpan bir kalbin egzersiz sırasında genç bir sporcuda 180 ve üstü bir değere ulaşabilmesi, yaklaşık 10 litre olan solunum dakika hacminin yaklaşık 100 litre ve üstü değerlere kolaylıkla çıkması, kas metabolizmasının hızlanması gibi bir seri yanıtın irdelenmesi egzersiz fizyolojisi ile ilgili çalışmaların ana konusunu oluşturur. Öte yandan performans sporcusu ile sedanter ya da sıradan bir sporcunun fizik kapasite bileşenlerini oluşturan yukarıda değişkenlerden hangilerinin iyi bir sporcuda daha üst seviyelerde olduğunun bulunması ve varsa aksaklıkların tespit edilmesi, sporcu gelişimiyle ilgilenen ve performans düzeyinde çalışma yapan her spor bilimcinin bilmesi gereken ana konudur. Varlığı tespit edilmiş olan bir eksikliğin giderilmesi yönünde yapılan yüklemelerin ne oranda etkinlik gösterdiği ve arzulanan hedefe sporcuyu ulaştırıp ulaştırmadığının değerlendirilmesi yapılan antrenmanların nesnel göstergesi olması açısından önemlidir.

Aerobik ve anaerobik metabolizma

Sportif başarının önemli belirleyicilerinin başında sporcunun yüksek bir güç kapasitesine sahip olması gelir. Daha önce de belirtildiği gibi, canlı organizmalar yaşamaları için gereken enerjiyi besin ögesi olarak hücrelerine

aldıkları karbonhidrat, yağ ve proteinleri oluşturan kimyasal bağları düzenli bir seri reaksiyon sonrasında katabolize ederek sağlarlar. Bu tepkimelerin karbonhidratlara özel olan bölümü hücrenin sitoplazmasında başlar ve oksijen kullanılmaz. Az da olsa bir miktar enerjinin oksijen kullanılmaksızın elde edildiği tepkimelerin bütününden oluşan metabolik sürece “anaerobik metabolizma” adı verilir. Öte yandan karbonhidrat, yağ ve protein moleküllerini oluşturan atomlar arasındaki kimyasal bağların atomlarına kadar ayrıştırılıp parçalanması sonrasında enerji elde edilen tepkimelerin bütünü anaerobik metabolik yoldan farklı bir yol izler. Hücre içinde organellerinden bir tanesi olan mitokondrilerde gerçekleşen tepkimeler bütününe gerçekleşebilmesi için oksijenin kullanılmasına gerek olduğundan, bu metabolik sürece de “aerobik metabolizma” adı verilmektedir. Aslında egzersiz sırasında fiziksel kapasiteyi irdeleyen araştırmaların tümü bu metabolik süreçlerin bir arada değerlendirilmesi esasına dayanır.

Aerobik ve anaerobik enerji yollarının belirli avantaj ve dezavantajları vardır. Bununla ilgili herhangi bir tartışmayı başlatmadan önce söz konusu metabolik yollarla ilgili bazı temel bilgilerin bilinmesi gerekir. Bunların başında anaerobik tepkimelerde oksijen gerektirmeden enerji elde edilmesi mümkün iken, aerobik reaksiyonlar sırasında tanımı ve tepkimelerin bütünü akılda tutulacak olursa oksijenin kullanılması zorunludur. Sporcuların yüksek enerji gerektiren kısa süreli ve yüksek şiddetteki fiziksel etkinlikler sırasında gereksinimleri olan enerjiyi anaerobik yollardan sağlamaları nedeniyle, bu metabolik tepkimelerin bütünü başarının ana belirleyicisi olarak da kabul edilir. Öte yandan anaerobik metabolizma sırasında elde edilen enerjinin çok verimli olmayan bir seri tepkime sonrası elde edilmesi ve son ürün olarak laktik asit birikmesi nedeniyle, yüksek şiddetli fiziksel etkinliklere uzun süre devam etmek mümkün değildir. Kısa süreli ve yüksek şiddetli sportif etkinlikler için gereken enerji, sporcunun anaerobik metabolizma kapasitesi tarafından sağlanırken, bu fiziksel aktivitelerin gerçekleştirilebileceği süre oluşacak yorgunluk nedeniyle en fazla birkaç dakika ile sınırlıdır. Yorgunluk ortaya çıktıktan ardışık yüklemelerde ise sporcu bir önceki performansını gösteremez. Ancak anaerobik egzersizler sırasında toparlanma aerobik egzersizlere oranla daha kolay olur.

Aerobik egzersizin anaerobik egzersizden ayıran önemli bir fark, aerobik metabolizma sonrası elde edilen enerji ile sporcuların daha uzun süre fiziksel etkinliğe devam edebilmesidir. Aerobik metabolizma sırasında elde edilen enerjinin anaerobik tepkimelere oranla daha yavaş gerçekleşen bir seri tepkime sonrası ortaya çıkması bu metabolik yolla ilgili olumsuz bir özellik olarak yorumlanabilir. Ancak aerobik metabolizma sırasında yağ, karbonhidrat ve proteinlerin yıkımına bağlı olarak uzun süre enerji elde edilebilir. Bu iki metabolik yolla ilgili bir diğer ayrım aerobik metabolizma sırasında yorgunluğun çok daha geç ortaya çıkıyor olmasıdır.

Bir futbol maçı sırasında futbolcunun gerçekleştirdiği fiziksel etkinliğin tümü bir bütün olarak değerlendirildiğinde, maçın belirli zamanlarında tempounun ve mücadelenin arttığını ancak belirli zamanlarda da düşüş gösterdiğini maç analizine ait bilimsel verilerle ortaya konmuştur. Aktivite örüntüsünün fizyolojik açılımı ile sportif performans bir arada

değerlendirildiğinde, futbolcunun başarılı olabilmesi için anaerobik kapasitesini kullanarak rakibinden daha hızlı koşması, daha yükseğe sıçraması ve ikili mücadelede ayakta kalabilmesi gerekir. Ancak futbolcu mücadelenin içinde kalıp kendisini daha çabuk toparlayarak bir sonraki yüklemeyi yapabilmesi için aerobik kapasitesini de en yüksek seviyede tutmalıdır. Performans sınırlarını zorlayarak başarılı olabilecek bir futbolcuda bu iki metabolik yolağa ait unsurlarının kapasiteleri geliştirilmelidir.

Aerobik Kapasite Kavramı

Sporcunun aerobik kapasitenin yüksek olması fiziksel yüklemeleri daha kolay tolere edebilmesi anlamını taşır. Aerobik kapasitenin de göstergesi olan oksijen kullanabilme yeteneği bir anlamda sporcunun tolere edebileceği egzersiz şiddeti hakkında bilgi vermesi nedeniyle önemlidir. Bu anlamda kullanılan oksijen miktarı ile iş yükü arasındaki doğrusal ilişki değerlendirmenin referans noktasını oluşturur. Kullanılan 1 lt oksijen yaklaşık 4.86 kilokalorilik enerjiye karşılık gelir. Bu bilgidен hareketle vücudun herhangi bir yükleme sırasında kullanabildiği oksijen miktarının ölçülmesi, sporcunun dolaylı da olsa birim zamanda ortaya çıkarabileceği enerji miktarı da gösterir. Egzersiz sırasında aerobik kapasitenin kardiopulmoner egzersiz testleri ile ölçülmesi, kullanılan oksijen miktarının belirleyicisi olabilen organ sistemlerinin performans göstergesi olarak da kabul edilebilir. Bu testler sırasında sporcunun ulaşabileceği en yüksek oksijen alım değerine, maksimal oksijen alım miktarı adı verilir. Maksimal oksijen alım miktarını belirleyen reaksiyonlar dizgisini klasik olarak 5 ayrı aşamada tartışmak gerekir. Bunlar:

1. Atmosfer havasındaki oksijenin alveollere ventilasyonla alınması
2. Alveol içindeki oksijenin difüzyon yolu ile kana geçmesi
3. Kandaki oksijenin dokulara perfüzyon ile taşınması
4. Doku düzeyinde kapillerlerden hücre içi mitokondrilere kadar difüzyon ile geçmeleri
5. Mitokondrilinde kullanılmaları

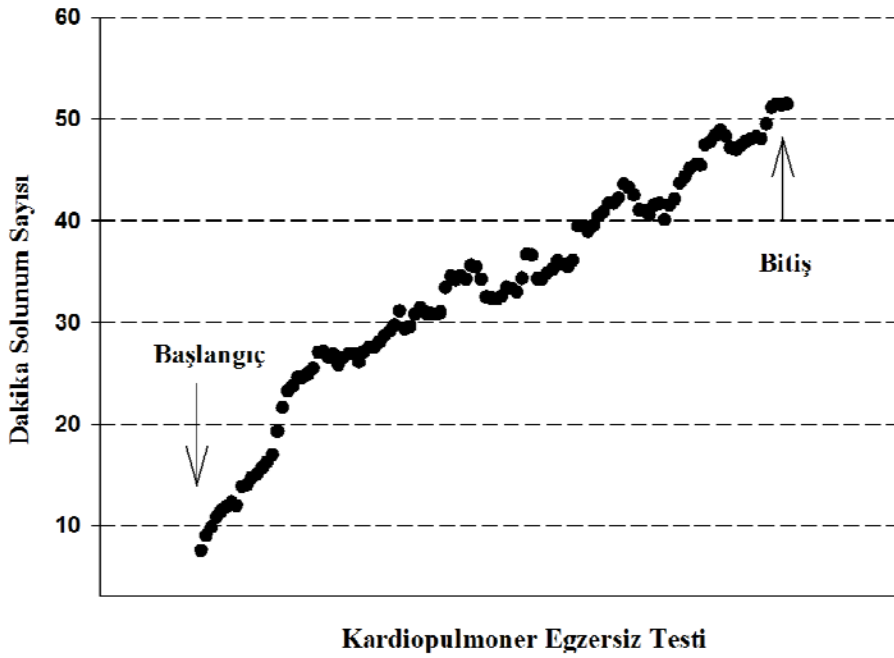
Fiziksel aktivite sırasında dinlenme koşullarına oranla organ sistemlerinin daha hızlı çalışmasının fizyolojik açılımını, mitokondrilerin gereksinimi olan oksijeni eksiksiz olarak sağlamaktır. Nitekim solunum ile kalp damar sistemine ait patolojik durumlarda mitokondrilerin gereksinimi olan oksijenin sağlanmamış olması nedeniyle egzersiz kapasitesinin azalmış olduğu görülür. Öte yandan her insanın belirli bir egzersiz kapasitesi vardır ve bu kapasitenin üstündeki egzersize devam etmeleri mümkün olamamaktadır. Bir sporcunun ulaşabileceği en üst egzersiz kapasitesinin bilinmesi tam sağlıklılık hali yanında, sporcunun saha içinde sergileyeceği performansın da göstergesi olabileceğinden önemlidir.

Performans Ölçümü ve Değerlendirilen Değişkenler

Sporcuların dayanıklılıklarını değerlendirmeye yönelik ölçümlerin bir bölümü gelişmiş laboratuvar olanakları kullanılarak yapılırken, belirli bazı test bataryaları ile sahada da ölçüm yapılması mümkündür. Laboratuvar ve sahada yapılan ölçümler de, aralarında belirli bir hata payını akılda tutmak koşuluyla, oldukça tutarlı sonuçlar alınabilmektedir. Ancak bir tek koşu mesafesine bakarak sporcunun belirli bir süre içerisinde gerçekleştirdiği

fiziksel aktiviteyle kapasitesinin tayin edilmesi, aslında öğrenilmesi gereken bilgi bütünü hakkında tam ve doğru bilgi vermediğinden eksik olarak da kabul edilebilir. Buna karşın sporcunun egzersiz sırasında verdiği yanıt irdeleme anlamında daha ayrıntılı değerlendirmelerin mümkün olduğu laboratuvar koşullarında yapılan ölçümlerde, sporcuda egzersiz sırasında meydana gelen fizyolojik değişiklikler hakkında kapsamlı bilgiye ulaşılabilmektedir.

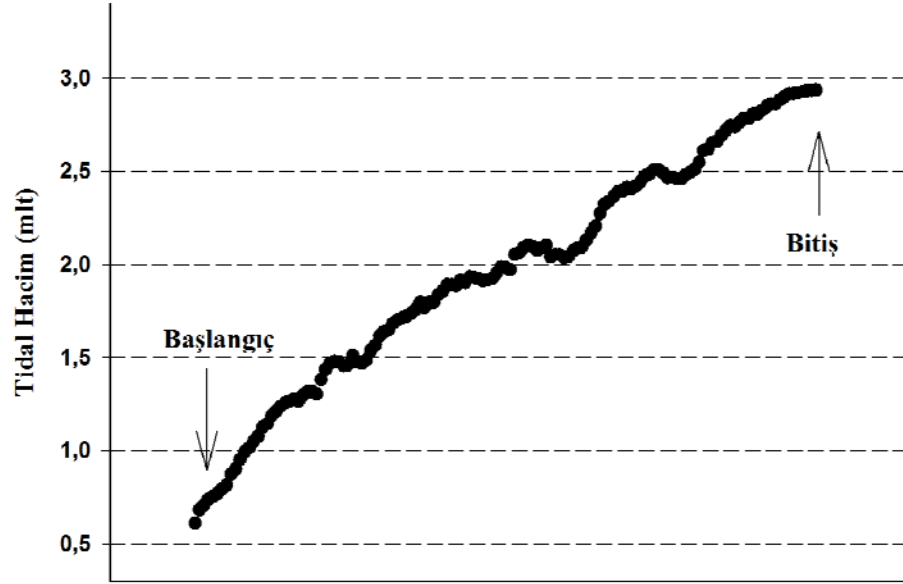
Laboratuvarda yapılan kardiopulmoner egzersiz testleri sırasında sporculardan koşu bandı ya da bisiklet ergometresiyle giderek artırılan bir yükte egzersiz yapmaları istenir. Bu arada sporcuların ağızlarına iliştirilen bir maske aracılığıyla inspire ve ekspire ettikleri havanın içeriğindeki karbondioksit ve oksijen parsiyel basınçları ile solunum hacmi anlık olarak ölçülebilmektedir. Bu ölçüm düzeneğinin kullanılması sayesinde bireylerin iş kapasitesi yanında solunum ve kardiovasküler sistemin egzersize verdiği yanıt ile metabolizmasında meydana gelen değişikliklere ait verilere ulaşılabilir.



Şekil 1: Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında solunum frekansında meydana gelen değişiklik. Sporcu egzersizin başlangıcında dakikada 7 kez nefes alıp verirken, egzersizin sonunda soluk sayısı 50/dak'yı aşmıştır.

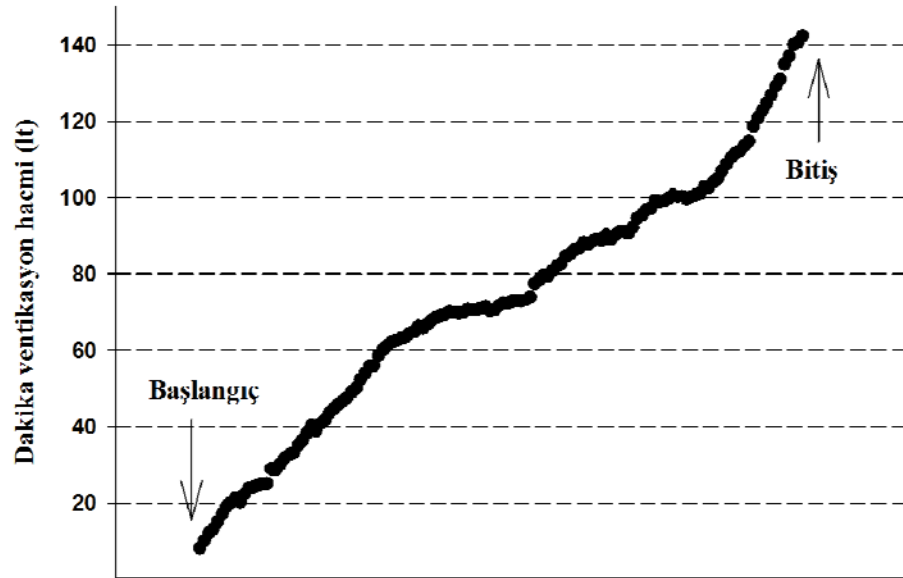
Dinlenim halinden en üst seviyede zorlanmaya kadar devam eden ve artarak yapılan bir fiziksel aktivite sırasında sporcuların ilgili organ sistemlerinde meydana gelen değişiklikler irdelendiğinde ilk göze batan değişim dakika solunum sayısının dinlenim anında yaklaşık dakikada 10 olan değerinin neredeyse saniyede 1 kez nefes alıp verme hızına ulaşacak şekilde 50 nefes/dakikaya yaklaştığının görülmesidir (Şekil 1). Her bir nefeste alınan ve verilen hava hacmine karşılık gelen tidal hacim miktarı ise dinlenim halinde yaklaşık 500 ml iken egzersizin ilerlemesine bağlı olarak 4-5 misli artış gösterebilir (verilen değerler kişinin boyuna, ağırlığına, yaşına, cinsiyeti gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık gösterebilir) (Şekil 2).

Dakika solunum sayısı ile tidal hacmin çarpımı ile hesaplanan dakika ventilasyon hacmi ise dinlenim halinde yaklaşık 10 lt/dak iken, erişkin ve sağlıklı bir erkek sporcuda maksimal egzersiz sırasında yaklaşık 15 kat artış gösterebilir (Şekil 3). Ulaşması beklenen en yüksek dakika ventilasyon hacmi sporcuların dinlenim sırasında ölçülen maksimal istemli ventilasyon değerinin yaklaşık % 70'lerine kadar artırılabilir.



Kardiopulmoner Egzersiz Testi

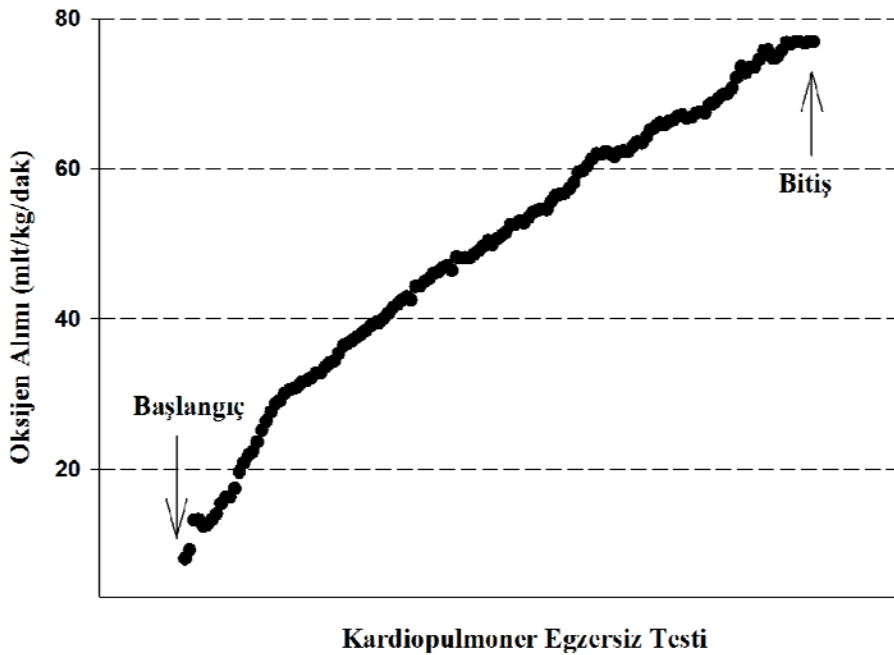
Şekil 2. Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında tidal hacimde meydana gelen değişiklik. Egzersiz testinin başlangıcında yaklaşık 600 mlt olan tidal hacim egzersiz sonrasında 3000 mlt'ye yaklaşmıştır.



Kardiopulmoner Egzersiz Testi

Şekil 3. Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında dakika ventilasyon hacminde meydana gelen değişiklik. Egzersiz testinin başlangıcında yaklaşık 10 lt olan ventilasyon hacmi zorlu egzersiz sonrasında 150 lt'ye kadar çıkmıştır.

Sporcuların inspirasyon ve ekspirasyon havasındaki oksijen parsiyel basıncının sürekli kayıt altına alınması, araştırmacılara fiziksel aktivite sırasında kullanılabilen oksijen miktarını hesaplama şansını verir. Oksijen kullanma kapasitesinin en üst sınır maksimal oksijen alım kapasitesi olarak ifade edilir ve ulaşılan değer sporcunun aerobik kapasitesinin en nesnel göstergesidir (Şekil 4). Aerobik kapasitesi gelişmiş bir uzun mesafe koşucusundan ortalama dakikada vücut ağırlığı başına (kg) yaklaşık 70 ml oksijen kullanması beklenilir. 70 kg ağırlığında bir birey dinlenim anında 3-4 ml/kg/dak oksijen kullanırken egzersiz sırasında 70 ml/kg/dak oksijen kullanabilmesinin fizyolojik açılımı, aerobik reaksiyonların gerçekleştiği hücre içi organeli olan mitokondrilerin toplam oksijen kullanabilme kapasitelerini bir başka ifadeyle de metabolizma hızlarını yaklaşık 20 kat artırabiliyor olmasıdır.

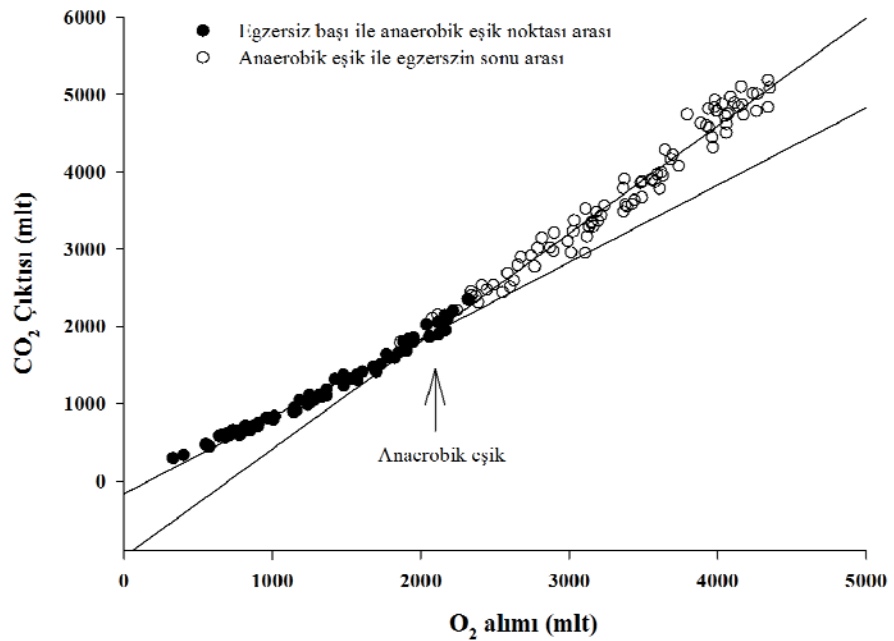


Şekil 4. Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında alınan oksijen miktarında meydana gelen değişim. Egzersizin sonlarına doğru oksijen alımındaki artışının bir denge noktasına ulaştığı dikkati çekmektedir. Bu nokta sporcunun aerobik metabolizmasıyla ilgili üst sınır olan maksimal oksijen alımına karşılık gelmektedir.

Dakika ventilasyon hacmi ile ilgili değerlendirmede göz önüne tek alınan değişken maksimal egzersiz testi sırasında ulaşılan ventilasyon hacmi değildir. Dakika solunum hacmi egzersizin ile beraber artmaya başlar. Ancak egzersizin belirli bir noktasında solunum hacimdeki artış, düşük şiddetli fiziksel aktivitelere oranla daha belirgin olmaya başlar. Bu değişimin fizyolojik açıklaması, sporcunun solunum merkezinin egzersiz belirli bir şiddetinden sonra farklı bir uyaran tarafından fazladan uyarıldığıdır. Solunum hacminin düzenlenmesinde en önemli rolü oynayan uyarılardan bir tanesi de kanın pH'sında meydana gelen değişimlerdir. Kan pH'sının asidoza kayması dakika solunum hacminde artışa neden olurken, tam tersi arter kanı pH'sının alkali tarafa kayması solunum sistemi üzerinde baskılayıcı etki yapar. Egzersiz sırasında aerobik metabolizmanın

sağladığı enerjinin yeterli olmaması durumunda, enerji açığını kapatabilmek için anaerobik tepkimeler devreye girer. Ortamda laktik asit konsantrasyonunun artması ile beraber seyreden bu süreç, kan pH'sının asidoza doğru kaymasına neden olur. Laktik asit pKa değerinin normal pH'dan çok daha düşük olması nedeniyle, laktik asit molekülü üstündeki H^+ kan içinde serbestleşir ve kanın en önemli tamponlarından bir tanesi olan bikarbonat ile tepkimeye girer. Plazmada bol miktarda olan karbonik anhidraz enziminin de aracılığı ile oluşan karbonik asit molekülü ise su ve CO_2 'e ayrışır. CO_2 derişiminin kan içinde pH'nın asit tarafa kayması sonrası artışı ise solunum sistemini fazladan uyarıcı bir etki yapar. Dakika solunum hacminde görülen bu değişimin gerçekleşmesi egzersiz sırasında metabolizmanın aerobik bileşenine belirli bir noktadan itibaren anaerobik bileşeninin de eklendiğini göstermektedir.

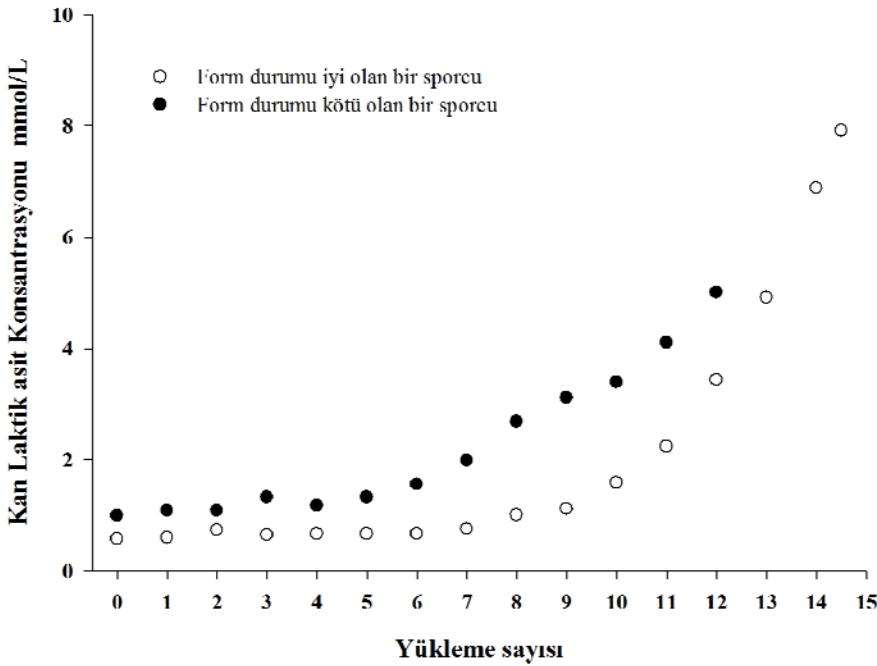
Egzersiz sırasında enerji elde edilen metabolik yolaktaki farklılıktan dolayı hem performans yorumlanması hem de bilimsel antrenman programının yapılabilmesi için anaerobik metabolizmanın etkinlik kazandığı egzersiz yoğunluğunun bilinmesi gerekir. Anaerobik reaksiyonların devreye girdiği egzersiz şiddeti sporcunun form durumunda göre değişkenlik gösterir. Form durumu iyi olan bir sporcuda anaerobik bileşen egzersizin zorlu aşamalarında devreye girerken, form durumu zayıf olan bir sporcuda daha düşük yüklenme aralıklarında etkinlik kazanır. Bu nedenle bir takım içindeki sporcuların tümüne aynı şiddette yükleme yapılması bazı sporcuların aerobik bazılarının ise anaerobik çalışmasına neden olacaktır.



Şekil 5. Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında sporcunun aldığı oksijen ile çıkarttığı karbondioksit arasındaki ilişki. Noktalardan her bir nefes sırasında elde edilen değerleri yansıtmaktadır. Regresyon analizi yapılarak belirlenmiş olan iki eğrinin kesişim noktası anaerobik eşik olarak tanımlanmaktadır.

Anaerobik metabolizmanın başladığı noktayı belirlemenin tek yolu dakika solunum hacminde meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek ile sınırlı değildir. Bu yöntemle oranla çok daha duyarlı olduğu belirtilen bir diğer yaklaşım bireyin tüm egzersiz sırasında aldığı oksijen ile çıkardığı karbondioksit oranlarını bir arada değerlendirme esasına dayanır (Şekil 5).

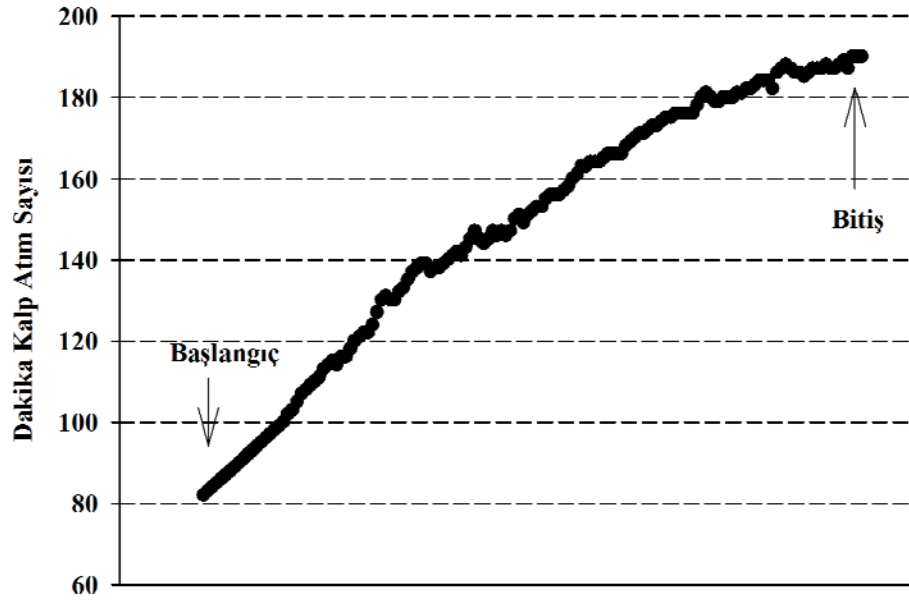
Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında oksijen alımı ile karbondioksit çıktısı arasındaki ilişkinin anlık değerlendirmesi, anaerobik eşik noktasından sonra ekspire edilen karbondioksit miktarının kullanılan oksijenden daha fazla olduğuna işaret eder. Karbondioksit ekspirasyon hızındaki artışın başladığı bu noktaya anaerobik eşik adı verilir. Bu nokta kandaki laktik asit derişiminin artmaya başladığı egzersiz şiddeti ile uyum gösterdiğinden verdiği bilgi aslında iskelet kaslarının metabolizmasında zorlanmaya başladığı egzersiz şiddetini de işaret etmektedir. Nitekim giderek artan yüklemelerle yapılan fiziksel aktiviteler sırasında yapılan kan laktik asit ölçümlerinde de bireylerin laktik asit değerlerinin bireyler arasında değişkenlik gösterecek şekilde belirli bir egzersiz şiddetinden itibaren artmaya başladığı tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Giderek artan şiddette ardışık olarak yapılan yüklemeler sırasında kaydedilen kan laktik asit değerleri. Form durumu iyi ve görece kötü olan iki sporcunun değerleri karşılaştırıldığında, form durumu iyi olan sporcuda kan laktik asit artışının daha ağır egzersiz şiddetlerinde ortaya çıktığı görülmektedir.

Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında değerlendirilen bir başka veri gurubu ise bireyin kalp atım hızında meydana gelen değişikliklere aittir. Fiziksel aktivitenin başlaması ile beraber dakika kalp atım sayısı, kardiyak fonksiyonları düzenleyen farklı fizyolojik uyarıların devreye girmesine bağlı olarak artar (Şekil 7). Kalp atım sayısının egzersiz sırasında ulaşabileceği en üst sınır, kalp atım hızını etkileyebilecek herhangi bir ilacın kullanılmaması durumunda kabaca “220 – yaş” formülüne göre hesaplanır.

Ulaşılabilecek en yüksek kalp atım sayısı bireyler arasında farklılık göstermekle beraber “ ± 10 vuru/dakika” sapma normal kabul edilebilir. Egzersiz testi sırasında kalp atım sayısının beklenen seviyeye ulaşmasından önce egzersizin sonlandırılması sporcunun kendisini yeterince zorlamadığı anlamını taşıırken, vuru sayısının erken yükselmesi ayrıntılı değerlendirmeyi gerektirebilecek bir olumsuzluğu akla getirmelidir.



Kardiopulmoner Egzersiz Testi

Şekil 7. Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında kalp atım sayısında egzersiz şiddetindeki artışla beraber görülen nabız değişim eğrisi. Testin başlangıcında dakikada 80 olarak kaydedilen nabız değeri egzersizin sonlarında sporcunun “ $220 - \text{yaş}$ ” formülüne göre belirlenmiş maksimal değerine ulaşmıştır.

Egzersiz sırasında kalp atım sayısında görülen artışın fizyolojik açılımı, kalbin bir dakikada başta iskelet kası olmak üzere dokulara pompaladığı kan miktarını artırmasıdır. Dinlenme durumunda dakikada 5 lt olarak kabul edilen normal **kalp debisi (kalp atım sayısı x atım hacmi)**, sporcunun kardiak kapasitesine bağlı olarak yaklaşık 5 kat artırılabilir. Bu değer uzun yıllar antrenman yapmış olan sporcularda sedanter olan bireylere oranla daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Kardiopulmoner egzersiz testi sırasında solunum havasına ait gaz parsiyel basınçlarının ölçülmesi dolaylı da olsa kalp debisinin hesaplanmasını mümkün kılar. Ancak doğrudan yapılmayan bu hesaplamalarda belirli oranda yanlışlık yapılabileceğini de akılda tutmak gerekir.

Farklı Ortam Koşullarında Egzersiz

Egzersiz fizyolojisinin temel çalışma konularından bir tanesi de sporcuların farklı koşullarda spor yapmaları durumunda karşılaştıkları stresin etkilerini incelemektir. Bu koşullar içinde ülkemizin de içinde bulunduğu coğrafi konum göz önüne alındığında, en belirgin tehdit unsurlarından bir tanesinin sıcak hava olduğunu söylemek çok da yanlış olmaz. Sporcuların sıcak havalarda fiziksel aktivite yapmaları durumunda karşılaştıkları

sorunları vücut sıcaklığının artması yanında terleme sonrası ortaya çıkabilecek su ve tuz kaybı ile bir arada değerlendirmek gerekir. Yapılan çalışmalarda sıcak havada oynanan bir futbol maçı sonrasında futbolcuların çekirdek sıcaklığı olarak kabul edilebilen gastrointestinal sıcaklığının takım ortalamasında 39.5°C olarak ölçülmesi ve hatta bazı futbolcularda 40°C'ın üstüne çıkması konunun duyarlılık gösterilmesi gereken bir başlık olduğunu düşündürmektedir. Yüksek sıcaklıkla ilgili sorunların sporcunun sıcaklıkla uyumu, terleyebilme yeteneği, vücudunun su dengesi gibi değişkenlerden etkileniyor olması ve her sporcunun sıcak havada yapılan fiziksel aktiviteye ayrı yanıt vermesi, bireysel önlemlerin alınmasını da zorunlu kılmaktadır.

Anormal çevre koşulları arasında sayılabilecek bir diğer tablo yüksek rakımda yapılan fiziksel aktiviteler sırasında kendisini gösterir. Yüksek rakımla ilgili temel sorun sporcuların inspire ettikleri havadaki oksijen parsiyel basıncının deniz seviyesine oranla, yükselti ile ters ilişkili olacak şekilde düşük olmasıdır. Bu durumda hipoksi sporcuların aerobik kapasitelerinin olumsuz etkilenmesi yanında, özellikle pulmoner hemodinamilerinde olumsuz kabul edilebilecek değişikliklere zemin hazırlanır. Yüksek rakımda yapılan fiziksel aktiviteler sırasında pulmoner arter basıncın artmasıyla beraber akciğerlerde ventilasyon – perfüzyon oranının bozulması ve hatta pulmoner ödem gibi farklı tabloların ortaya çıkma olasılığı egzersize verilen fizyolojik yanıtın değerlendirmesinde göz önüne alınmalıdır.

Egzersiz Fizyolojisi İle İlgili Yeni Açılımlar

Egzersiz fizyolojisi ile ilgili çalışmalarda ağırlıklı olarak irdelenen konu başlıklarından bir tanesi de kas gelişim mekanizmalarını inceleyerek, özellikle sportif performans açısından temel öneme sahip bu organ sistemini değerlendirmektir. Sporcuların antrenmandan bekledikleri esas kazanım kas kütlesini, çabukluğunu ya da dayanıklılığını artırmak olarak özetlenebilir. Yapılan antrenmanların kas hücre düzeyindeki etkisini hücre içindeki bazı sinyal yollarını aktive ederek kas gelişiminden sorumlu DNA gurubunu etkileyerek göstermektedir. Buna karşın kas hücrelerinde ortaya çıkması beklenen yanıt ile bu yanıtı oluşturmak için gereken antrenman yüklemesi arasındaki ilişki günümüzde tam olarak bilinmemektedir. Bazı sporcuların antrenmanlara beklenen yanıtı vermemesi, bazı sporcuların ise aynı yüklemelere beklenilenden daha fazla yanıt vermesi bireysel antrenman metodolojilerinin önemini bir kez daha ön plana çıkarmıştır. Kas biyopsilerinden yapılan incelemelerde, her bireyin iskelet kas yapısı içindeki uydu hücre sayısının birbiri ile aynı olmadığına bulunması, antrenmanlar sonrası ortaya çıkan yanıtın farklılığını açıklayan bir mekanizma olarak da yorumlanmaktadır. Modern antrenman bilimini çağımızdaki açılımı; genetik yapısı bilinen bireylerde kas hücre düzeyinde antrenmana bağlı olarak ortaya çıkan hücre içi sinyallerin irdelenmesiyle hazırlanan uygun antrenman programlarının, bireylerin gen havuzuna göre düzenlenmesini sağlayabilecektir.

Sonuç

Çağımızda sportif başarı kazanıp onun sürekliliğini sağlayabilmek için üst düzey bilimsel çalışmalarla elde edilen bilgiyle kurgulanmış antrenman modellerinin bireysel olarak uygulanması artık bir zorunluluktur. Futbol

gibi milyonları etkileyen ve sportif bir olgu olmanın ötesinde sosyal ve ekonomik açımları olan spor branşıyla uğraşan herkesin, başarıyı hedeflemesi durumunda, bilimsel bilginin kullanıldığı antrenman yöntemlerini uygulamaya başlaması gerekmektedir. Bu görüşün dışında yapılacak tüm çalışmalarda başarı oranının, bilimsellikten uzaklaşıldığı oranda, rastlantısal olacağını da iddia etmek mümkündür. İnsan vücudunun egzersize bağlı olarak vereceği yanıtı bir tek hücre düzeyinden başlayarak bütününü içine alacak fizyolojik esaslarına göre irdelenmesi bilimsel anlamda antrenman uygulamalarının ana unsurudur.

Kaynakça

1. Guyton C. A., Hall J. E. Tıbbi Fizyoloji - 11. Basım. Çeviri Editörleri: Hayrünnisa Çavuşoğlu, Berrak Çağlayan Yeğen. Nobel Tıp Kitapevi, 2007.
2. Voet D., Voet J.G. Biochemistry – Second edition. John Wiley & Sons, Inc. 1995.
3. McArdle W.D., Katch F.I., Katch V.L. Exercise Physiology Energy Nutrition & Human Performance – Sixth Edition. Lippincott Williams & Wilkins 2007
4. Taylor N.A.S, Groeller H. Physiological Bases of Human Performance During Work and Exercise. Churchill Livingstone 2008
5. Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y., Casaburi R., Whipp B.J. Principles of Exercise Testing and Prescription – Third Edition. Lippincott Williams & Wilkins 1999
6. ACSM's Advanced Exercise Physiology. Lippincott Williams & Wilkins 2006

Sinir Sistemi

(MSS-PSS-OSS)

*Dr. Ümmühan Işoğlu Alkaç
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı*

Sinir Sistemi, Sinirlerde Bilgi İletimi, Periferik Sinir Sistemi, Otonom Sinir Sistemi

Akılda Tutulması Gerekenler:

- Nöronların İşlevi
- Sinirsel Yol ile Bilgi Aktarımı
 - Dinlenim Potansiyeli
 - Aksiyon Potansiyeli
 - Sinaps ve Sinaptik İletim Mekanizması
- Otonom Sinir Sistemi
 - Yapısı ve Kimyasal İleticileri (nörotransmitterler)
- Periferik Sinirlerde Dejenerasyon ve Rejenerasyon
 - Schwann hücrelerinin önemi
- Gerilim Reseptörleri
 - Kas iğcikleri
 - Golgi tendon organları

SİNİR SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

Sinir sistemi iç ve dış çevredeki değişiklikleri saptama, bunları değerlendirme ve kas ve bezler aracılığı ile bunlara yanıt verme esasına göre organize olmuştur. Bu karmaşık sistemi daha kolay anlayabilmek için bazı bölümlere ayırmak yararlıdır.

- I. Merkezi Sinir sistemi
- II. Periferik Sinir Sistemi
 - A. Aferent (duysal) Sinir Sistemi
 - B. Eferent (motor) Sinir Sistemi
 - 1. Somatik (motor) Sinir Sistemi
 - 2. Otonom Sinir Sistemi
 - a. Sempatik Sinir Sistemi
 - b. Parasempatik Sinir Sistemi

Merkezi Sinir Sistemi tüm sinir sisteminin yapısal ve işlevsel merkezidir. Beyin ve omurilikten oluşur, duysal bilgileri birleştirir, değerlendirir ve verilecek yanıtları başlatır.

Periferik Sinir Sistemi, sinir sisteminin “dış” alanlarındadır. Kafa sinirleri beyinden, spinal (omurilik) sinirler omurilikten çıkarlar. Aferent sinir sistemi sisteme gelen tüm duysal yollardır.

Eferent sinir sistemi de sistemden çıkan tüm motor yollar tarafından oluşturulur.

Eferent sistemin iki bölümü mevcuttur:

1. Somatik sinir sistemi: bilgi ya da emirleri somatik efektör de denen iskelet kaslarına taşır.
2. Otonom sinir sistemi: bilgi ya da emirleri otonom ya da organsal efektörlere yani düz kaslar, kalp kası ve bezlere taşır. Sempatik sinirler vücudu iç ve dış ani değişikliklere karşı hazırlar- kaç ya da savaş yanıtı. Parasempatik sinirler vücudun dinlenim hali aktivitelerini ya da dinlen- onar yanıtını koordine eder.

SİNİR SİSTEMİ HÜCRELERİ:

Sinir sitemini iki ana tip hücre oluşturur: nöronlar ve nöroglia. Nöronlar uyarılabilir hücrelerdir ve uyarıları taşıyarak sinir sistemi işlevlerini yerine getirirler. Nöroglia veya nöroglial hücreler bilgi taşımazlar ancak nöronların işlevlerini çeşitli yollarla desteklerler. Nöroglia sayısı 900 milyar kadardır. Nöronların tersine bölünebilirler.

Beş ana nöroglia vardır: astrositler, mikrogliyal hücreler, epandimal hücreler, oligodendrositler ve Schwann hücreleri.

Astrositler: en büyük ve en çok sayıdaki nöroglidir ve yıldız şeklindedir. Beyindeki kapiller damarlarda sıkı kılıflar oluştururlar ki bunlar da kan-beyin bariyerini meydana getirir.

Mikrogliyal hücreler: küçük ve genellikle hareketsiz hücrelerdir. Beyin dokusunda iltihap oluştuğunda büyürler, hareket kazanırlar ve fagositoz yaparlar.

Epandimal hücreler: epitel hücrelere benzerler ve içi sıvı dolu MSS boşluklarında ince bir örtü oluştururlar. Bazısı sıvı oluştururken diğerleri sıvı dolaşımına yardımcı olur.

Oligodendrositler: Astrositlerden daha küçüktür ve daha az sayıda uzantıları vardır. Miyelin kılıfları yapmak üzere sinir liflerini bir arada tutar.

Schwann hücreleri: sadece periferik sinir sisteminde bulunur. Sinir liflerini destekler ve miyelin kılıfları yapar. Miyelin kılıflarındaki boşluklara **Ranvier düğümleri** denir.

- ANATOMİK OLARAK
 - o Merkezi (Santral) Sinir Sistemi
 - Beyin ve Medulla Spinalis'ten oluşur
 - o Periferik (Çevresel) Sinir Sistemi
 - Kraniyal (12 çift) ve spinal sinirlerden (31 çift) oluşur
- FİZYOLOJİK OLARAK
 - o Somatik (SSS) Sinir Sistemi
 - Kaslar, deri ve müköz membranları innerve eder
 - o Otonom Sinir Sistemi
 - İç organların kasları, salgı bezleri ve kan damarlarının aktivite kontrolü
 - Bu yapılardan beyne gelen duysal uyarıların kontrolü

NÖRONLAR:

İnsan beyinde 100 milyar nöron olduğu tahmin edilmektedir ve beyindeki hücrelerin yaklaşık %10'u kadardır. Nöronların çeşitli bileşenleri vardır:

Nörofibriller: Nöronların hücre iskeleti tarafından yapılan mikroflaman ve mikrotübül demetleridir. Nöronun bir ucundan diğerine moleküllerin hızlı bir şekilde gitmesini sağlar.

Nissl cisimleri: Bir nöronun diğerine sinir impulslarının geçmesi için gerekli protein moleküllerini sağlar. Sinir liflerinin idamesi ve yeniden yapımı için protein sağlar.

Dendritler: Her nöron hücre cisiminden çıkan bir ya da daha çok dendrite sahiptir. Dendritler sinir impulslarını nöronun hücre cismine taşırlar. Duysal sinir dendritlerinin distal uçları reseptördür.

Aksonlar: Sinir hücresinden tek bir uzantı olarak çıkar ve genellikle miyelin kılıf ile kaplıdır. İmpulsları nöron hücre cisiminden ileriye iletir. Distal uçlarında teledendria vardır ve bunlar sinaptik düğümlerde sonlanır.

NÖRONLARIN İŞLEVSEL SINIFLANDIRILMASI:

Aferent (duyusal) nöronlar impulsları omurilik ve beyine taşır. Eferent (motor) nöronlar. Uyarıları beyin ve omurilikten uzağa, kas ve salgı bezlerine taşır.

I. Aferent Nöronlar

Reseptörden MSS'ne bilgi taşır
Hücre gövdesi ve aksonları vardır
Dendritleri yoktur; diğer nöronlardan uyaran almazlar

II. Eferent Nöronlar

Bilgiyi MSS'nin dışına kas, salgı bezleri ve diğer nöronlara taşır
Hücre gövdesi, dendritleri ve aksonları vardır

III. Ara nöronlar

Entegrasyon ve sinyal değiştirici görev yapar
Refleks arkında nöronları aferent ve eferent olarak düzenler
Nöronların yaklaşık %99 dur.

Nöronlar bilgi iletiminde elektriksel sinyalleri kullanırlar

DİNLENİM POTANSİYELİ

- Sinir ve kas gibi uyarılabilir hücrelerin uyarı almadıkları durumda sahip olduğu membran potansiyelidir
- Dinlenim potansiyelinin büyüklüğü
 - Hücre içi ve dışındaki iyon konsantrasyonuna
 - Membranın iyonlara seçici geçirgenliğine bağlıdır

AKSİYON POTANSİYELİ

- Elektriksel, kimyasal ve mekanik uyarılar membrandaki sodyum geçirgenliğini artırarak dinlenim potansiyelini değiştirirler.
- Dinlenim potansiyeli sıfıra yaklaşır, membran depolarize olur

- Sodyum hücre içine girer potasyum hücre dışına çıkar
- Aksiyon potansiyeli akson boyunca ilerleyen depolarizasyon dalgasıdır

AKSİYON POTANSİYELİNİN İLETİMİ:

Aksiyon potansiyelinin tepe noktasında plazma membranı polaritesi dinlenim membran potansiyeli polaritesinin tersi olur. Polaritenin terse dönmesi, elektriksel akımın aksiyon potansiyeli yerinden membranın komşu bölgelerine akmasına neden olur. Komşu segmentte sodyum kanalları açılır ve aksiyon potansiyeli ortaya çıkar. Bu döngü ilerleyerek devam eder. Bir önceki bölge refraktör periyotta olduğundan aksiyon potansiyeli geriye doğru gidemez.

Miyelinli liflerde elektrik şarjı sadece Ranvier düğümlerinde olduğundan bu tarz iletiye **sıçrayıcı ileti** denir ve hızlıdır. Sinir iletim hızı, sinirin çapına ve miyelin kılıfının olup olmamasına bağlıdır.

DUYSAL SİNİRLERİN SINIFLANDIRILMASI

Duysal sinirler aksonlarının çapı ve sinir ileti hızlarına göre sınıflandırılırlar. Romen sayıları ile aksonların büyüklükleri Latin harfleri ile ileti hızları belirtilir.

Duysal Sinirlerin Sınıflandırılması

Çap	Hız	Lif tipi	Akson çapı	İleti hızı
I	A α	miyelinli	12-20 μ m	80-120 m/s
II	A β	miyelinli	6-12 μ m	35-75 m/s
II	A δ	Miyelinli	1-6 μ m	5-30 m/s
IV	C	miyelinsiz	< 1 μ m	0.5-2 m/s

Nöronlar diğer hücreleri sinaptik bağlantılar aracılığıyla uyarır

SİNAPTİK İLETİ:

Sinapsın Yapısı:

- Sinaptik düğüm: Presinaptik nöron aksonunun son dalının ucundaki küçük çıkıntıdır.
- İçinde nörotransmitter bulunan vezikülleri içerir.
- Sinaptik aralık: Sinaptik düğüm ile postsinaptik sinirin plazma membranının arasındaki alandır.
- Postsinaptik nöron membranı: burada nörotransmitterler için reseptör görevi yapan protein molekülleri vardır.

Sinaptik iletinin mekanizması:

1. Aksiyon potansiyeli sinaptik düğüme ulaşınca kalsiyum iyonlarının düğüm içine sızmasına neden olur.
2. Düğüm içinde kalsiyum konsantrasyonunun artması, nörotransmitterlerin ekzositoz yolu ile salınmasına neden olur.
3. Nörotransmitter molekülleri sinaptik aralık içine yayılır ve reseptör moleküllerine bağlanarak iyon kapılarını açarlar.

4. İyon kanallarının açılması ya uyarıcı postsinaptik potansiyele (EPSP) ya da inhibe edici postsinaptik potansiyele (IPSP) yol açar.
5. Nörotransmitter etkisi, ya nörotransmitterin sinaptik düğüme transportu ile ya da nörotransmitterlerin parçalanması ile sona erer.

SUMASYON:

Spasyal (uzaysal) Sumasyon: aynı anda aktive edilen düğümlerin etkileri aksiyon potansiyeli oluşturacak şekilde toplanarak, postsinaptik membranda değişik yerlerin uyarılmasıdır.

Temporal (zamansal) Sumasyon: sinaptik düğümler postsinaptik nöron membranını hızlı aralarla uyardıklarında etkileri kısa bir zaman dilimi içinde toplanarak aksiyon potansiyeli ortaya çıkartır.

REFLEKS ARKI:

Üçlü nöron arkı: çoğunlukla aferent nöron, internöron ve eferent nöronlardan oluşur. İkili nöron arkı: en basit şekildedir. Aferent ve eferent nöronlardan oluşur.

Sinaps: Sinir impulslarının bir nörondan diğerine iletiildiği yerdir. Bir nöronun sinaptik düğümü ile başka bir nöronun dendriti ya da soması arasındadır.

PERİFERİK SİNİR SİSTEMİ:

Periferik sinir sistemi, 12 çift beyinden çıkan kraniyal (kafa) siniri ve 31 çift omurilikten çıkan spinal sinirden ve bu sinirlerden ayrılan dallardan oluşur.

Duysal sinir sisteminin bir parçası olan afferent sinir lifleri, iç ve dış çevremizdeki değişiklikleri saptayarak, homeostazisin sağlanabilmesi için gerekli bilgileri MSS'ne götürür.

Efferent sinir lifleri bilgiyi MSS'nden çevreye götürür. Bunlar somatik sinir sistemine ait olabilecekleri gibi otonom sinir sistemine de (OSS) ait olabilirler. Otonomik denetleme düz ve kalp kasları ve salgı bezleri üzerinedir.

PERİFERİK SİNİR SİSTEMİ

Somatik

- Sinirler ve Pleksuslar
- İstemli kontrol
- İskelet kaslarını kontrol eder
- Hareketi uyarır

Otonom (Sempatik ve Parasempatik)

- Sinirler, gangliyonlar ve pleksuslar
- İstemsiz kontrol
- Düz kasları, salgı bezlerini, ve kalp kasını kontrol eder
- Hareketi uyarır veya baskılar

OTONOM SINİR SİSTEMİ

Otonom sinir sistemi (OSS) periferik sinir sisteminin (PSS) eferent alt bölümüdür. Viseral efektör organlara eferent nöronların iletilerini taşır. Ana işlevleri, homeostazı sağlamak üzere kap atışları ve kasılma gücü, düz kas kasılmaları ve glandüler salgıları düzenler. Sempatik ve parasempatik olmak üzere iki bölümü vardır.

Sempatik bölüm ve parasempatik bölümün etkileri antagonistiktir yani birbirinin tersidir. Biri efektörü uyarıyor ise diğeri inhibe eder. Bunun sayesinde efektörler daha iyi denetlenir.

OSS'NİN YAPISI

- 1- **Pregangliyonik nöron:** impulsları MSS'nden otonom gangliyonlara taşır.
- 2- **Post gangliyonik nöron:** pregangliyonik nöronun otonom gangliyonda sinaps yaptığı efferent nöronudur.
Somatik motor sinir sisteminde somatik efektörlerin iletimi için bir efferent nöron yeterlidir.

SEMPATİK YOLLARIN YAPISI

Sinaps yapmadan sempatik zincir gangliyonlarını geçen pregangliyonik nöronlar splanik sinirler ile diğeri **sempatik gangliyonlara** giderler.

Kolleteral gangliyonlar yakınlarındaki damarlara göre isim alırlar (çöliyak gangliyonu, mezenterik gangliyon v.s). Çöliyak gangliyona giren bazı pregangliyonik lifler burada da sinaps yapmadan adrenal beze gelerek, buradaki postgangliyonik nöronlarla sinaps yaparlar ve sonuçta kana çoğu **adrenalin** olan nörotransmitterler salınır.

Bu kimyasal haberciler çeşitli sempatik efektöre kan yolu ile ulaşarak sempatik etkilerin uzun sürmesini sağlar. Bazı postgangliyonik aksonlar gri ramus denilen kısa bir dal ile spinal sinirlere geri döner.

Spinal sinir içindeki bu postgangliyonik lifler çeşitli somatik efektörlere giderler. Sempatik bölümde pregangliyonik nöronlar göreceli olarak kısa, postgangliyonik lifler ise göreceli olarak uzundur.

Sempatik pregangliyonlar pek çok postgangliyon ile sinaps yapar ve bunlar da birbirlerinden geniş mesafelerle ayrılmış organlara ulaşırlar. Bu nedenle sempatik yanıtlar pek çok organı içerecek şekilde **yaygın ve kapsamlıdır**.

PARASEMPATİK YOLLARIN YAPISI

Parasempatik pregangliyonik nöronların somaları ve dendritleri beyin sapı nukleusları ve sakral omuriliğin lateral gri kolonlarında bulunduğuundan kranyosakral bölüm adını da alır.

Parasempatik bölümde postsinaptik nöronların aksonları yakındaki otonom efektörlere gittiğinden parasempatik uyarılma genellikle **bir organa ait yanıtları** içerir.

OTONOM NÖROTRANSMİTERLER

Otonom sinirlerin akson terminalleri **noradrenalin** ya da **asetilkolin** nörotransmitterlerinden birini salgılar. Noradrenalin salgılayan aksonlara adrenerjik lifler, asetilkolin salgılayanlara da kolinerjik lifler denir.

Tüm pregangliyonik liflerden asetilkolin salgılanır. Yani, pregangliyonik sempatik ve parasempatik nöronların aksonları kolinerjiktir.

Postgangliyonik parasempatik aksonlarından ve ter bezlerine ve bazı kan damarlarına giden postgangliyonik sempatik aksonlardan da asetilkolin salgılanır.

Diğer postgangliyonik sempatik aksonlardan ise noradrenalin salgılanır.

OTONOM SINIR SİSTEMİ'NİN İŞLEVLERİ

OSS bir bütün olarak homeostazı sürdürmek ya da hızla eski haline getirmek üzere otonom efektörleri düzenler.

Hem sempatik hem de parasempatik bölümleri tonik olarak aktiftir. Yani, sürekli otonom efektörlere impuls yollarlar. Sıklıkla birbirlerine ters etkilerde bulunurlar. Buna **otonomik antagonizm ilkesi** denir. İki sistem tarafından innerve edilen efektörler sürekli olarak hem sempatik hem de parasempatik uyarılma altındadır. İki uyarı türünün toplamı baskın etkinin yönünü tayin eder.

Aslında otonom sistemi adının düşündürdüğü gibi özerk değildir. Otonom merkezlerden gelen impulsların etkisi altındadır. Otonom merkezler bir hiyerarşik düzen içinde çalışır. En üst düzeyde serebral korteks (frontal lob ve limbik sistem) vardır.

Bu merkezlerdeki nöronlar özellikle hipotalamus olmak üzere diğer otonomik merkezlere impuls yollarlar. Daha sonra da hipotalamus parasempatik ve sempatik pregangliyonik nöronlara uyarıcı ya da inhibe edici impulslar yollar.

Parasempatik

- Vücudu sakinleştirir, acil durum geçtikten sonra işlevleri normal durumuna döndürür.
- Dinlenme ve sindirim
- Anabolik

Sempatik

- Vücudu stresli acil durumlara yanıt vermeye hazırlar.
- Savaş veya kaç reaksiyonu
- Katabolik

Sempatik ve Parasempatik Sinir Sisteminin Kimyasal İleticileri

Kolinerjik (Asetil kolin salgılayan) olan nöronlar

- Tüm pregangliyonik nöronlar,
- Parasempatik postgangliyonik nöronlar,
- Ter bezlerini innerve eden sempatik postgangliyonik nöronlar,
- İskelet kasındaki kan damarlarında sonlanan sempatik nöronlar.

Postgangliyonik sempatik nöronların geri kalanı noradrenerjik'tir.

OTONOM SİNİR SİSTEMİ NÖROTRANSMİTERLERİ PARASEMPATİK

PREGANGLİYONİK : ASETİLKOLİN

POSTGANGLİYONİK: ASETİLKOLİN

SEMPATİK

PREGANGLİYONİK: ASETİLKOLİN

POSTGANGLİYONİK: NOREPİNEFRİN

ADRENAL MEDULLA: PREGANGLİYONİK: ASETİLKOLİN

KAN DOLAŞIMI YOLUYLA: EPİNEFRİN

(NOREPİNEFRİN, DOPAMİN,
PEPTİTLER)

SİNİRLER VE TRAKTUSLAR:

Periferik sinir lif demetleri birkaç tabakalı bağ dokusu tarafından bir arada tutulur. Endonörium: her bir sinir lifini çeviren ince bağ dokusu tabakasıdır.

Perinörium: fasikülleri (lif demetleri) sarar.

Epinörium: Tam bir sinir oluşturmak üzere tüm demetleri ve kan damarlarını saran fibröz tabakadır.

Merkezi sinir sistemi içindeki sinir lifi demetlerine traktuslar denir. Beyaz cevher, periferik sinir sisteminde miyelinli sinirlerden, merkezi sinir sisteminde miyelinli traktuslardan oluşur.

Gri cevher: Sinir somaları ve miyelinsiz liflerden oluşur. MSSde nukleuslar, PSS de ise gangliyonlar adını alır.

Karışık sinirler: Hem duysal hem de motor sinirleri içerir.

SİNİR LİFLERİNİN TAMİRİ:

Olgun sinir hücrelerinin bölünme yeteneği yoktur, bu nedenle sinir dokusu hasarı kalıcıdır. Nöronların kendi kendilerini onarma kapasiteleri sınırlıdır. Eğer hasar çok yaygın değilse, hücre soması ve nörolemma sağlam ise ve skar dokusu oluşmamışsa sinir lifleri onarılabilir. Beyin ve omurilik hem kolayca hasarlanabilen hem de son derece hayati organlar oldukları için iki temel koruyucu örtüleri vardır. Dış koruyucu kemiklerden oluşur: beyni kafatası kemiği, omuriliği omurga kemiği. İç koruyucular ise meninkslerdir.

Omuriliğin meninksleri spinal kanalın içinde omuriliğin son ucunun ötesinde de devam eder.

Meninkslerin üç membranöz tabakası vardır:

1. Dura mater. Güçlü, beyaz fibröz bir dokudur. Meninkslerin dış tabakasıdır ve kafa kemiklerinin iç periostudur.
2. Araknoid membran: duramater ile piamater arasındaki hassas ve örümcek ağı bir yapıdır.

3. Pia mater: en içteki transparan örtüdür. Beynin ve omuriliğin dış yüzeyine yapışır. Kan damarları içerir. Omuriliğin ötesinde filium terminale denen ince bir filamanı oluşturur. Sakrum seviyesinde duramater ile fibröz bir kordon oluşturarak birleşir ve kemik periyostuna yapışır.

Meningsler arasında ve etrafında çeşitli boşluklar vardır:

1. Epidural boşluk: dura mater ile beyni ve omur iliği çevreleyen kemiklerin iç kısımları arasındadır. Bağ dokusu dışında destekleyici yastık görevi yapan yağ dokuya sahiptir.
2. Subdural boşluk: Dura mater ile araknoid membran arasındadır. Kayganlaştırıcı seröz bir sıvı içerir.
3. Subaraknoid boşluk: araknoid ile pia mater arasındadır. Önemli miktarda serebrospinal sıvı içerir.

NÖRONAL DEJENERASYON VE REJENERASYON

- Erişkin İnsan Beynindeki Sinir Hücreleri (Nöronlar)
 - Birkaç istisna dışında bölünemez ve rejenere olamazlar
- Erişkin beynindeki rejenerasyon bölgeleri:
 - Subventriküler bölge
 - Hipokampus (dentat girus)
 - Koku (olfaktör) epiteli
- Periferik sinir sisteminde sinir aksonları iç miyelin kılıf ve dış hücresel kılıf (nörolemma) ile kaplıdır. Her iki kılıfta Schwann hücreleri tarafından oluşturulur ve nöron onarımında önemli rol oynar. Miyelin beyaz, yağlı yapıda ve sinir uyarısının izole edilmesini sağlayan yapıdır. MS (Multiple Skleroz)'da miyelin hasarı vardır, miyelinin yerini glial hücrelerin oluşturduğu sert bir matriks alır. Bu nöronlar uyarıyı iletemez ve nörolojik fonksiyonlar yavaşlar.

PSS Schwann Hücreleri

- Bir Schwann hücresi:
 - Aksonu miyelinize eder
- Dejenere olan aksonların fagositozu
- Nörotrofik ajanların (örn., sinir büyüme faktörü; NGF) sentezlenmesi ve salınmasıyla proksimal sinir kökünde akson rejenerasyonunu uyarır

Hasar Gören Sinir Sistemi

- Sinir sisteminde hasar genellikle akson kaybına yol açar (aksotomi)
- PSS'de aksonlar rejenere olabilirler, fakat MSS'de rejenere olamazlar

Glia hücreleri:

- PSS → *Schwann hücreleri* → hasardan sonra akson gelişimini destekleyen proteinler yapar ve rejenerasyonun doğru yolak üzerinde gelişmesini yönlendirir

➤ MSS → *oligodendrositler* → akson gelişimini inhibe eden proteinler salgırlar; *astrositler* → hasardan sonra artarlar ve aksonların rejenerasyonunu engelleyen skar dokusunu yaparlar

- Periferik bir sinirde yaralanma bölgesinin distalindeki dejeneratif yanıtı Waller, (anterograd, ortograd, veya ikincil) dejenerasyon adı verilir. Kesilme veya ezilme sonucunda, yaralanma bölgesinin distalindeki tüm akson ve miyelin kılıfı parçalanır ve fagosit edilir.
- Waller dejenerasyonu sadece yaralanma bölgesinden ortograd yönde geliştiği için, proksimal taraftaki akson ve miyelin kılıfı normaldir.

MSS’de akson rejenerasyonu devam etmez: Glial Skar Dokusu oluşur

SOMATİK DUYULAR

Deri dokunma, ağrı ısı gibi duyuları kodlayan reseptörler içerir. Deriyi yaklaşık bir milyon duyusal sinir innerve eder. Bunların çoğu miyelinsizdir ve kaba dokunma ve mekanik duyuları iletirler. Daha az sayıdaki miyelinli grup II lifler ise dokunma titreşim ve basıncın değişik özelliklerini kodlar. Somatik duyular ile ağrı, ısı, basınç, dokunma, vücut pozisyonu, kaslardaki gerilim, açlık susuzluk tespit edilir.

Üç tip somatik duyu reseptörü vardır.

- 1- Eksteroseptörler: vücut yüzeyinde yer alan duyu reseptörleridir.
- 2- Proprioseptörler: kas ve eklemlerde yer alan reseptörlerdir.
- 3- Viseroseptörler: iç organlarda bulunan reseptörlerdir.

DOKUNMA VE BASINÇ RESEPTÖRLERİ

Bunlar şekil ya da yerlerini değiştiren uyarılara yanıt veren eksteroseptörlerdir.

AĞRI VE ISI RESEPTÖRLERİ

Bunlar çok yaygın olarak dağılmış eksteroseptörler ve viseroseptörlerdir. Değişik tipte uyarıya yanıt verebilen serbest sinir uçlarıdır.

Termoreseptörler adı verilen ısı reseptörleri küçük miyelinle (A-delta) ve miyelinsiz C sinir lifleri serbest uçlarında bulunur.

Ağrı impulsları serbest sinir uçlarından beyine iki çeşit sinir lifi tipi ile taşınır. Akut lifler (A-delta) keskin, şiddetli ve lokalize ağrı duyularını iletir. Kronik lifler (C) künt ve sancı şeklindeki ağrı duyularını iletir. Ağrı reseptörlerine nosiseptörler de denir. Nosiseptörlere ait sinir ileticisi substans P ve glutamattır. İki tip ağrı vardır: 1- Hızlı ağrı; belirgin, iyi lokalize edilen, iğne batması gibi bir his uyandıran ağrı. Bu ağrı A-delta liflerle iletilir; 2- Yavaş ağrı; iyi lokalize edilme, künt, yanıcı, sızlayıcı karakterdedir. C tipi liflerle iletilir.

Ağrı Refleksleri: Hızlı ağrı geri çekme refleksi ve kan basıncı artışı ve enerji açığa çıkartılması gibi sempatik yanıtlar ortaya çıkartır. Yavaş ağrı ise bulantı, aşırı terleme, kan basıncının düşmesi ve iskelet kası tonüsünde

genel azalmaya neden olur (kaslar, kan damarları ve organlardan kaynaklanan ağrılar).

GERİLİM RESEPTÖRLERİ

Bunlar propriyoseptörler (derin duyu reseptörleri) adını alan kas ve tendonlarla ilgili reseptörlerdir.

Kas içcikleri: Kas uzunluğu ile ilgili bilgi sağlar. Gevşek bir kas belirli bir sınıra kadar uzadığında gerilme refleksine yol açarak kasın kasılarak kısalmasına neden olur.

Böylece vücudun duruş ve pozisyonunu ayarlanmasına, ekstremitelerin yer çekimi karşısında karşı koymasını sağlar. Bu duyumlar ağrı ısı gibi özel hisler çıkarmadıklarından bilinç düzeyinde fark edilemezler.

Golgi tendon reseptörleri kas içciklerinin tersine hareket eder. Aşırı kasılmalar sonucu uyarılırlar. Tendonların kemiklere yapışma noktalarında bulunurlar, uyarıldıklarında kasları gevşetirler. Böylece kasların aşırı kasılması ve yırtılması engellenir.

Somatoduysal (somatosensoriyel) Sistem dokunma, hareket, sıcaklık ve ağrı duyularını kapsar ve aşağıdaki yollar ile iletilir:

- 1- **Arka Kordon Medial Lemniskal Sistem:** Ayrıntılı dokunma, basınç, iki nokta ayrımı, titreşim ve durum duyusu (proprioepsiyon) gibi duyuları taşır. Esas olarak Grup II sinir liflerinden kurulmuştur.
- 2- **Anterolateral Sistem:** Sıcaklık, ağrı, kaba dokunma duyularını işlemler. Omuriliğe giren arka boynuzda sonlanan grup III ve IV liflerden oluşur.

Somatoduysal korteks alanları SI ve SII adını alır. Burada vücut talamusta olduğu gibi topografik olarak temsil edilmiştir. Buna **somatotropik harita ya da düzenlenme** denir. En geniş alanlar **yüz, eller ve parmakları** temsil eder.

Sinir Sistemi

(Motor Kontrol, Hareket, Derin Duyu, Kemik-Veter Refleksi)

Dr.Ümmühan Işoğlu Alkaç
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı

İstemli Hareketin Motor Kontrolü

Akılda Tutulması Gerekenler:

- Motor Sistemler ve Merkezleri
- Motor İşlevlerde Omuriliğin Organizasyonu
- Omurilik Refleksleri
- Kas Reseptörleri
- Motor Korteks
- Motor Korteksten Kaslara Bilgi Taşıyan Yollar
- İstemli Hareketin Düzenlenmesi

MOTOR KONTROL SİSTEMLERİ

I- Serebral Korteks: İstemli hareketler için düşünceyi oluşturur ve bunların yürütülmesi için emirleri yayımlar.

II- Subkortikal Merkezler: Hareketlerin düzenli yapılabilmesi için motor emirleri koordine edip düzenler.

- A- **Bazal Gangliyonlar:** Motor işlevlerin yerine getirilmesi için duruş desteğini sürdüren motor paternleri sağlar.
- B- **Serebellum:** Motor korteksten motor hareketin doğası hakkında bilgi alır ve bunu omurilikten gelen hareketin nasıl yapıldığına dair bilgi ile karşılaştırarak istemli hareketlerin düzgün bir şekilde yerine getirilmesini sağlar.
- C- **Beyin Sapı:** Mutlak kesinlik gerektiren motor hareketler dışındaki tüm motor emirlerin esas aktarma bölgesidir. Ayrıca motor etkinlik sırasında normal vücut duruşunun sağlanmasından sorumludur.

- İstemli ve amaçlı hareket motor merkezlerin duysal merkezlerle bağlantıları sonucu gelişebilir
- Duysal sistemler fiziksel enerjiyi sinirsel uyarılara dönüştürür
- Motor sistemler de sinirsel sinyalleri kas kasılma kuvvetine dönüştürür
- Motor Sistemler
 - Refleks
 - Ritmik ve
 - İstemli hareketleri oluşturur

Refleks

- Bir uyarana karşı oluşan istemsiz koordineli kasılma ve gevşeme
 - Merkez: Medulla spinalis

Ritmik (stereotipik) hareket

- Kendiliğinden veya bir uyarana karşı oluşan tekrarlayan ritmik motor hareketler; Çiğneme, yürüme, koşma

- Merkez: Medulla spinalis, beyin sapı

İstemli hareket

- Amaçlı
- Dış veya iç uyarana yanıt olarak; Yapararak gelişen ve öğrenen
 - Merkez: Korteks
 - Alt merkezler (omurilik, beyin sapı, bazal gang, serebellum)
- Motor sistem tekrar yaparak öğrenir
- Performans tekrarlarla artar
- Kortikal plastisiteye bağlıdır
- Öğrenildikten sonra motor programlar kolayca, düzgün ve otomatik yapılır
- İskelet kasları MSS'nin farklı düzeylerinde kontrol edilir:
 - Omurilik; refleksler
 - Medulla, pons ve retiküler madde
 - Bazal gangliyonlar
 - Serebellum
 - Motor korteks; kortikospinal yol

OMURİLİK (Medulla Spinalis):

Omurilik omurga boşluğunda bulunur, uzunluğu yaklaşık 45 cm.dir. Spinal boşluğu tamamen doldurmaz içeride meninksler, BOS, yağ doku yastığı ve kan damarları da vardır. Oval bir silindir şeklindedir. Yukarıdan aşağı doğru inceleyerek omurilik boşluğunda ilerler. Biri servikal (boyun), diğeri lumbal (bel) bölgesinde olmak üzere iki çıkıntısı vardır.

Omurilikte dorsal (sırt) ve ventral (karın) sinir kökleri bulunur. **Dorsal sinir kökü lifleri:** duysal bilgileri omuriliğe taşır. Dorsal kök ganglionu: dorsal sinir kökünde duysal nöronların ünipolar sinir somaları tarafından oluşturulan gri cevher bölümüdür.

Ventral sinir kökü lifleri, motor bilgileri omurilik dışına taşır.

Multipolar motor sinirlerin hücre somaları omurilik gri cevherindedir. Omurilikteki internöronlar (ara nöronlar) omurilik gri cevherinin merkezindedir.

Spinal sinir: Omuriliğin her bir yanında dorsal ve ventral sinir köklerinin birleştiği yerde tek bir miks (karışık) sinirdir.

GRI CEVHER: Gri cevher omurilik boyunca uzanır. Büyük oranda motor nöronlar ile ara nöronların hücre somalarından oluşur. Omurilik transvers olarak kesildiğinde gri cevher “H” harfi şeklinde ortaya çıkar.

Uzantılarına lateral (yan), anterior (ön) ve posterior (arka) boynuzlar adı verilir.

BEYAZ CEVHER:

Gri cevherin etrafında yer alır. Omuriliğin her bir yarısında üçe bölünür:

Anterior (ön), posterior (arka) ve lateral (yan) beyaz kolonlar. Her bir funnikulus traktuslara ayrılmış olan büyük akson demetleri içerir.

Spinal traktuslar isimlerini omurilikte işgal ettikleri yere, aksonların orijin aldığı ve sonlandığı yapıya göre alırlar.

OMURİLİĞİN İŞLEVLERİ:

Beyinden çevreye, çevreden beyine iki yönlü bir iletim yolu oluşturur. Çıkıcı (ascendan) yollar impulsları omurilikten yukarı beyine taşır. İnici (descendan) yollar, impulsları beyinden omuriliğe, aşağı doğru taşır. Bütün bu yolları akson demetleri meydana getirir. Yollar sinir liflerinin hem yapısal hem de işlevsel organizasyonu sonucu ortaya çıkarlar. Yapısal organizasyon: bir yola ait tüm aksonlar aynı yapıdan kaynaklanıp aynı yapıda sonlanırlar. Bir yolu oluşturan akson lifleri tek bir genel işlevi yerine getirirler.

Omurilik, tüm **omurilik (spinal) refleksler** için merkezdir. Spinal refleks merkezleri omuriliğin gri cevherinde yer alır.

Motor İşlevlerde Omuriliğin Organizasyonu

- Duysal uyarılar omuriliğe tamamen posteriyor köklerle girer
 - Bir bölümü omurilik gri maddede sonlanır ve lokal refleksleri oluşturur
 - Uyarıları sinir sisteminin daha üst düzeylerine yollar
- Duysal nöronlar dışında ön motor ve aranöronlar vardır.

Ön motor nöronlar

- Alfa motor nöron
 - A α : Büyük iskelet kaslarını (ekstrafüzal lifleri) innerve eder
 - Sinir lifi+ uyardığı kas lifleri= Motor ünite
- Gama motor nöron
 - A γ : Küçük iskelet kaslarını (intrafüzal lifler) innerve eder
 - İntrafüzal lifler; kas tonusunun kontrolüne yardımcı olan kas içiciklerinin orta bölümünü oluşturur

Aranöronlar

- Omurilik gri maddesinin bütün alanlarında bulunur, çoğu ön motor nöronları uyarır
- Kortiko-spinal yolların çoğu ara nöronlarda sonlanır
 - **Renshaw hücresi:**
 - Omurilik ön boynuzda bulunur
 - Motor nöronlarla bağlantılıdır
 - Baskılayıcı (inhibitör) hücrelerdir
 - **Lateral inhibisyon:** motor sistemin sinyali odaklaştırması (keskinleştirmesi)

OMURİLİK REFLEKSLERİ:

DERİ REFLEKSLERİ:

En önemli deri refleksi çekme (**fleksör**) reflekstir. Vücudun acı veren bir uyarıdan uzaklaştırılmasını sağlar. Bu refleksin reseptörleri A-delta ve C tipi serbest sinir uçlarındaki nosiseptörlerdir. Efektör organ ise fizyolojik manada fleksiyon yapan kaslardır. Örneğin sıcak bir şeyi elimizde tuttuğumuzda parmakların açılmasını anatomik olarak ekstansiyon kasları olsa da, çekme refleksinde rol aldıklarından fleksör olarak kabul edilirler.

Polisinaptik (multisinaptik) Yollar: Çekme refleksi deride ağrı uyanması sonucu refleks yolların alfa motor sinirlere ulaşan uyarının etkisi ile ortaya çıkar. Omuriliğe gelen afferent lifler önce ara sinirleri uyarır. Bunlardan bir kısmı MMS'ne giderken diğerleri uzvun geri çekilmesini koordine eder. Duysal reseptörlerin ateşlemesi bitmesine rağmen refleks çekmenin devam etmesine **art-deşarj** denir. Acı verici uyarı sonucu sadece etkilenen uzvun geri çekilmesine **yerel işaret (local sign)** denir. Ancak acı verici uyarı çok güçlü ise çok sayıda kas etkinleşir buna da **irradiasyon** adı verilir.

Çapraz Ekstansör Refleks: Çekme refleksi yürütülürken ara sinirler aracılığı ile karşı tarafın ekstansörleri uyarılır. Böylece özellikle alt ekstremitelerde bir uzuv çekilirken diğer taraf ona destek olmuş olur.

Refleks yolu bir grup alfa motor siniri uyarırken onun antagonistlerini de inhibe edilir. Buna **resiprokal innervasyon** denir. Böylece fleksiyon ile uzvun geri çekilmesi ekstansör kaslar tarafından engellenmemiş olur.

- Fleksör refleksi; ağrıyan veya irritasyona uğrayan vücut bölümünü uyarandan uzaklaştırır
- Bir ekstremitede fleksör refleksi oluşunca karşı ekstremitede çapraz ekstansör refleksi olur
- Bir kasın uyarılması diğer grup kasın baskılanmasına neden olur; resiprok baskılama

KAS REFLEKSLERİ: Kaslarla ilgili refleksler gerilme refleksi ve uzama reaksiyonudur.

Gerilme refleksi kasın gerilmesi sonucu kasta refleks kasılmaya neden olur. Reseptörü **kas içiği**dir. Kaslardaki kas içiği sayısı o kasın yaptığı işlevlere bağlıdır. Ayrıntılı hareketler yapan kaslardaki içiklerin sayısı kaba hareketler yapan kaslardaki içiklerin sayısından fazladır. Örneğin ellerdeki kaslarındaki içikler daha fazladır. İğ şeklindeki karmaşık kapsüllü reseptörler hem duysal hem de motor innervasyona sahiptir. Kas içikleri kasılabilir (ekstra-füzal) kas liflerine paralel düzenlenmiştir. Kas boyunun değişimlerine (statik) ve kas boyunun değişim hızına (dinamik) duyarlıdır. Bu değişimleri Grup Ia ve Grup II (statik) lifler merkeze getirir. Kas içiklerinde iki tip lif vardır: 1- çekirdek kesesi lifler merkezlerinde kese şeklinde bir bölgede toplanmış çekirdeklere sahiptir ve uzama değişim hızını saptarlar. Grup Ia tarafından innerve edilirler; 2- çekirdek zinciri lifler kas boyundaki statik değişimleri saptar, grup Ia ve grup II afferentler tarafından innerve edilirler.

Kas gerildiği (boyu uzadığı) zaman kas içiği de gerilir ve afferent lifleri uyarılır. Bunların Grup Ia uyarılması omurilikteki alfa motor sinirleri uyarır. Bu kasta kasılma ve kısılmaya neden olur.

Gamma-motor sinirleri intra-füzal lifleri innerve ederler. Kas içiğinin duyarlılığını ayarlarlar. Alfa motor sinirlerle beraber etkinleştiklerinden kasılma ile meydana gelen değişikliklere duyarlı olurlar.

Gerilme reflekslerine miyotatik reflekste denir. Monosinaptiktir, art-deşarj ve irradiasyon göstermez. Bunlarda da resiprokal innervasyon vardır, kısa latansa sahiptirler.

Kas duysal reseptörleri

- Kas içcikleri
 - Kasın boyundaki değişim bilgilerini sinir sistemine gönderir
 - Germe eyleminde vücut pozisyonunu sabitleştirir
- Golgi tendon organları
 - Kas tendonunda yer alır
 - Tendonun gerimi veya gerimin değişim hızı bilgilerini iletir
 - Kasın gerimine duyarlıdır
 - Uyarım ile omuriliğe sinyaller gider kasın aşırı gerimini önleyen baskılayıcı refleks oluşur
 - kasın yırtılmasını ve tendonun bağlandığı kemikten kopmasını önler

Kas gerim refleksi

- Kas hızlıca gerildiği durumda uyaran duysal sinir ile omurilik arka boynuzuna gider, liflerin bir bölümü ön boynuza gidip ön motor nöronla sinaps yapar, motor sinir lifleriyle kasa gider

Gerim refleksinin önemi

- Kasılmadaki dalgalanmaları önlemesidir
- Düzgün kasılmayı sağlamak üzere uyarının ortalama değerini bulmasıdır

Diğer Omurilik Refleksleri:

- Pozitif destekleyici reaksiyon; ayak tabanına bastırınca ekstremiteler gerilir; ekstremiteler vücudu taşıyacak kadar sertleşir
- Doğrulma refleksi; yan yatınca ayağa kalmaya çalışır
- Adım atma, yürüme ve dörtnala koşma refleksi
- Kaşınma refleksi

Kas spazmı oluşturan omurilik refleksleri

- Kemik kırığından kaynaklanan kas spazmı
 - Kırılan kemiklerini kenarından başlayan ağrı uyaranları kaslarda güçlü ve tonik kasılmalar yapar; bölgeye lokal anestetik injeksiyonu spazmı çözer
- Peritonitte karın kaslarının spazmı
 - Periton irritasyonu ile karın kaslarının spazmı
- Kas krampları
 - Şiddetli soğuk, kan akımının bozulması, ağır egzersiz, kastaki metabolik sorunlar ağrı oluşturur, omuriliğe ulaşan uyaranlar kasta refleks kasılmaya neden olur pozitif geri bildirimle kasılma şiddetlenir ve kas krampı olur

Uzama Reaksiyonu: Uzama reaksiyonu gerimi yüksek kasları uyaran alfa-motor sinirleri inhibe ederek kasların uzamasına neden olur. Uzama reaksiyonu reseptörleri **Golgi tendon organıdır**. Bunlar tendonlarda kaslar ve tendon bağları arasında bulunurlar. Golgi tendon organının efferent

innervasyonu yoktur. Kas içiğinin tersine ektrafüzal kaslarla seri olarak bağlanmıştır.

Uzama reaksiyonunu effektör organı ekstansör ve fleksör kaslardır. Golgi tendon organının afferent siniri Grup Ib lifleridir. Disinaptik bir yola sahiptir. Bu reaksiyonda da art deşarj ve irradiasyon yoktur. Uzama reaksiyonu koruyucu bir reflektir. Ancak normal kas etkinliğinde de kas gerimini düzenler

Motor kontrol merkezlerinin lezyonları spinal şok sendromuna neden olur. Omuriliği beyin sapından ayırmanın ilk etkisi refleks etkinliğinin tamamen kaybolmasıdır. Bu insanlarda aylaca sürebilir. Refleksler geri döndüğünde bunlar artık beyin sapındaki merkezlerin kontrolünden çıkmıştır ve normal kalıbını göstermezler. Örneğin geri çekme reflekslerinde görülen yerel işaret kaybolur. Bacağın hafif bir şekilde uyarılması bile tüm fleksör kasların kasılmasına neden olur. Sonunda motor sinirlerin uyarılabilirliği çok artar ve bazı kaslar sürekli aktifleşir.

Serebrumdaki lezyonlar motor kontrol merkezleri üzerindeki baskılayıcı etkinin kalkmasına neden olarak **spastisiteye** neden olur. Beyin sapının anti-gravite kasları üzerine etkisi tartışılırken spastisite ve rijidite karışık kullanılır. Ancak ikisi aynı şey değildir. **Spastisite alfa veya gama motor sinirlerin artmış uyarılması ile meydana gelirken, daha çok Parkinson Hastalığında ortaya çıkan rijidite, bir eklem etrafındaki tüm kasların aktivitesinin artması ile oluşur.**

Gama sinirlerin aşırı aktivitesi kas içiklerinin gerilmeye daha duyarlı olmasını sağlar. Bu nedenle etkilenen kasın gerilmesi ile spastisite daha da artar. Dorsal köklerin kesilmesi Ia uyarısının omuriliğe girmesine engel olarak alfa motor sinirlerin refleks uyarılmasını durdurur.

Dekortike Duruş: İnternal kapsül veya rostral serebral pedünkül lezyonlarında ortaya çıkar. Kolların fleksiyonu bacakların ekstansiyon ve iç rotasyonu ile kendini gösterir

Deserebre Rijiditesi: Pons retiküler oluşumunun üzerinden beyin sapı kesilirse ortaya çıkar. Bütün anti-gravite kaslarında tonüs artması ile karakterizedir ve opustotonus denen sırtın ve boynun arkaya bükülmesi, kolların ekstansiyonu ve hiperpronasyonu ve bacakların ekstansiyonu ve iç rotasyonu ile kendini gösterir.

VESTİBÜLER ÇEKİRDEKLER:

Vestibüler çekirdekler beyin sapı ve beyincikte yerleşmiştir. Vestibüler sinirler aracılığı ile vestibüler reseptörlerden bilgi alırlar. Vestibüler sistem anti-gravite kaslarının tonüsünü sağlar, vücut ve uzuvların denge için gerekli hareketlerini düzenler ve kafa hareket ettiğinde görsel sabitleme için göz pozisyonlarını ayarlar.

Vestibüler çekirdekler çeşitli yollarla aksonlarını omuriliğe yollarlar. Vestibüler çekirdeklerin çıktısı alfa-motor sinirleri uyarır. Retiküler

oluşumdaki diğer motor kontrol merkezleri gibi serebrum ve serebellumdan baskılayıcı uyarılar alırlar.

Vestibüler Refleksler:

1- Vestibüloküler Refleks: baş hareketleri sırasında görsel fiksasyonu sağlar. Örneğin baş sağa çevrildiğinde, gözler ters tarafa yani sola çevrilerek imge foveada tutulur. Görsel fiksasyon için gözlerin yavaş hareketleri yarım-daire kanalları tarafından başlatılır.

2- Otolit Refleksleri: Kişi merdivenlerden inerken ya da bir plarformdan atlarken bacak yaralanmalarını önleyen refleksleri otolit organlar başlatır. Atlarken, ayaklar daha yere çarpmadan önce bacaklar kasılmaya başlayarak çarpma gücünü hafifletir. Bu refleksler atlama sırasında başın doğrusal ivmelenmesi ile uyarılır.

BAZAL GANGLIONLAR:

Bazal gangliyonların korteks ve talamusla çok zengin bağlantıları vardır. Bazal gangliyonların omurilikle doğrudan motor ya da duysal bağlantısı yoktur. Hareketlere katkıları dolaylı olarak duysal ve motor korteksler aracılığı ile olur.

BAZAL GANGLİYON LEZYONLARI

Globus Pallidus Lezyonları gövde kaslarının duruş desteği yapamamasına neden olur. Kafa çene göğse degecek kadar öne eğilirken, gövde de belden öne eğilir.

Subtalamik Çekirdek Lezyonları uzuvlarda kendiliğinden ortaya çıkan, yaygın silkinme hareketlerine neden olur.

Striatum Lezyonları da motor inhibisyonun inhibisyonu ile ilgili motor sendromlara neden olur. Huntington koresi bunlara örnektir.

Substantia Nigra Pars Compacta lezyonları Parkinson hastalığına neden olur. Parkinson hastalığı rijidite, hipokinezi ve tremor ile karakterizedir.

SEREBELLUM (BEYİNCİK):

Beyincik, beyindeki ikinci büyük yapıdır. Beyinin arka bölümünün hemen altında yer alır. Kabuk (korteks) bölümünü gri cevher oluştururken, iç bölümünü beyaz cevher meydana getirir.

Beyincik hareketlerin zamanlaması, süresi ve gücü ile ilgili düzenlemelerde görev alır. Çıkartılması yumuşak koordine hareketlerde önemli bozulmalara yola açar.

BEYİNCİĞİN İŞLEVLERİ:

Beyinciğin iskelet kaslarının kontrolü ile ilgili üç önemli işlevi vardır.

1. Serebral korteks ile beraber kas gruplarının etkinliğini düzenleyerek beceri isteyen ince hareketlerin oluşumunu sağlar.
2. Vücut dengesinin sağlanması için iskelet kaslarını denetler.
3. Duruşu denetler; bilinç dışı düzeyde çalışarak hareketlerin yumuşak bir şekilde ilerlemesini, hareketlerin eşgüdümlü olmasını sağlar.

Beyincik serebrumun motor emirleri ile kaslarda bulunan derin duyu reseptörlerinden gelen bilgileri karşılaştırır; istemli hareketlerin gerçekleşmesi için bilgiler beyincikten beyin korteksi ve kaslara ulaşmalıdır.

Beyincik hastalıklarında ataksi (dengesizlik), hipotoni, tremor (titreme) ortaya çıkar paralizi görülmez.

SEREBRAL KORTEKSİN İŞLEVLERİ:

Korteksdeki bazı alanlar özel bazı işlevi yerine getirir, bunlar işlevsel alanlardır. Postsantral girus: Somatik duyuusal alandır. Sıcak, soğuk ve ağrı uyarılarını algılar. Presantral girus: Somatik motor alandır, buradan kalkan uyarılar iskelet kaslarını uyarır. Transvers girus: Birincil işitme alanıdır. Oksipital lob birincil görme alanıdır. Korteks duyuusal işlevlere sahiptir: basınç, ısı, derin duyunun algılanması; vücudun somatik duyuusal haritası; çeşitli duyuusal algıların birleştirilmesi ve yorumlanması.

Korteksin motor işlevleri:

Normal hareketlerin yapılabilmesi için varlığı şarttır. Presantral girus ile birincil somatik motor alan bireysel kasları kontrol eder. İkincil motor alan aynı anda çeşitli kas gruplarını kontrol eder.

Korteksin entegratif işlevleri vardır: Çevre ve kendimizden haberdar olmamızı sağlayan bu işlev için retiküler formasyondan gelen uyarılar ile korteksdeki nöronlar uyarılmalıdır.

Sol yarımküre dil işlevleri ve çeşitli ince el hareketlerinin denetlenmesinden, analitik düşünme yeteneğinden sorumludur.

Sağ yarımküre belirli işitsel materyalin algılanması, dokunsal algı ve uzaysal ilişkilerin anlaşılması yeteneklerinden sorumludur.

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİNDEKİ MOTOR YOLLAR:

Serebral korteksin motor işlevlerini yerine getirebilmesi için uyarılar motor alanlardan iskelet kaslarına somatik motor yollar ile iletilmelidir. Bazı motor yollar çok karmaşık iken bazıları basittir. Son ortak yol omuriliğin ön boynuz motor hücrelerinden iskelet kaslarına giden yoldur.

Somatik motor yollar iki ana kısımda incelenebilir

Piramidal yollar: Kortikospinal yollar olarak da bilinir. Liflerin $\frac{3}{4}$ 'ü medullada çaprazlaşır ve medulla spinalisin lateral beyaz cevheri boyunca iner. Liflerin $\frac{1}{4}$ 'ü ise çaprazlaşmadan omurilikten aşağı inerler. Kortikospinal yol dışında beyinden omurilik ön boynuz motor sinirlere inen yolları içerir.

Beyin içinde pek çok ara aktarma istasyonunda sinaps yapar: bazal ganglionlar, talamus, beyincik ve beyin sapı nukleusları gibi. Omurilikteki retikülospinal traktus önemli bir yoldur. Büyük ve otomatik hareketlerde ekstrapiramidal yollar önemli rol oynar. Duygusal ifadelerde de ekstrapiramidal yollar önemlidir. Programlanmış motor etkinliğin denetlenmesi de ekstrapiramidal yol tarafından gerçekleştirilir.

MOTOR KORTEKS

- Primer motor korteks
- Premotor alan
- Suplemler motor alan

Primer motor korteks

- Santral sulkusun önünde yer alır
- Ağız, yüz, el, kol, ayak ve bacak kasları ile ilgili kas alanları temsil edilir
- Özel bir kası uyarmak yerine hareketi uyarır
- Düşük şiddetli uyarılara yanıt
- Tüm vücut temsil edilir (Motor homonkulus)

Premotor alan

- Hareketin motor şablonunu oluşturur, uyarıları bazal gang yoluyla talamus üzerinden primer motor kortekse yollar
- Karmaşık hareketleri planlar
- Kas gruplarını kontrol eder
- Hasar: çift elle yapılan karmaşık hareketlerde zorluk uyumsuzluk

Suplemler motor alan

- Hareketin programlanması, şiddetli uyarılara yanıt
- İstemli hareket başlamadan önce denge ile ilgili önlemler
- Denge ve ince hareketlerin bilateral planlanması (bilateral kavrama hareketi)

Motor Korteksten Kaslara Uyarı Taşınması: Kortiko-Spinal Yollar

Kortiko-Spinal Yol (Piramidal Yol):

- %30: Primer Motor korteks
- %30: Premotor ve süplemler motor alan
- %40: Somatik Duysal alan

HAREKETİN DÜZENLENMESİ

Omurilik Düzeyi:

- Lokal hareket kalıpları; vücudu ağrı kaynağından uzaklaştıran geri çekme refleksi
- Ritmik kompleks hareket modelleri; ekstremitelerin ileri geri hareketi; yürüme, vücudun karşı tarafındaki zıt etkili aktivite
- Omuriliğin bütün bu programları üst düzey motor merkezler tarafından harekete dönüştürülür veya baskılanır

Arka Beyin Düzeyi:

- Ayakta durabilmek için vücudun aksiyal tonusu sürdürür
- Dengeyi sağlamak için vestibüler sistemden sürekli bilgi alarak kasların tonuslarını düzenler

Motor Korteks Düzeyi:

- Motor kontrolün omurilik devrelerinin süresini, şiddetini, diğer özelliklerini değiştirebilir
- Kortiko-spinal sistem omurilik modellerini gerekirse devre dışı bırakabilir, beyin korteksinden gelen modellerle değiştirebilir; bu modeller pratik yapmakla öğrenilebilir, geliştirilebilir

- Omurilik modelleri kalıtsaldır ve değıştirilemez.

Serebellum Düzeyi:

- Kas kontrolünün bütün düzeylerinde görevlidir
- Omurilikle birlikte gerim refleksini artırabilir
- Denge ve postür hareketlerinin sürekli ve düzgün yapılmasını sağlar
- Hareketin başlangıcında ek motor güç sağlar, bitiminde antagonist kasları tam zamanında ve uygun güçle uyarır
- Motor korteksle birlikte hızlı hareketten başka bir hızlı harekete düzgün geçiş sağlar
- Genelde hızlı hareketlerde görev alır

Bazal Gangliyonlar Düzeyi:

- Hareketin bilinçaltı fakat öenilmiş modelini yerine getirmede kortekse yardım eder
- Paralel ve ardışık hareket modellerinin planlanmasına yardım eder
- Yazma, topu fırlatma gibi motor kalıplarda bazal gangliyonlara gerek vardır

KAYNAKLAR:

- EP Widmaier, H Raff, KT Strang: Control of Body Movement In: Vander's Human Physiology: The Mechanisms of the Body Function. 10th Edition, 323-342, 2006.
- Guyton & Hall: The Nervous System: Motor and Integrative Neurophysiology. Textbook of Medical Physiology (Eds. Guyton & Hall) 11th Edition, 673-713, 2006.
- ER Kandel: Integration of Sensory and Motor Function: The Association Areas of the Cerebral Cortex and the Cognitive Capabilities of the Brain. In: Principles of Neural Science. 4th Edition, 355-361, 1991.

Kan ve İmmün Sistem

Dr. Safinaz A. Yıldız
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
Spor Hekimliği Anabilim Dalı Başkanı

Egzersiz ve kan birbiri ile 2 noktada etkileşir:

1- Hematolojik sistem ve kan elementlerinin egzersiz ve sportif faaliyetle değişimleri;

- a- Egzersizin kana akut etkisi (psödoanemi)
- b- Hemolitik anemi
- c- Demir eksikliği anemisi

2. Hematolojik hastalığı olanlarda egzersizin tolere edilmesi,

Egzersizin kana akut etkisi:

Akut egzersiz esnasında bir kısım sıvı damarları terk ederek dokular arasına çıkar. Kanda eritrosit, hemoglobin ve plazma proteinlerinin konsantrasyonu artar. Buna hemokonsantrasyon oluşur. Hemokonsantrasyon oluşumunda, egzersiz ile arteriyel kan basıncında yükselme, kaslarda metabolitlerin birikmesi, kasların kompresyon etkileri ve terleme rol oynar. Bu etki koşucularda, endurans sporcularda daha çok görülür. Ekstrasellüler sıvı kaybına karşın fizyolojik mekanizmalar devreye girer. Sodyum (Na^+) retansiyonu sonucu kanın plazma volümü yükselir. Hemoglobin ve kan hücre konsantrasyonu düşer. Psödoanemiye neden olur.

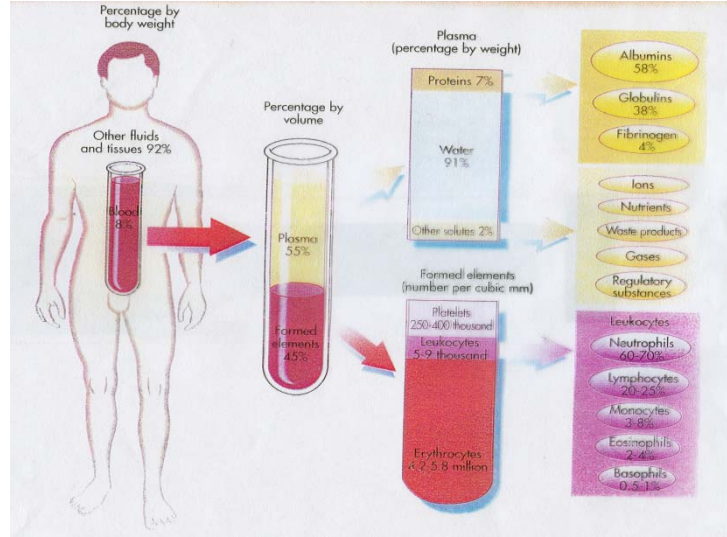
Maraton gibi uzun mesafe yarışlarında, yarışın ilk saatlerinde plazma hacmi azalmaya başlar. İlk gün sonunda, psödoanemi nedeniyle kan plazma hacmi % 10 yükselir. Hemoglobin konsantrasyonu düşer. Kan akışkanlığı artar. Elit atletlerde psödoanemi beklenen normal bir reaksiyondur.

Sporcularda anemi oluşturan hemoliz nedenleri:

- 1- Ağır egzersiz ile türbülans akımın laminar akımın değişmesi,
- 2- Footstrike sert zeminlerde ayak tabanında mekanik travma oluşması,
- 3- Çeşitli dokularda iskemi;
 - a- Gastrointestinal sistem
 - b- Böbrek ve mesane
 - c- Dalak kontraksiyonu
- 4- Eforla vücut ısısının yükselmesi ve asit metabolitlerin artması, dolayısıyla eritrosit hücre membran direncinin düşmesi,
- 5-Adrenalinin etkisi ile dalak kontraksiyonu ve dalaktan hemolize edici bir faktörün salgılanması, sayılabilir. Sedanter kişilerin birden şiddetli egzersiz yapması ve ağır egzersizin tekrarlanmasında görülür. Hematüri ve miyoglobinüri görülebilir.

Hemoliz ve kanama ile performans düşer mi?

Eritrosit yıkımı ile doku hipoksisi oluşur. Eritropoietin yapımı artar. Genç eritrositlerin dolaşıma geçmesi ile kan akışkanlığı artar ve beklenen performans düşmesi görülmez.



Şekil:1 Kan hücreleri ve plazma

Ölçüm	Erkek	Kadın
Eritrosit sayısı ($\times 10^{12}$ /L)	5.4	4.8
Hemoglobin (g/dl)	16.0	14.0
Hematokrit (%)	47	42
Retikülosit (%)	1.6	1.7
Sedimentasyon H. (mm/saat)	4	10

Tablo:1 Normal erişkinde, eritrositlerle ilgili ölçümlerin deniz yüzeyinde saptanan ortalama % değerleri

Lökosit Formülü Ortalama Değerleri	% Oran
Çomak çekirdekli nötrofil.....	1-2
Parçalı nötrofil.....	60-70
Eosinofil.....	1-4
Basofil.....	0.5
Lenfosit.....	20-30
Monosit.....	2-8

Demir eksikliği anemisi

Demir eksikliğinde; 1- hemoglobin düzeyi düşer, 2- mikrositozis görülür, 3- serum ferritin düzeyi düşer. Özellikle genç kadın sporcularda daha sık görülür. Jimnastikçi, balet, buz skateri, dalgıç, uzun mesafe koşucusu sporcularında görülme sıklığı fazladır. Sporcularda başlıca egzersize ve beslenmeye bağlı olarak, demir eksikliği ve demir kayıpları görülebilir. Ayrıca spora özel organizmanın demir ihtiyacı artmış olabilir. Demir eksikliği anemisi yorgunluğa sebep olur ve performansı düşürür. Mutlaka tedavi gerekir. Demir eksikliği anemisi gelişmesini beklemeden, sporcunun ferritin düzeyleri düşük bulunursa, profilaktik olarak tedaviye başlamak gerekir.

Sporcu anemisini önlemek için;

- 1-Diyette mutlaka kırmızı et bulunmalıdır,
- 2-Günün serin saatlerinde antrenman yapılmalıdır,
- 3-Antrenmanlar öncesi analjezik alınıması kesilmelidir.
- 4-Yumuşak zeminlerde, taban destekli ayakkabılar kullanılmalıdır.

Kronik aerobik egzersize hematolojik uyum;

- 1-Plazma hacminin artması,
- 2-Fibrinolizisin güçlenmesi,
- 3-Hematokritin düşmesi,
- 4-Eritrosit deformabilitesinin artması,
- 5-Kan viskozitesinin azalması,
- 6-Trombozis riskinin azalması, sonuçta; kaslara oksijen transportu ve uptake'i güçlenir.

Hematolojik hastalığı olanlarda egzersizin tolere edilmesi;

Hemofili hastalığı; Kan pıhtılaşma faktörlerinden, VIII (A) ve IX (B) pıhtılaşma faktör eksikliği nedeniyle, hemostazın yeterince olamaması sonucu kanamalar olur. Orta dereceli bir hemofili hastalığında travmaya bağlı kanamalar olurken, hastalık ağır derecede ise kanamalar kendiliğinden meydana gelir. Kanamalar genellikle kas ve eklem içine olur. Tekrarlayan kanamalar kronik artrit oluşmasına neden olur. Bu kişilerin çocukluktan itibaren düzenli kas gücünü artırıcı egzersiz yapmaları faydalıdır. Damar direnci arttırarak kanamaları azaltır. Bu çocuklar ferdi, travma riski az olan sporlar yapabilirler. İzometrik egzersizler, yüzme ve bisiklet sporları uygundur.

Orak hücre anemisi (Sickle cell disease); ülkemizde de çok görülen genetik hastalıktır. Bu hastalıkta hemoglobindeki oraklaşma ve anemi egzersizde tehlikelidir. Uyarılarla hemoglobinin quarter yapısı değişerek oraklaşır ve dalak pulpası gibi damarlardan geçerken eritrositler yıkılır (Hemoliz). Kişi homozigot ise hemolitik ve aplastik krizler görülür. Heterozigot durumunda kişiler anemik değildir ve normal görünümündedir. Spor yapabilirler. Buna rağmen hipoksi gibi fiziksel stress ile kriz olabilir. Bu kişiler hipoksik koşullardan, dehidratasyon koşullarından uzak olmalıdırlar. Bu hastaların pilot ve dalgıç olmaları önlenmelidir.

LÖKOSİTLER

Egzersiz başlayınca kan akımının artması ve hızlanması ile damar duvarlarında marjinal havuzlardaki lökositler dolaşıma katılır. Lökositoz meydana gelir.

Kısa süreli egzersizlerde lenfositler artar (B - lenfosit, T- lenfosit)

Uzun süreli egzersizlerde nötrofiller artar.

Endurans sporlarında granülositoz da görülebilir. Kortizol sorumlu tutulmaktadır.

Lökositöz Oluşumu;

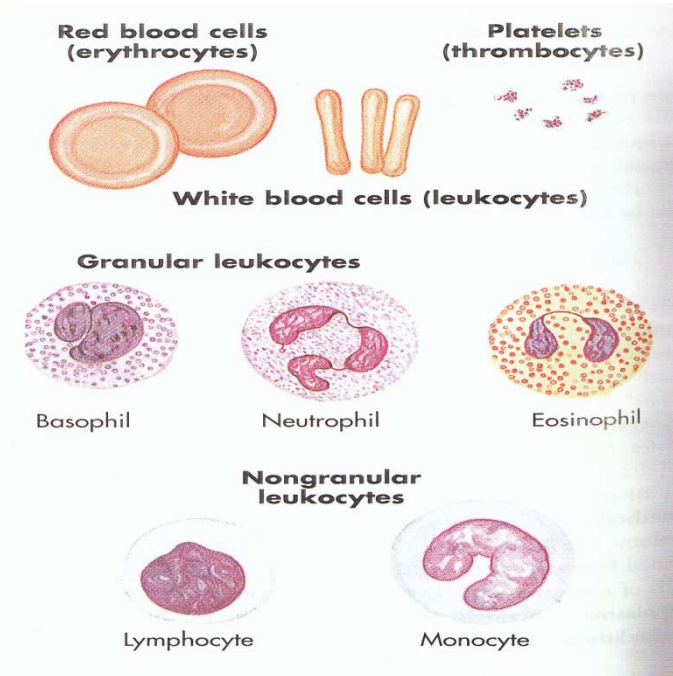
- 1- Kişinin kondisyonuna,
 - 2- Egzersizin şiddetine,
- bağlıdır.

Submaksimal egzersizde (egzersiz şiddeti maks. VO_2 %50) kişi antrenmanlı ise; lökositoz oluşmaz, antrenmansız ise lökositoz meydana gelir. Maksimal egzersizde (egzersiz şiddeti maks. VO_2 % 75-80) ise kişi antrenmanlı olsun olmasın lökositoz meydana gelir.

Akut egzersizde (maks. VO_2 %60 ve üzeri şiddetteki) kanda; katekolaminler (adrenalin, noradrenalin), kortizol, glukagon ve büyüme hormonu, β -endorfin salgılanır.

Egzersizde stress hormonları epinefrin ve kortizol serbestler. Egzersiz devamında maks. VO_2 %60 üzerine çıkınca, iş yüküne paralel olarak, epinefrin ve kortizol seviyeleri yükselmeye başlar. Egzersizden 30 dak sonra epinefrin normal değerlerine inerken, kortizol 2 saat yüksek kalır. Şiddetli bir egzersize takiben epinefrin lenfositoz, kortizol ise lenfositopeni ve nötrofiliye neden olur. Egzersiz sonrası lenfositoz oluşur. Egzersizden 10 dak. Sonra düşmeye başlar. 45 dak. Bazal seviyelere iner. Lenfositozun büyüklüğü antrenman seviyesi ile değişir. Antrenmansız kişilerde lenfositoz değeri yüksektir.

Lenfositler β -adrenerjik reseptörlere sahiptirler. Bu nedenle katekolaminler lenfosit aktivitesini etkiler. Düzenli aerobik antrenman ile lenfositoz büyüklüğü azalır. Bu lenfositlerin katekolaminlere cevabın azalması ile olmaktadır. Epinefrin (EP) egzersiz ile oluşan TH (T4) ve Ts (T8) oranlarında değişikliklere neden olur.



Şekil:1 Lökosit çeşitleri

Egzersiz sonrası oluşan lenfositozda B- hücre miktarı çok fazla artar. T- hücre miktarı fazla değişmez veya biraz yükselme gösterir. B/T oranı biraz artmıştır.

NK-Hücreleri (Natural Killer) lenfosit alt popülasyonu olup, kanser hücrelerini, mikroorganizmaları ve viral enfekte olmuş hücreleri tanıma ve öldürme özelliğine sahiptirler. Orta derecede egzersizin NK hücre aktivitesini anlamlı derecede arttırdığı gösterilmiştir.

İstirahatte, iyi antrene olmuş atletlerde immünglobulinlerin (IgA, IgG, IgM) seviyeleri normaldir. Moderate egzersiz sonrası antrene olan veya olmayan kişilerde immünoglobulin seviyelerinde değişme görülmemiştir.

Uzun süreli zorlu egzersizlerde (maratoncularda) mukoza yüzeyinden sekrete olan tükrüğün Ig A değerleri düşük bulunmuştur. Buna örnek yoğun endurans egzersizi yapan atletlerde üst solunum yolu enfeksiyonların sıklıkla görülmesidir.

Sonuç olarak;

Moderate egzersiz immün fonksiyonları aktive eder. Maksimal şiddetteki egzersiz ise enfeksiyonlara zemin hazırlar. Moderate egzersiz NK-hücre aktivitesini artırır, granülositoz, lökositoz, nötrofili ve lenfositoz yapar (akut yanıt). Antrenmanlar ile granülositlerde artma, eozinofil ve lenfosit sayısında azalma görülür. B-hücre sayısında fazla, T-hücre sayısında daha az yükselme olur.

Yüksek şiddetteki egzersiz sonrası NK-hücreleri % 150-300 oranında arttığı gösterilmiştir.

Aynı şekilde, yüksek şiddette uzun süreli ağır egzersizlerde immün sistem fonksiyonları baskılandığı gösterilmiştir (kortizolün immünodepresif etkisi.)

Kaynaklar

- 1-Gökhan N., Çavuşoğlu H., Kayserilioğlu A. İnsan Fizyolojisi I . Sermet Matbaası, 586- 711, 1983.
- 2-Ellison A.E., DeHaven K.E., Grace P., Snook G.A. and Calehuff H. The Hematologic System. Athletic Training and Sports Medicine. First Edition. American Academy of Orthopaedic Surgeons.350-353, 1984.
- 3-Mellion M.B. Sports Medicine Secrets. Second Edition.Hanley and Belfus,Inc.197-200,1999.
- 4-Portal S., Epstain M., Dubnoc G. Iron deficiency and anemia in female athletes-causes and risks. Harefuah. 142 (10): 698-703,2003.
- 5-Safran M.R. , McKeag D.B., Van Camp S.P. Manuel of Sports Medicine. Edt:Danette Knopp.Lippincott-Raven 255-260, 1998.
- 6-Shakey DJ, Gren GA. Sports haematology. Sports Med 29(1): 27-38,2000.
- 7-Simon T.L. Hematology of Sports.Sports Medicine .Third Edition. Ed: Otto Appenzeller. Urban and Schwarzenberg, Baltimore-Munich. 257-273,1988.

Kalp-Dolaşım ve Solunum Sistemi

*Dr. Fadıl Özyener,
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakóltesi
Fizyoloji Anabilim Dalı*

Egzersiz sırasında kasa yeterli O₂ desteğini belirleyen unsurlar olarak akciğer ventilasyonu (solunum), kan akım miktarı (kalp, dolaşım ve yerel unsurlarca belirlenir) ve kanın taşıdığı O₂ miktarı (hemoglobın düzeyi) önemlidir. Bir sportif etkinlik yaparken bu sistemlerin birbiri ile etkileşimlerini anlamak için temel fizyolojik bilgilere ihtiyaç vardır. Bu çerçeve de önemli noktaları dikkate sunmak ve tartışmak bu notların konusudur.

SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

Solunum sisteminin esas görevi vücudun bütün dokularının metabolizması için gerekli oksijeni atmosfer havasından almak ve metabolizma sonucu açığa çıkan CO₂' i atmosfer havasına atmaktır. Solunum sistemi bu amaçla dolaşım sistemini atmosfer havasına bağlar. İnsanda akciğerle total vücut kitlesine göre çok büyük bir hacimde olmamalarına rağmen, çok geniş bir yüzey alanına sahiptirler. Akciğerlerin temel işlevsel birimi olan alveollerin sayısı yaklaşık 300 milyon kadardır. Alveoller çok geniş bir yüzey alanda yoğun bir damar ağına sahiptir. Vücutta bu sayede hızlı bir gaz alışverişi sağlanır.

Akciğer Hacim ve Kapasiteleri: Soluk alma işlemine inspirasyon, soluk verme işlemine ekspirasyon adı verilir. İnspirasyon ve ekspirasyon sırasında akciğerlerdeki hacim değişiklikleri spirometre ile ölçülebilir. Akciğerler hava ile maksimum dolu iken, dört ayrı hacim ve dört ayrı kapasite içermektedir. Kapasite terimi, birden fazla hacmi kapsayan akciğer işlevleri ölçümünü tanımlamaktadır. Erişkin bir insanda sakin solunumda dakikadaki soluk sayısı 10-18 arasında, çocukta ise biraz daha fazladır. Vücut aktivitesi ve metabolik hastalıklarla ilişkili olarak artış görülür. Tek bir solukta inspire veya ekspire edilen hava hacmine soluk hacmi (tidal volüm) denir, normal değeri yaklaşık 500 ml'dir. Solunum işi arttıkça solunum hacmi de artar.

Soluk hacmi, soluk sayısı ile çarpılırsa **solunum dakika hacmi bulunur:**

$$\text{Solunum dakika hacmi } (V_E) = \text{Soluk hacmi} \times \text{soluk frekansı} = 500 \text{ ml} \times 12 \text{ dak} = 6 \text{ l.dak-1}$$

Normal bir inspirasyondan sonra çıkarılan hava hacmi inspirasyon yedek hacmidir, yaklaşık 3000 ml kadardır. Pasif bir ekspirasyonu takiben zorlu bir nefes verme ile akciğerlerden çıkarılabilen hacim ekspirasyon yedek hacmidir (yaklaşık 1100 ml.). Maksimum bir ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan ve çıkartılamayan hava ise rezidüel volümdür (tortu hacmi). Yaklaşık 1200 ml. olan bu hacim spirometre ile ölçülemez. Zorlu/maksimum bir inspirasyondan sonra maksimum ekspire edilebilen hava hacmi **vital kapasite** adını alır. Vital kapasite genç sağlıklı kişilerde yaklaşık 4600-4800 ml'dir. Derin bir inspirasyondan sonra akciğerlerde bulunan tüm hava total akciğer kapasitesidir ve yaklaşık 5800-6000 ml. kadardır (Vital kapasite ve tortu hacminin toplamı).

Pulmoner Dolaşım: Akciğerlerdeki kanın %99'u pulmoner arterlerden gelir. Bunun görevi kan ile akciğer alveolleri arasında O_2 ve CO_2 değişimini sağlamaktır. % 1-2'si ise bronşiyel arter ile sistemik aortadan gelir. Bunun görevi ise akciğer dokusunun beslenmesidir.

Solunumun Düzenlenmesi: Soluk alıp verme otomatik olarak devam eden bir olaydır. Kalp çalışmasına benzetilebilir, solunum kaslarının kasılması için sinirsel sinyallere ihtiyaç bulunmaktadır. Solunum kaslarının çalışması istemli olarak da kontrol edilebilmesine rağmen internal uyaranlar daha büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden kişiler nefeslerini bir kaç dakikadan fazla tutamazlar. Solunum hızının kontrolü sinirsel ve kimyasal olmak üzere iki çeşittir:

A- Solunumun sinirsel düzenlenmesi: Sinir sistemi alveolar ventilasyon hızını en ağır egzersizde bile kanın arteriyel oksijen (PO_2) ve CO_2 basıncı (PCO_2) hiç değişmeyecek şekilde ayarlar. Solunum hızının vücudun ihtiyacına göre düzenlenmesini sağlayan solunum merkezi, orta beyinde (medulla oblongata ve pons) yerleşmiş bir dizi nörondan oluşmaktadır. Medulla oblongatada bulunan solunum merkezi ritmik solunumu sağlar. Ancak, periferden (akciğerler, kemoreseptörler) ve merkezi sinir sisteminin diğer bölgelerinden gelen uyarıların etkisiyle solunum merkezinin işlevi değiştirilebilir. Solunum merkezindeki solunum nöronları dorsal ve ventral olmak üzere iki gruba ayrılırlar. *Dorsal solunum grubu nöronlar*, başlıca inspirasyondan sorumludurlar. *Ventral solunum grubu nöronlar* ise vücudun ihtiyacına göre inspirasyon ve ekspirasyona yardımcı olurlar.

B-Solunumun kimyasal düzenlenmesi: Solunumun ana hedefi, vücut sıvılarında O_2 , CO_2 ve H^+ iyon düzeylerini uygun düzeyde devam ettirmektir. CO_2 veya H^+ iyonlarının fazlalığı doğrudan solunum merkezini uyarır. Sonuçta solunum kaslarına giden hem inspirasyon hem de ekspirasyon sinyalleri önemli ölçüde artar.

Öte yandan O_2 , solunum kontrolü açısından hemen tamamıyla glomus aortikum ve karotikumda bulunan periferik kemoreseptörler üzerinden etki eder ve bu almaçlar, solunumun kontrolü için uygun sinirsel sinyalleri solunum merkezine iletirler. Glomus karotikum, iki taraflı olarak karotis arterlerin çatallanma bölgesinde bulunur. Glomus aortikumlar aorta yayı boyunca sıralanmıştır. Santral kemoreseptörlerin aksine periferik kemoreseptörler arteriyel kanla doğrudan temas halindedir. Periferik kemoreseptörler en çok arteriyel PO_2 azalmasına hassastırlar. Solunum merkezleri solunum sıklığını ve tidal hacmi arttırarak cevap verirler. Benzer etki plazma PCO_2 'ı ve H^+ iyon konsantrasyonu arttığında da gözlenir.

Solunumun kontrolünde santral kemoreseptörler: Santral kemoduyar alan medulla oblongatanın ventral yüzündedir. Özellikle PCO_2 ve H^+ seviyesindeki değişime duyarlıdır. Kemoduyar alandaki nöronlar, H^+ ile uyarılırlar (CO_2 bu alandaki nöronları dolaylı olarak uyarır).

Egzersiz de akciğer hacimlerindeki değişimler:

Egzersizin tipi, süresi ve yoğunluğuna göre, solunum frekansı dakikada 12-16'dan 40-60'a belki daha yükseğe çıkabilir. Soluk hacmi de 500

ml/dak'dan 2000-3000 ml'ye kadar yükselebilir. Ancak akciğer ve göğüs kafesinin egzersiz sırasındaki mekanik kısıtlaması nedeniyle vital kapasitenin ancak %50-60'ına kadar çıkabilir, hiçbir zaman %100 olamaz. Solunum dakika hacmi (V_E) istirahattaki 4-6 l/dak'dan 60-120 l/dak'ya kadar artabilir. Egzersiz tipi, süresi ve yoğunluğunun farklılığı yanı sıra kişinin yaşı, cinsiyeti, fiziksel kapasitesi gibi değişiklikler yüzünden solunum oynamalarına ait kesin sayılar vermek mümkün değildir.

Egzersizde V_E Kinetiği: Egzersize başlamadan veya egzersizin ilk saniyelerinde, henüz kanda O_2 miktarı azalması, pH ve CO_2 yükselmesi olmasa da solunum sıklığı ve derinliği artmıştır. Bu durum egzersizde solunumun düzenlenmesinde kimyasal mekanizmalar dışında sinirsel düzenekler de olduğuna işaret eder. Egzersize solunum yanıtı 3 fazda incelenebilir:

Faz I: Ani artış dönemi: serebral korteksten egzersize başlamak için kaslara giden uyarıların solunum merkezlerinden geçmesinin uyarıcı etki yapması, egzersize başlama ile çalışan kaslardan kalkan uyarıların yine solunum merkezine uğraması sonucunda solunum artar. Kimyasal hiç bir değişim yoktur (beyin korteksinde santral-periferik nörojenik mekanizmalar).

Faz II (yavaş yükselme fazı, “non steady-state”): egzersizden 10-20 saniye sonra başlar, Birkaç dakika boyunca devam eder. Merkezi sistem ve kaslardan kalkan uyarılara medulladaki solunum sinirlerinin uyarısı eklenir. (Nörohumoral düzenekler, hareket- gerim reseptörleri, kas içcikleri, proprioseptörler)

Faz III (kararlı devre, plato, “steady-state”): Önceki düzenleme mekanizmaları kararlı hale gelirken buna periferik mekanizmalar (kemoreseptörler, vücut sıcaklığındaki değişiklikler) da eklenir.

Egzersizde Pulmoner O_2 Alımı (VO_2) Mekanizmaları:

Faz I: Kardiodinamik faz: kardiyak debi, dolayısıyla pulmoner kan akımındaki artışa bağlı olarak VO_2 de ki ani artış dönemi;

Faz II: Hızlı kararsız metabolizma dönemi (non-steady-state): a) vücut O_2 depoları (venöz Hemoglobin) b) kimyasal enerji depolarının devreye girmesi: hazırdaki ATP kullanılır ve sürekli diğer kaynaklardan ikame edilerek belli bir seviyede tutulmaya çalışılır. (kritik düzey sürdürülemezse yorgunluk devreye girebilir); Hazırdaki depolar;

i)Yüksek enerjili fosfat bileşikleri: $PCr \rightarrow$ fosfat + kreatin

ii) glikojen $\rightarrow$ glikolizis $\rightarrow$ laktat- + H^+ (piruvatın Krebs siklusuna girerek yakılması sonucu anaerobik yoldan enerji oluşması)

Faz III: aerobik enerji (O_2 varlığında karbonhidrat, lipid ve gerekirse proteinlerin yakılması) + glikolizis (tüketici egzersizlerde zorunlu olarak anaerobik kaynakların devreye girmesi)

Pulmoner O_2 Alımı ve CO_2 atılımının Ölçümü İle Belirlenebilen Fizyolojik Parametreler: Maksimum O_2 alımı, laktat veya anaerobik eşik, zaman sabiti (τ , tau), O_2 ederi ($\Delta VO_2/\Delta W$), egzersiz şiddeti veya yoğunluğu

Bu parametrelerin önemi ekonomik ve kolay uygulanır olan egzersiz testleri (KPET) ile saptanabilmeleri sonucu hasta ve/veya sporcuların performansı, takipleri ile çeşitli hastalıklarda tanının belirlenip tedavinin izlenmesinde giderek daha yararlı ve yaygın kullanımlarından kaynaklanır.

Maksimum O₂ alımı (VO₂maks): Artan iş yüküne karşın pulmoner O₂ alımın sabit kaldığı en yüksek düzey belli koşulları taşıdığı takdirde VO₂maks olarak tanımlanır. Bu koşullar; a) kısa da ($\leq 20-30$ sn) olsa bir plato olmalı (yoksa VO₂pik olarak belirlenir); b) kardiyak atım sayısı ($220-\text{yaş} \pm 10$) sınırı içersinde olmalı; c) R (respiratuvar değişim oranı $-\text{VCO}_2/\text{VO}_2$) en az 1.1 veya üzerinde olmalı

Laktat /anaerobik eşik ($\theta_L - \theta_{an}$): Egzersiz sırasında laktat üretimindeki net artışın kan laktat düzeyinde artışa yol açarak devamlı hale geldiği pulmoner O₂ düzeyidir. Laktat eşiği doğrudan kandan -tercihan arterden, yapılan ölçümle belirlenebilir veya solunumsal parametrelerin ölçülmesine dayanan teknikler kullanılarak dolaylı olarak “noninvaziv” yöntemle saptanabilir.

Antrenmanın solunum işine etkisi: Dinlenimde toplam enerji harcamasının %2’si solunum sistemi tarafından kullanılırken ağır egzersizde tüketilen oksijenin % 15’i solunum sırasında çalışan kaslar için kullanılır. Bu oran akciğer hastalığı olanlarda %40’a kadar çıkar. Pulmoner ventilasyon egzersiz performansı üzerinde sınırlayıcı değildir. Fakat astım, KOAH (kronik obstrüktif akciğer hastalığı) hastalarında sınırlayıcı olabilir. Maraton gibi uzun süreli aktivitelerde solunum kaslarındaki glikojen depolarının boşalması performansı sınırlayıcı bir neden olabilir. Diğer iskelet kasları ile karşılaştırıldığında, örneğin diyafragma kasında oksidatif enzim, mitokondri ve kapiller yoğunluğun 2-3 kat daha büyük olması bu etkiyi azaltır. Dolayısı ile antrenmanın solunumsal dayanıklılığa katkı sağladığı söylenebilir.

Düzenli yapılan antrenmanlar sonrası (2-8 hafta) aynı işi yapmak için gereken solunum işi ciddi miktarda azalır (Örnek: 100 W dirence karşı iş yapabilmek için gereken O₂ miktarı azaldığı için üretilen CO₂ düzeyi de düşer ve V_E’da azalır). *Antrenman ile solunum işinin azalması* solunum kaslarının hipertrofisi sonucudur. Bu sayede solunum kaslarının kapiller, mitokondri, sitozol ve mitokondrideki aerobik enzimlerin hacim ve/veya sayısı ile kas hücresinin piruvat, yağ asitleri, keton cisimcikleri gibi enerji kaynaklarını metabolize etme yeteneği de çoğalır.

Antrenmanla vital kapasitede minimal artış, rezidüel hacimde minimal düşüş gözlemlenirken tidal hacimde maksimal egzersiz dışında değişiklik olmaz. Solunum sayısı antrenmanla submaksimal egzersizde ve dinlenimde düşerken maksimal egzersizde artar. Sedanterle karşılaştırıldığında tidal hacim ve solunum sayısındaki artış antrenmanlı kişilerde pulmoner ventilasyonun 2 kat kadar artmasını sağlar.

Solunum zarının difüzyon kapasitesi: 1 mmHg basınç farkı ile 1 dakikada difüzyona uğrayan gaz hacmidir. Egzersizin yoğunluğuna bağlı olarak: O₂ 21’den 40-60 ml.dak⁻¹mmHg⁻¹’ya, CO₂ 400-450 ml.dak⁻¹mmHg⁻¹ den 3-4 katına kadar difüzyon hızını artırabilir. Temel olarak akciğerlerde dinlenim

sırasında kapalı olan kapillerlerin egzersizle beraber açılarak veya genişleyerek kan hacminin artması ve beraberinde ventilasyonun daha iyi dağılması ile difüzyon sahasının genişlemesine ve VE/Q oranının giderek ideale yaklaşmasına bağlıdır.

KARDİYAK FİZYOLOJİ

İnsan vücudunun en küçük birimi olan hücrelere O₂ ve besin maddelerini götürmek, metabolizm atıklarını ve CO₂ uzaklaştırmak kalp dolaşım sisteminin (kardiyovasküler sistem) görevidir. Kalp dolaşım sisteminin üç önemli bileşeni vardır; kalp, kan damarları ve kan. Kalp kanın bu sürekli dolaşımını sağlayan bir pompa, kan damarları ise kanın vücudun her yerine ulaşmasını sağlayan borular sistemidir.

Kalp Döngüsü: Bir kalp atımının başlangıcından, bir sonraki kalp atımının başlangıcına kadar gerçekleşen fizyolojik olaylara kalp döngüsü adı verilir. Kalbin kan ile dolduğu diyastol (gevşeme), sonrasında kanın perifere ve akciğerlere atıldığı sistol (kasılma) döneminden meydana gelir.

Diyastol sırasında dolan her bir ventrikülün hacmi normalde 110-120 ml'ye yükselir. Buna diyastol-sonu hacmi denir. Sistol sırasında ventriküller boşalınca, her birinin hacmi 70 ml azalır. Buna *atım hacmi* denir. Her bir ventrikülde geride kalan kan hacmi 40-50 ml'dir ve buna sistol-sonu hacmi adı verilir. Kalbin bir dakikada aortaya (ve de akciğerlere) pompaladığı kan miktarına *kalp debisi* (5000ml = 5L), venlerden bir dakikada sağ atriyauma akan kan miktarı ise venöz dönüştür.

Kalbin Pompalama İşlevinin Düzenlenmesi: Dinlenmedeki bir kişide kalp dakikada ortalama 4-6 litre kan pompalar. Ağır egzersiz sırasında kalp bu miktarın 2-7 kat daha fazlasını pompalamak zorundadır. Bu hacme ulaşmak iki yolla olur:

- 1-Kalbe dönen kanın hacmindeki değişikliklere cevap olarak daha kuvvetli kasılması (güçlü pompalama)
- 2- Kalbin otonom sinir sistemi ile düzenlenmesi: Kalbin pompalama etkinliği kalpte dağılmış çok sayıda sempatik ve parasempatik (N. vagus) sinirin denetimi altındadır.

Sempatik uyarılar:

- 1) kalp hızını arttırırlar,
- 2) kalp kasının kasılma kuvvetini arttırırlar. Böylece kalpten bir dakikada pompalanan kan miktarı (kalp debisi) birkaç kat artabilir.

Parasempatik uyarılar (vagusların uyarılması, daha az):

- 1) kalp hızını yavaşlatır hatta kalbi geçici olarak durdurabilir,
- 2) kalbin kasılma gücünü hafifçe azaltabilirler; çünkü vagus lifleri ventriküllerden çok başlıca atriyaumlara yayılmıştır. Bu durumda kalp debisi azalabilir.

Kalbin Ritmik Uyarılması: Kalpte kalp kasının ritmik kasılmasını sağlamak için ritmik uyarılar doğuran ve bu uyarıları hızla bütün kalbe ileten

özelleşmiş bir sistem bulunur. Bu sistem *kalbin özelleşmiş uyarı ve ileti sistemi* olarak adlandırılır. Bu sistemin bileşenleri şunlardır:

1- Normal ritmik uyarıları doğuran *sinüs düğümü* (sinoatrial, S-A, düğüm, normalde 60-90 dakikalık kalp hızını yapan en önemli odak);

2-Uyarıları sinüs düğümünden atrioventriküler (A-V) düğüme ileten *düğümmlerarası yollar*,

3- Atriyumlardan gelen uyarıların ventriküllere geçişini geciktiren *A-V düğüm*,

4- Uyarıları atriyumlardan ventriküllere ileten *A-V demet*,

5- Uyarıları ventriküllerin bütün bölgelerine ileten *sağ ve sol Purkinje lifleri*

Egzersizin Kardiyak ve Dolaşım Değişkenleri Üzerine Etkisi

Kalp atım sayısı da solunum sayısı gibi daha egzersiz tam olarak başlamadan hızlanır. Korteksin uyarılmasıyla (düşünce ile) sinir-kas arası mekanizmaların harekete geçmesi sonucu olduğu düşünülmektedir. Kas kasılması ve güç oluşumu, egzersizin tipi ve şiddetine göre kardiyovasküler sistemin O₂ ve enerji sunmasına bağlı olarak ya yorgunluktan tükenene ya da amacın gerçekleşmesine kadar devam eder.

Kalp atım sayısı (nabız): Kalp atım sayısı egzersize kalp-dolaşım sisteminin yanıtını en kolay gösteren değişiktir. Egzersizde iş yükünün artışına paralel kalp atım sayısı artar. En üst noktada egzersizin şiddetinin artmaya devam etmesine rağmen kalp atım sayısı artık değişmiyorsa bu maksimal kalp atım sayısıdır ve tahmini değeri 220-yaş formülü ile pratik olarak öngörülebilir. Bu değer egzersiz şiddetini belirlemek açısından da önemlidir. Örneğin 40 yaşında bir bireyin egzersiz sırasındaki kalp atım sayısı 125 civarı ise bu birey maksimalin (220-40= 180) % 70'i şiddetinde bir egzersiz yapıyor diye yorumlanabilir.

Kalbin bir kerede pompaladığı kan miktarı, atım hacmi: Egzersizde atım hacminin egzersizin şiddetine paralel artışı, maksimalin % 40-60'ı civarına kadar devam eder. Bu noktada atım hacmi bir yatay seyir "kararlı denge" izlemeye başlar. Antrenmansız bireylerde dinlenimde 50-70 ml civarı olan atım hacmi değeri maksimal egzersizde 100-120 ml'ye ulaşır. Endurans (dayanıklılık) sporcularında ise dinlenimde 80-110 ml olan bu değer maksimal egzersizde 150-180 ml civarına yükselir. Yatar ve dikey pozisyonda egzersiz yapmak yer çekimi etkisi ile venöz dönüşü etkileyerek atım hacmini değiştirir

Kalbin bir dakikada pompaladığı kan miktarı (kardiyak debi): Dinlenimde 4-6 litre/dak olan kardiyak debi maksimal egzersizde 30-40 litre/dak'ya ulaşabilir. Ender olarak olimpik düzeydeki sporcularda ≥ 60 litre/dak gibi değerler görülebilir. Çalışan kasların fazladan oksijen ihtiyacı karşılamak için artan kalbin dakikalık kan pompalama kapasitesi kalp atım sayısı ile atım hacminin çarpımının bir sonucudur.

Kan akımı: Dinlenimde kardiyak debinin % 15-20'si kaslara giderken bu oran tüketici bir egzersizde %80-85'lere kadar ulaşır. Kan akımının yeniden düzenlenmesinde:

1) vücudun inaktif bölgelerindeki damarlarda, özellikle mide-bağırsak sistemi, karaciğer, böbrek ve deride refleks vazokonstriksiyon (daralma) oluşur.

2) egzersizin hemen öncesinde ve başlangıcında özellikle dikkati çeken çalışan kaslardaki damarlarda refleks vazodilatasyon (genişleme) olur.

3) O₂'nin azalması, CO₂'in artışı, asidite, ısı artışı ile adenosin, Mg⁺² ve K⁺ derişim artışları gibi yerel unsurlar belirleyicidir. Çalışan kaslarda yoğunlaşan yerel öğeler, özellikle nitrik oksit (NO) artışına yol açarak o bölgedeki damarlarda vazodilatasyon oluşturma ve kan akımını çoğaltma işlevinde önemlidirler.

Egzersizin hemen öncesinde veya başlangıcında otonom sinir sisteminin sempatik bölümünün desarji sonucu artan katekolaminlerden özellikle noradrenalin ve daha az olarak adrenalin artışı arteriyel damar sisteminde daralmaya yol açar. Ancak kalp kası, solunum kasları ve etkin hale geçen iskelet kaslarının artan O₂ ihtiyacı ve metabolizma artık ürünlerinin uyarısı bu daralmaya baskın çıkarak kan akımını çoğaltmak üzere bölgedeki arteriyel damarların genişlemesini sağlarlar. Böylece, kan akımı etkin olarak çalışmayan vücut bölgelerinden egzersiz yapan yani çalışan vücut kaslarına ve organlarına yönlendirilir (refleks vazodilatasyon ve vazokonstriksiyon oluşum mekanizması).

Kan akımının dağılımına ilişkin diğer bir önemli nokta da egzersiz şiddeti arttıkça, özellikle maksimale doğru, ısı kaybını artırmak için deri damarlarında vazodilatasyonun ön plana geçmesidir. Bu çerçevede, egzersizden 30-120 dakika önce yemek yemek gastrointestinal kan akımında %20-25 artışla birlikte alt ekstremitte kaslarında egzersiz esnasında kan akımını % 15-20 azaltır.

Antrenmanın Kardiyak ve Dolaşım Değişkenleri Üzerine Etkisi

Düzenli kronik egzersiz (antrenman) yapan sporcularda kalbin kan pompalama gücü gelişir. Kalpte iç hacim genişlemesi ve/veya kas kitlesinde büyüme (hipertrofi) belirgin değişikliklerdir. Dayanıklılık sporcularında hacim (özellikle ventrikül çapında artma) genişlemesi daha ağırlıklı iken, güç geliştirme sporu yapanlarda hipertrofi (ventrikül kas kitlesinde daha belirgin) ağırlıklıdır. Bu farklılıklar ekokardiografi ile gösterilebilir.

Bu anatomik gelişmenin fizyolojik sonuçları ise; antrenmanla diyastol sonu hacmi artarken sistol sonu hacminin azalmasıdır. Diğer bir deyişle atım hacminin artması ve dolayısıyla kardiyak debinin de çoğalmasıdır. Özellikle dayanıklılık antrenmanı yapanlarda belirgin olan bu değişimler maksimal oksijen kullanım yeteneğini de yükseltir.

Güçlenen miyokard dolayısıyla antrenman sonrası aynı işi yapmak için gereken atım sayısı ve atım hacmi daha azdır. Ayrıca antrenmanlı kişilerde dinlenimde kalp atım sayısı belirgin şekilde düşer (bradikardi), ancak maksimum kalp atım sayısında ise bir değişim gözlenmez.

Kalp dolaşım sisteminin antrenmanla geliştiğinin en önemli göstergelerinden biri egzersiz sonrası toparlanmadır. Antrenmanlı kişilerde

kalp atım sayısı bir kaç dakika içinde dinlenme seviyesine dönerken sedanterlerde bu süre belirgin şekilde daha uzundur.

Antrenmanla artan iskelet kas kapilleritesi kan akımının artması anlamına gelir. Kastaki kapillerlerin daha fazla genişlemesi, kardiyak debinin daha büyük bir bölümünün çalışan kasa yönlendirilmesi antrenmanlı kişilerde kas kan akımının çoğalmasına yol açan diğer öğelerdir. Ayrıca kas myoglobulini ve 2,3 difosfogliserat (DPG) miktarında uzun dönem antrenman sonrası gelişen artışlar da kasın oksijenlenmesi açısından önemlidir. Özel bir O₂ bağlayıcı protein olan myoglobin, kas hücresinde O₂'nin zardan mitokondrilere taşınmasını kolaylaştırır.

KAN BASINCI

Damar sisteminin önemli bir özelliği tüm damarların gerilebilir yani elastik olmasıdır. Örneğin arteriyollerde basınç arttığında, bu özellikleri nedeniyle arteriyollerde genişleme ve direnç azalması sonucu kan akımı artar. Arterler esnek yapıları sayesinde kalbin kanı nabızlı olarak pompalamasına uyum sağlarlar. Bu özellik kanın, dokuların çok küçük damarları içinde hemen tamamen düzgün ve sürekli akımını sağlar. Eğer arterlerin gerilebilme yeteneği olmasaydı, kan dokularda yalnızca sistol boyunca ilerler, diyastol de akması mümkün olmazdı.

Bütün damarlar içinde *en fazla gerilebilme yeteneği olanlar venlerdir*. Hafif bir basınç artışı bile venlerde 0.5-1 litre ekstra kan depolanmasına neden olur. Bu özellikleri ile venler, dolaşımda başka bir vücut bölgesinde gerektiğinde kullanılmak üzere büyük miktarda kanın depolanmasını sağlar. Örneğin vücuttan kan kaybı olduğu ve arter basıncı düşmeye başladığı zaman, dolaşımın basınca duyarlı bölgelerinden basınç refleksleri doğar; bunlar venlere sempatik sinyaller göndererek kasılmalarını sağlar ve dolaşıma depodan kan verilerek kanamanın yol açtığı eksiklik giderilebilir. Aynı refleks yolla egzersiz sırasında artan kardiyak debi ile kullanıma sunulan kanın büyük kısmında venlerden gelir.

Kan basıncı kanın damar çeperinin herhangi bir birim alanına uyguladığı basınçtır. Arterlerdeki sistolik basıncın kaynağını ventriküllerin kasılması oluştururken, ventrikül sistolu ile gerilen elastik arterlerin daralması da diyastolik basıncın kaynağını oluşturur. Diyastolik basınç sayesinde dolaşım sisteminde kan kesintisiz bir şekilde akar. Kan basıncı, ölçüm için standart olarak cıvalı manometreler kullanıldığından, sıklıkla mmHg olarak ifade edilir. Bir damarda basıncın 50 mmHg olması, o damardaki kanın uyguladığı kuvvetin bir cıva sütununu 50mm'lik düzeye çıkarabileceği anlamına gelir. Kan basıncı (KB) = TPR (total periferik direnç) x KD (Kardiyak debi) şeklinde özetlenebilir.

Aortadan çıktığı noktada sistolik ve diyastolik değerleri 120/80 mmHg olan arteriyel basınç damar sistemi boyunca azalarak sağ atriuma döndüğü noktada 0 ila 2 mmHg arasına geriler. Kardiyak pompanın çalışması sayesinde damar sisteminde basıncın bu şekilde giderek azalması sistemik ve pulmoner dolaşımın döngüsel olmasını mümkün kılar.

Egzersiz kan basıncı sistolik ve diyastolik değerlerine etkisi

Arteriyel basınç değişikliklerinde yapılan egzersizin tipi, hareketlerde kullanılan kas grupları gibi unsurlar belirleyicidir. Vücuttaki kasların yoğunluğunun etkin olduğu, böylece yaygın vazodilatasyonun görüldüğü dayanıklılık (endurans) tipi yürüme, koşma, yüzme gibi egzersizlerde (en az 20-25 dak sürecek şekilde) sistolik basınçta artma görülür (sistolik basıncın artan venöz dönüş ve atım hacmi ile yakın ilişkili olduğu hatırlanmalıdır). Dinlenimde 120 mmHg civarı olan sistolik kan basıncı değeri egzersizin tipine ve yoğunluğuna göre 180-200, hatta elit sporcularda 240-250'ye kadar çıkabilir. Bu da kanın kaslara hızlı bir şekilde ulaşması açısından önemlidir.

Diyastolik kan basıncı endurans tip egzersizlerde esas olarak önemli bir değişiklik göstermez, bazen çok az düşer veya yükselir. Bir dayanıklılık egzersizi sırasında diyastolik basıncın 15 mmHg veya daha fazla yükselmesi anormal yanıt olarak değerlendirilmelidir. Bu durumda egzersiz sonlandırılmalı ve kişi tıbbi kontrolden geçirilmelidir.

Güç/çabukluk/sprint egzersizlerinde veya küçük kas grupları ile yapılan değişik tip egzersizlerde ise (kısa süreli maksimal koşma, atma, atlama, ağırlık kaldırma gibi patlayıcı güce dayanan etkinlikler) vücutta refleks vazokonstriksiyon ön plandadır. Maksimum sempatik deşarj olduğu veya sadece belli bir bölgede kaslar etkin hale geçtiği için burada oluşan refleks damar genişlemesinin genel sempatik deşarjı baskılayamadığı hallerde total periferik direncin yükselmesi söz konusudur. Bu yüzden toplam damar direncinin yansması olan diyastolik basınç da yükselecektir. Bu yükselme, özellikle doğumsal arter bozuklukluğu, damar sertliği (ateroskleroz) veya diğer kalp-damar sorunları olan kişilerde istenmeyen bir sonuçtur. Bu şahıslarda seçilmesi gereken dayanıklılık egzersizleridir.

Antrenmanlı kişilerde submaksimal veya maksimal egzersizde kan basıncı değerlerinde sedanterle karşılaştırıldığında önemli bir fark gözlenmemesine karşın dinlenme kan basıncında 10 mmHg civarı bir düşüş gözlemlenir. 4-6 haftalık aerobik egzersiz dinlenme sistolik ve diyastolik kan basıncında 6-10 mmHg'lık azalma saptanırken submaksimal veya maksimal egzersizlerde ulaşılan kan basınçları değişmez. Bunun sebebi antrenmanlı kişilerde, dinlenimde, sempatik aktivite ve periferik dirençte görülen iyileşmelerdir (antrenmanla gelişen kardiyosirkulatuvar uyumlar sonucu istirahat metabolizması sırasında daha az sempatik deşarj ve periferik direncin yeterli olması durumu).

Arter ve ven kanındaki O₂ düzey değişiklikleri

Arteriyel kan oksijen miktarından venöz kan oksijen miktarı çıkarılarak elde edilen arterio-venöz oksijen farkı 100 ml kan için 5 ml'dir (dinlenimde). Etkin kasların egzersizde daha fazla oksijene ihtiyaç duyması arteriyollerden daha fazla oksijenin kasa geçmesine neden olur, öyle ki kasın venöz kanında oksijen miktarı kuramsal olarak sıfıra kadar düşebilir. Ancak gerçekte sağ atriuma ulaşan venöz kandaki O₂ değeri en fazla 100 ml kan için 2-3 ml'ye kadar düşebilir. Ancak çok iyi antrenmanlı sporcular arteriyel kandan alabileceği O₂ miktarını 17-18 ml/dl'ye kadar çıkarabilir.

Kanın kapilerde kalış süresi dolayısıyla venöz kanda O₂ miktarı hiçbir zaman 2-3ml/100ml'nin altına inmez.

Kardiyak-sirkulatuvar ve respiratuvar kazanımların devamlılığı

Kronik egzersiz sonucu kazanılan kardiyo respiratuvar iyileşmeler, antrenmana son verildikten bir süre sonra başlangıç seviyelerine döner. Dinlenim bradikardisi (kardiyak debi ve atım hacmindeki artış dolayısıyla), arteriyel kandan daha fazla O₂ alabilme, VO_{2maks} artışı gibi çeşitli yararlar antrenmana son verildikten sonra, 2-3 hafta içinde ciddi biçimde gerilemeye başlar, 8 ila 12 haftada da antrenman öncesi seviyelere döner. Bu geri dönüş süresi genetik öğeler yanı sıra kişisel antrenman düzeyine, yapılan antrenman egzersizinin tipi ve şiddetine bağlıdır. Kazanımları önemli ölçüde korumak için yapılması gereken haftada en az 2 gün, önceki antrenman yoğunluğunun %50-60 ile yaşam boyu egzersize devam etmektir. Zorunlu hallerde verilmesi gereken aralar 2-3 haftayı geçmemelidir.

Kaynakça

- Exercise Physiology (2006) McArdle WD, Katch FI & Katch VL
- Egzersiz Fizyolojisi (2002) Ergen E (Ed)
- Physiological Basis for Exercise and Sport (1998). Fox, F, Bowers, R, & Foss, M.
- Egzersiz Fizyolojisi (1994) Akgün N

KAS

(Kas Yapısı, Kas Lif Tipleri, Kasılma, Kasılma Tipleri, Antrenmana Yanıt)

Dr. Hakan Gür

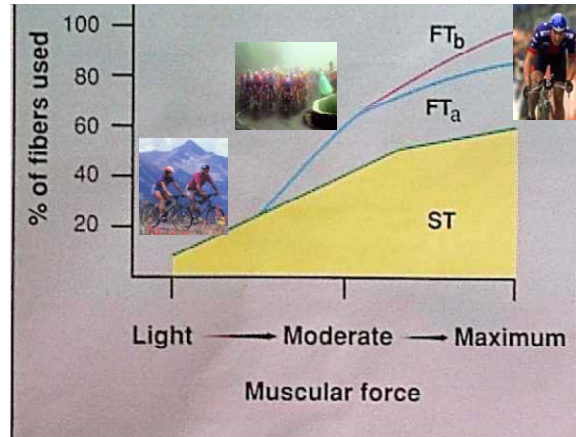
Uludağ Üniversitesi,

Spor Hekimliği Anabilim Dalı

İskelet kasları yavaş ve hızlı kasılan kas lifleri içerir. Farklı kas lif tipleri farklı düzeyde miyofibrillar ATPaz enzimi içerir ve bu özellikleri ile histokimyasal olarak sınıflandırılırlar. Genellikle hızlı kasılan kas lifleri (tip II) yavaş kasılan kas lifleri (tip I) ile karşılaştırdığında çabukluk gerektiren kasılmalarda daha hızlı bir şekilde enerji sağlayabilme yeteneğine sahiptirler. Fakat yavaş kasılan liflerden daha çabuk yorulurlar. Hızlı kasılan liflerde sarkoplazmik retikulum daha iyi geliştiğinden kasılma için kalsiyum daha iyi taşınır, motor nöronları da daha daha büyüktür. Böylece hızlı kasılan tip II lifleri daha çok kas lifini uyarma ve daha büyük güç oluşturma yeteneğine sahiptirler. Hızlı kasılan liflerden daha yavaş kasılmalarına ve daha düşük güç üretebilmelerine karşın yavaş kasılan lifler aerobik özelliklerindeki gelişmişlikten dolayı uzun süre güç oluşturabilme yani dayanıklılık yeteneğine sahiptirler. Hızlı kasılan lifler yukarıda saydığımız özelliklere ne oranda sahip oldukları göz önüne alınarak alt gruplara ayrılmışlardır. Yavaştan hızlı kasılma özelliğine doğru sınıfladığımızda hızlı kasılan lifler tip IIC, IIA ve IIB/X sırası izlerler. Bu sınıflama da yer alan tip IIC lifleri kas içinde düşük oranda bulunduklarından genellikle göz ardı edilirler. Kas liflerinin değişik özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

	YAVAŞ KASILAN TİP I	HIZLI KASILAN TİP IIA	HIZLI KASILAN TİP IIB/X
Oksidatif Kapasite	YÜKSEK	ORTA	DÜŞÜK
Glikolitik Kapasite	DÜŞÜK	YÜKSEK	EN YÜKSEK
Kasılma Hizi	YAVAŞ	HIZLI	HIZLI
Motor Unit Gücü	DÜŞÜK	YÜKSEK	YÜKSEK
MYOZİN ATPaz	YAVAŞ	HIZLI	HIZLI
Sarkoplazmik Retikulum	DÜŞÜK	YÜKSEK	YÜKSEK
Yorgunluğa Direnç	YÜKSEK	ORTA	DÜŞÜK

Vücudumuzdaki kasların yaptıkları görev ve fonksiyonlar göz önüne alındığında bu farklılıklar net olarak ortaya çıkar. Hızlı kasılan kaslara büyük oranda hızlı kasılan kas lifi içeren göz kaslarını, yavaş kasılan kaslara postürümüzü sağlayan bel kaslarını örnek verebiliriz.



Egzersiz sırasında egzersizin şiddeti ile orantılı olarak kas lifleri devreye girer. Hafif şiddetliden yüksek şiddetli aktiviteye doğru incelediğimizde harekete kas grubu içindeki sırası ile yavaş kasılan tip I lifleri takiben tip IIA ve tip IIB/X kas lifleri katılırlar. Harekete katılan motor unit sayısı arttıkça güç oluşumu artar. Kasılmaya katılan motor unitlerin tipine (tip I veya II) göre kasılma özellikleri değişir.

ERKEK VE KADIN SPORCULARDA DEĞİŞİK KAS GRUPLARINDA KAS LİF DAĞILIMI (%) ve KESİT (CROSS-SECTIONAL) ALANI

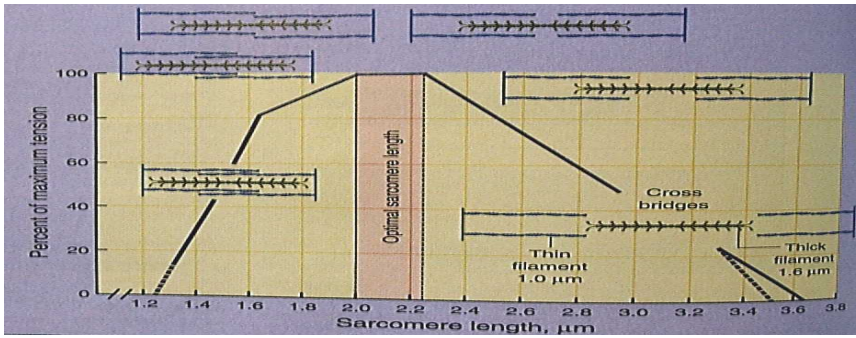
	KAS	CİNSİYET	YAVAŞ KASILAN (%)	HIZLI KASILAN (%)	YAVAŞ KASILAN ALAN	HIZLI KASILAN ALAN
SPRİINTER	GASTRO KNEMİUS	E	24	76	5 878	6 034
		K	27	73	3 752	3 930
MESAFECİ	GASTRO KNEMİUS	E	79	21	8 342	6 485
		K	69	31	4 441	4 128
BİSİKLETÇİ	VASTUS LATER	E	57	43	6 333	6 116
		K	51	49	5 487	5 216
HALTERCİ	GASTRO KNEMİUS	E	44	56	5 060	8 910
		K	53	47	5 010	8 450
GÜLLECİ	GASTRO KNEMİUS	E	38	62	6 367	6 441
SEDANTER	VASTUS GASTRO	E	47	53	4 722	4 709
		K	52	48	3 510	3 141

Yapılan egzersizin tipine göre kas liflerinde değişimler olur. Dayanıklılık antrenmanı yapanlarda tip I lifler yoğunlukta iken sprint türür aktivite yapanlarda tip II lifleri yoğunluktadır. Dünya şampiyonu maratoncuların gastroknemius kasları % 93- 99 yavaş kasılan kas lifine sahipken dünya şampiyonu olan sprinterler için bu oran %25 dir. Elit sporcularda tespit edilen bu oranların yaptıkları antrenmanın bir sonucu mu olduğu yoksa kas yapı özelliklerinden dolayı daha başarılı oldukları için bu alanlara yöneledikleri tartışmalıdır. Kas lif tip dağılımı atletik başarı için önemli bir parametre olmakla birlikte tek başına belirleyici değildir. Kalp-dolaşım, solunum, hormonal sistem gibi birçok sistem başarı için önemli bir etkiye

sahiptir. Kaslarda güç oluşumu üzerine kas lif dağılımı dışında etkili olan diğer faktörler ise;

KASLARDA GÜÇ OLUŞUMU ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN DİĞER FAKTÖRLER

- Aktive olan motor unit sayısı
- Aktive olan motor unit tipi
- Kasın büyüklüğü
- Kasılmadan önce kasın başlangıç uzunluğu
- Eklem açısı
- Oluşan aktomyozin köprü sayısı (cross-bridge sayısı)

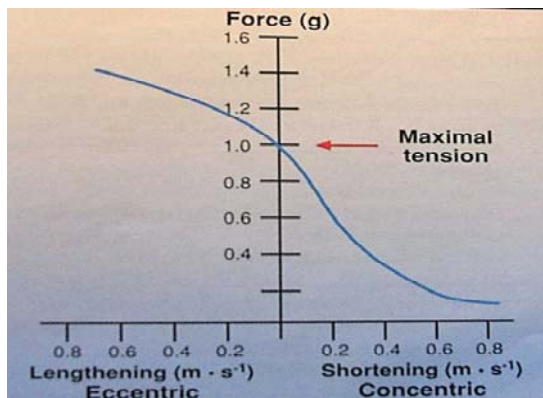


Eklem açısı aktomyozin köprü oluşumu açısından önemlidir. Kasın boyunda yapılacak değişiklikler de bu açıdan önemlidir. Açı ve boy değişikliği oluşacak optimal aktomyozin köprü sayısı açısından önem kazanmaktadır ki optimal sayı yakalandığında en büyük güç, altında ve üstündeki değerlerde ise daha düşük güç değerleri elde edilir. Açı olarak diz ekstansörleri için optimal açı değer 50-55 derecedir (diz tam ekstansiyon = 0 derece).

Kasılma öncesi kasın boyunu gererek uzatmak kasılma gücüne pozitif katkı sağlar.

Fakat germe derecesi (% 20 en ideali) ve germeyi takiben kasılmaya kadar geçen süre önemlidir. Süre uzarsa elde edilecek potansiyel enerji ısı enerjisine dönüşür.

Üç tip kasılma vardır: 1) Konsentrik (kasın boyunun kısaldığı) 2) Statik veya İzometrik (kasın boyunun sabit olduğu, eklem hareketinin olmadığı) 3) Eksentrik (kasın boyunun uzadığı).

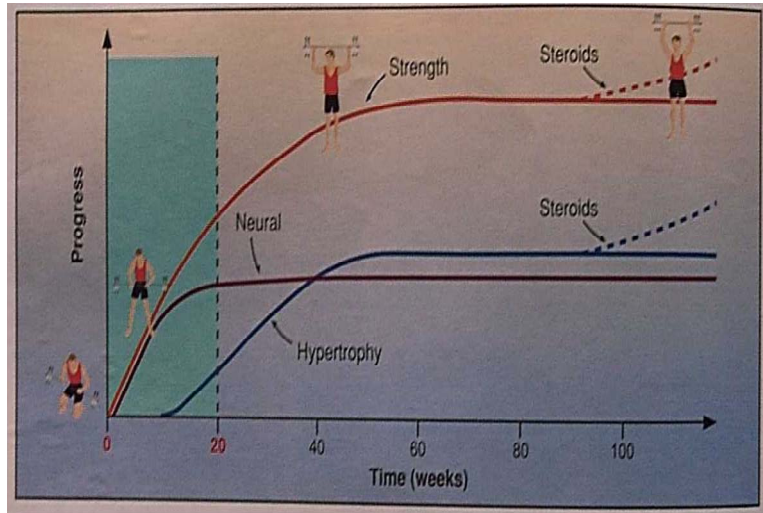


Kasılma hızındaki artış konsentrik kasılmalarda gücün düşmesine neden olurken eksentrik kasılmalarda gücün artmasına neden olur.

ANTRENMANA NÖROMUSKULER YANIT

- NÖRAL DEĞİŞİM
- KAS KİTLESİ
HİPERTROFİ
HİPERPLAZİ
- KAS LİF TİP DEĞİŞİMİ
- ENZİMATİK DEĞİŞİKLİKLER
- MİTKONDİRİ DEĞİŞİM
- KAPİLLER DEĞİŞİM

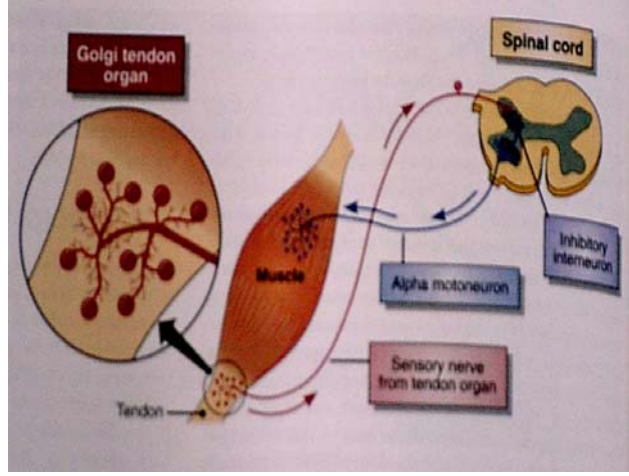
Antrenmanla kas kitlesinde artış (hipertrofi) sağlanırken kas hücre sayısındaki artış (hiperplazi) tartışmalıdır. Güç gerektiren aktivitelerde (ağırlık çalışması gibi) hipertrofi belirgindir. Hipertrofiye kas kuvvet artışı eşlik eder. Fakat paralel bir görüntü çizmez (örneğin; kitle olarak daha büyük kas kitlesine sahip olan vücut geliştirme sporunu yapanlar daha az kitleye sahip haltercilerden daha az kuvvet ortaya çıkarır).



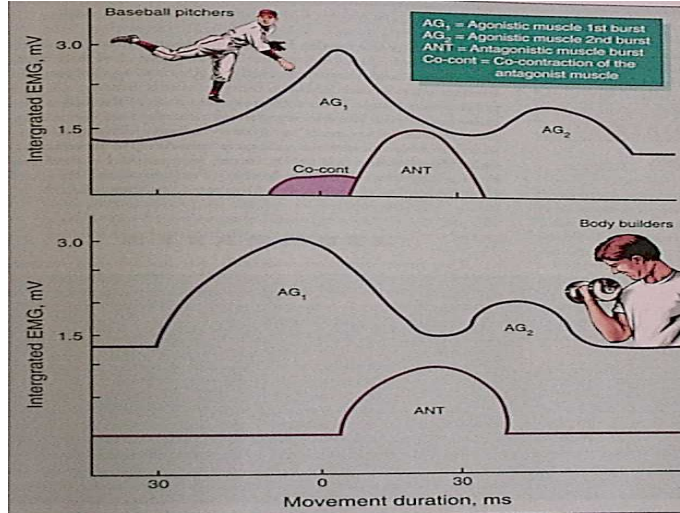
Antrenmanın ilk birkaç ayında kuvvette sağlanacak artış nöromotor sistemdeki gelişmenin bir sonucudur. Kas kitlesinde ve yapısındaki değişikliklerin kuvvete yansması birkaç ayı takiben kendini gösterir.

- KASIN YAPISINDA DEĞİŞİKLİK OLMAKSIZIN KUVVETTE GELİŞME SAĞLANIR, NÖRAL ADAPTASYON OLMAKSIZIN KUVVETTE GELİŞİM SAĞLAMAK OLANAKSIZDIR
- MOTOR ÜNİTLER UYARICI VE İNHİBE EDİCİ ÖZELLİKLERİ OLAN FARKLI SİNİRLER TARAFINDAN UYARILIRLAR VE GENELLİKLE SENKRON BİR ŞEKİLDE UYARILMAZLAR
- KUVVET ANTRENMANI İLE AGONİST KASLARIN SENKRON BİR ŞEKİLDE KASILMASINA KATKI SAĞLANDIĞI GİBİ ANTAGONİST KASLARIN İNHİBİSYONUN AZALMASI VEYA BLOKE EDİLMESİNDE DE GELİŞİM SAĞLANIR Kİ BU DA KUVVETE POZİTİF YANSIR

Antrenmanla kas lif tip değişimi tip II liflerinin alt grupları için olasıdır ki bu da % 20'nin üstüne çıkmaz. Yani aerobik (dayanıklılık antrenmanı ile tip IIB/X'ler tip IIA'ya özellikleri itibari ile değişirken, sürat antrenmanı yapanlarda tersi olasıdır).



Kasta kasilma sonucu oluşan gerginlik golgi tendon organinin uyarilmasi sonucunda kalkan uyarinin medulla spinalis düzeyinde refleks olarak kasin uyarilmasi inhibe eder (otojenik inhibisyon) ki buda kuvvet oluşumunu zayıflatir



Antrenmanla ayrıca kas grupları arasında senkronizasyonun gelişmesi, antagonist inhibisyonun azalması kuvvete pozitif etki eder.

KUVVET ANTRENMANI İLE KASIN;

- KİTLESİNDE
- PROTEİN MİKTARINDA
- RNA MİKTARINDA
- KUVVETİNDE ARTIş SAğLANABİLİR

Kemik Metabolizması

Dr. Gökhan Metin

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Fizyoloji Anabilim Dalı

Kemik dokusu canlı ve özel bir dokudur. Kıkırdak doku ile birlikte iskeleti oluşturur. Vücut postürünü (tipini) biçimlendirir. Kasların tendonlar aracılığı ile bağlanma yeri olup biyomekaniğin ana unsurudur. Vital iç organların ve kemik iliğinin'nin koruyucusudur. Başta kalsiyum ve fosfat olmak üzere iyon deposudur.

Kafatasının kemikleşmesi zarların (intramembranöz) kemikleşmesi yolu ile olur. Uzun kemikler ise önce kıkırdak (enkondral) olarak şekillenir. Daha sonra gövdeden başlayarak kemiğe dönüşür. Kemiklerin uç kısmındaki epifizeal plakanın genişliği büyüme hızıyla orantılıdır. Başta büyüme hormonu (GH) ve insülin benzeri büyüme faktörü-I (IGF-I) olmak üzere çok sayıda hormon (tiroid, insülin vb) bu plakayı belirgin olarak etkiler. Ayrıca parat hormon ilişkili peptid (PTHrP) ve K vitamini fetal dönemdeki iskelet gelişimi için önemlidir. Kemikler %80'i kompakt (kortikal) kemik, %20'si trabeküler (süngerimsi) kemik olmak üzere 2 bölümdür. Trabeküler kemik yüksek metabolik etkinliğe sahip olup, bu bölgenin beslenmesi hücreler arası boşluk yoluyla olmaktadır. Kompakt kemikler ise havers kanalları yolu ile beslenir. Kemik dokusunun kan akımı dakikada 200-400 ml civarındadır. Metabolik işlevi hormonlar, büyüme faktörleri ve sitokinler tarafından yönetilir.

KEMİK YAPISI

Kemiğin yapısı organik ve inorganik faz olmak üzere 2 bölüme ayrılır.

Organik Fazın (%30) % 98'i matriks olup, tip I kollojen (bağ dokusu proteini) yapısındadır. Aynı kollojen yapı deri, ligament ve tendonlarda da bulunmaktadır. Kollojenin lifsel yapısı çoğunlukla glisin-prolin-hidroksiprolin aminoasitlerinin oluşturduğu üçlü helix formundadır. Bu yapılar moleküller arası çapraz bağları yoluyla gerimi kuvvetlendirmektedir. Organik fazın %2'lik bölümü ise kollagen olmayan aşağıdaki yapılardan oluşur.

Osteoblast; Mezenkimal kaynaklı olup matriks yapımından sorumludur. Alkali fosfotaz ve diğer yapısal proteinleri sentez eder. **Osteosit;** Osteoblastlardan oluşurlar. İstirahat halinde bulunur ancak metabolik olarak aktif hallediler. **Osteoklast;** Hemopoietik kök hücrelerinden monositler aracılığıyla oluşturulurlar. H^+ pompaları vardır. Ortamı asitleştirirler ve kemik rezorpsiyonu yaparlar. **Osteopontin, Osteonektin, Osteokalsin** gibi proteinler osteoblastlarca sentezlenir. Tip I kollojene destek yapı olarak görev yaparlar.

PTH, PTHrP, Vit D, IL-1, T3, T4, IGF-I, PGE2, TNF, östrojen gibi faktörler osteoblastları uyarıcı etki gösterirken, kortikosteroidler osteoblastları inhibe etmektedir. Bunun yanı sıra osteoklastları PTH, Vit D, IL-6, IL-11, RANKL (NF-kappaB ligand) gibi uyaran faktörler varken, kalsitonin, INF gama,

PGE2, östrojenler (IL-6, TNF alfa'yı inhibe eder, TGF beta'yı uyarır) osteoklastları inhibe eden faktörler içinde gösterilmektedir.

Kemik dokunun diğer kısmı olan inorganik faz %70'lik bölümü oluşturmaktadır bu bölümün %95'i hidroksiapatit kristalleridir ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). Bunların özellikleri son derece küçük kristaller olup, kemiğin sertliğini sağlayarak ona yük taşımada direnç kazandırır. Ayrıca çözünürlük özellikleri ile kemiğin iyon deposu görevi yaparlar. Mg, Na, K, Fl, Cl gibi diğer mineraller inorganik fazın %5'ini oluştururlar.

Kemik dokusunun kaliteli veya kırılğan yapıya sahip olmasının değişik nedenleri vardır. Bunlar, trabeküllerin metabolizması, kristallerin büyüklüğü, kompakt bölümün (korteks) kalınlığı, kemik mikro mimarisi, kemik mineralizasyonu, mikroskobik hasar miktarı ve en önemlisi yeniden yapılanma (remodeling) hızıdır.

Kemik remodeling sürecindeki temel amaç kemik matriks kalitesinin devamlılığını sağlamak, gerim özelliğini korumak ve kalsiyum homeostazisinde yardımcı olmaktır. Yaklaşık 100-120 gün arasında süren bu süreç kemiğin aynı bölgesinde olabileceği gibi, bir kemik bölgesinin hacmini azaltırken diğer bir alanını yoğunlaştırmak şeklinde de olabilir. Remodeling sırasında kemik yatağının kalsifikasyonunu oluşturan işlemin ayrıntıları ise henüz tam olarak açıklanamamıştır. Kortikal kemik içindeki remodeling oluşum sürecinde osteoklastlar tünel açarken osteoblastlar bunu takip etmektedir. Trabeküler kemikteki süreç ise trabeküllerin yüzeyinde gerçekleşmektedir. Bu bağlamda kompakt kemiklerdeki yenilenme hızı ortalama olarak yılda %4 iken, bu durum trabeküler kemiklerde %20 civarında olmaktadır.

İskeletin (boyun) uzaması yaşamın ilk iki yılında %50 oranında olur. Daha sonra yavaş hızla artan boy uzaması, 1. ergenlik döneminde (13-15 yaş) tekrar hız kazanır. Görülen hızlı artış erkeklerde ortalama 18 (maks. 20) kızlarda 16,5 (maks. 18) yaşına kadar sürer. Yıllık boy uzunluğunun artışı ergenliğe kadar her yıl ortalama 5.08 cm kadardır.

Kemiklerde en hızlı büyüme atağı yukarıda da belirtildiği üzere ilk iki yılda olur. Çocukluk ve puberte dönemindeki zamanın çoğu iskelet kitlesi yapımı ve Ca^{++} biriktirmeye geçer. Erken adult döneminde kemiğin kortikal yoğunluğu hızla artar. 25-35'li yaşlar arasında ise kemik kitle yoğunluğu pik düzeydedir. Kemik kitlesinin yoğunluğu ve içeriği özellikle erken adolesan dönemindeki büyüme sırasında olmak üzere her yaşta, egzersiz, diyet alışkanlıkları, ilaçlar ve hastalıklarla doğrudan ilişkilidir.

Vücudun toplam Ca^{++} miktarının %95'inden fazlası kemiklerde depo haldedir. Kalsiyumun yıllık dönüşüm hızı çocukluk döneminde %100 iken erişkin dönemde %18 olmaktadır. Ca^{++} homeostazisi parat hormon, Vitamin D ve kalsitonin kontrolündedir. Kadınlarda yaşla ortaya çıkan kemik kaybı oranı kemiklerin kortikal kısmında % 35-40, trabeküler kısmında % 55-60 olur. Bu oranlar erkeklerde 2/3 civarındadır.

Kemik matriks ve Ca^{++} içeriğindeki kayıplarla oluşan osteoporoz ve osteopeni iskeleti daha kırılgan yapar. Kemik kitle yoğunluğu (BMD) raporlarına göre; kemik skoru normal olarak (90- 110) arasında iken Osteopenide (76 – 89) arasında, Osteoporozda (<75) altındadır.

Osteoporozu önlemek için yapılacak egzersizler, ayakta yer çekimine karşı yapılmalı, aktif kas kontraksiyonu gerektirmeli ve ağırlık taşımaya yönelik (dirence karşı) olmalıdır. Bu sırada yapılan egzersizlerin kemikte basınç artışı oluşturması sonucunda hücre zarına yönelik mekanik yük iletimi gerçekleşmekte ve hücresel moleküler düzeydeki ATP ve Ca^{++} sinyalli iyon kanalları, mitojen-aktif protein kinaz, EP ve NO gibi ikincil haberciler ve aşağıda yazılan diğer özel hedefler aktive olmaktadır.

- 1-L-tipi (alfa 1C izoform) Ca^{++} kanalları,
- 2-Gadolinium ile aktive olan -Gerime karşı hassas- kanal,
- 3-P2Y2 ve P2X7 gibi purinerjik reseptörler,
- 4-EP2 ve EP4 gibi prostaglandin reseptörleri ve
- 5-PTH reseptörleri

Kemiğin remodeling süreci yer çekimi ve diğer fiziksel etmenlerin iskelet ve kemikler üzerine yaptıkları baskı ve güç ile direk ilişkilidir. Kısa ve yoğun egzersiz dönemleri kemik oluşumunda daha etkili olup, uzun süreli koşullara karşın kısa sprintlerin daha faydalı olduğu ileri sürülmektedir. Haftalık egzersiz aktivitesini bir günde yapmak yerine bir kaç parçaya dağıtarak yapmak daha etkilidir. Günlük egzersiz aktivitesi 8 saat ara verilerek iki bölüm halinde yapılırsa egzersizin osteojenik potansiyeli daha yüksek düzeyde olmaktadır.

Kemiğin kortikal kabuğu özellikle basınç artışına karşı dirençli bir yapıdır. Kortikal kemiği saran periost dokusu ise yaşam boyu süren remodeling için önemlidir. Bu dokuya yapışan ligament ve tendonlar hareket sırasında kuvveti kemiğe ileten eklem unsurlarıdır. Ancak tekrarlanan fiziksel streslere bağlı olarak kortikal kemikte hipertrofi olur. Bazı spor dallarında ise aşırı kalınlaşmalar görülebilir. Tenisçi, basebolcu ve golfçülerin dirseklerinde ulna ve radius epikondilleri, balerinlerin ayaklarında metatarsal kemikler hasar görebilir.

Enerji Metabolizması

(Aerobik Sistem)

Dr. Cem Şeref Bediz

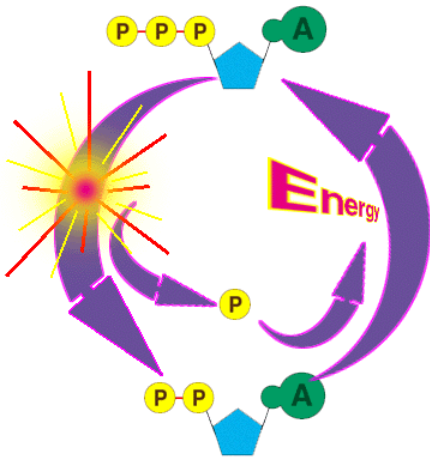
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Spor Fizyolojisi Bilim Dalı

İnsan vücudu işlevlerini devam ettirebilmek için sürekli enerji kullanır.
Enerji için yakıt gerekir.
Karbonhidrat, yağ ve proteinler “basamaklı” olarak “yanarlar” (!)

Karbonhidrat, yağ ve proteinlerin bağları koptukça enerji başka enerjili bağlara geçer.

ATP

ATP içindeki kimyasal enerji açığa çıkarılarak biyolojik işler için gereken güç sağlanır.

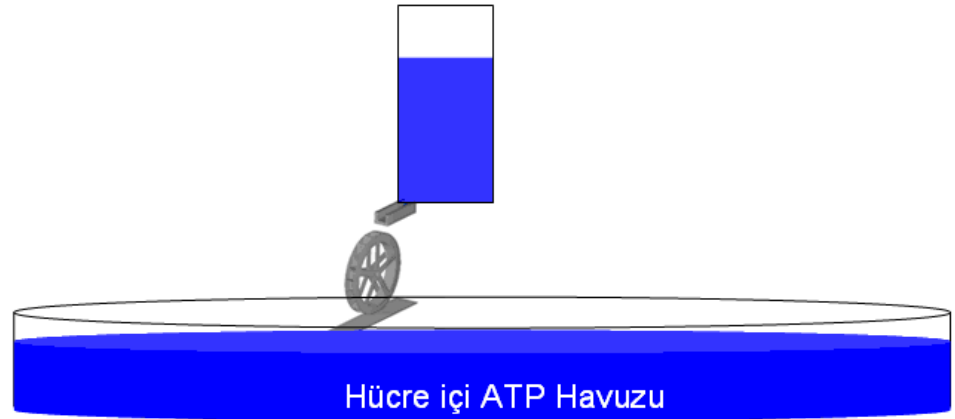


ATP en ideal enerji transfer molekülüdür.

ATP parçalanmasından elde edilen enerji doğrudan başka moleküllere transfer edilebilir.
bütün biyolojik işler için ATP gereklidir.
Bu yüzden ATP hücrenin “Nakit Parasıdır”.
Hücrenin içinde her zaman bir miktar “Nakiti” bulunur.

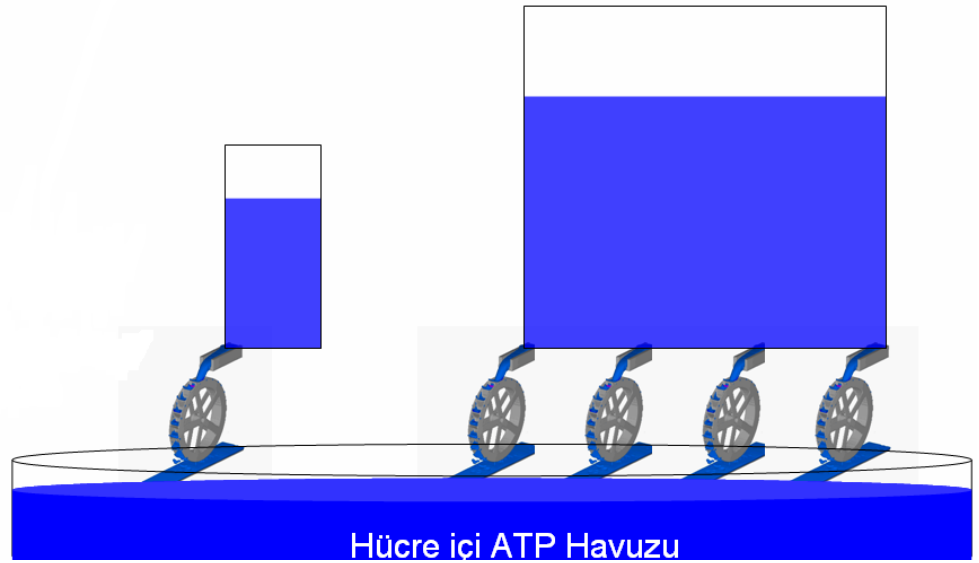
Enerji gerektiğinde hücre hemen ATP harcamaya başlar.

Hücrede hazır bulunan ATP miktarı sınırlıdır. Bu yüzden kullanıldığı kadar hızlı olarak yerine konması, üretilmesi gerekir.



ATP yapımını kontrol eden en önemli ölçek hücre içindeki ATP/ADP oranıdır. Enerji ihtiyacının artmasıyla bu oran hemen bozulur.

Bu dengesizlik ATP üretimini artırır.



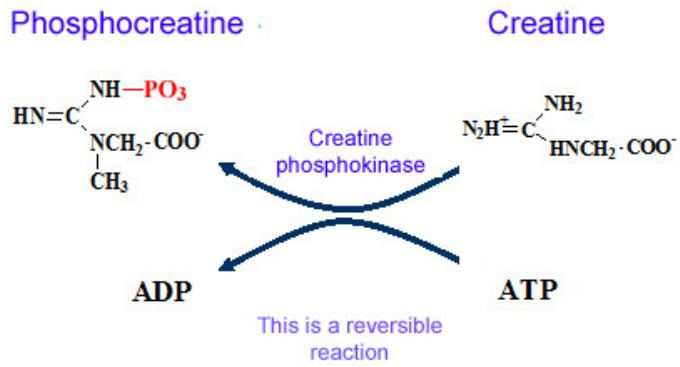
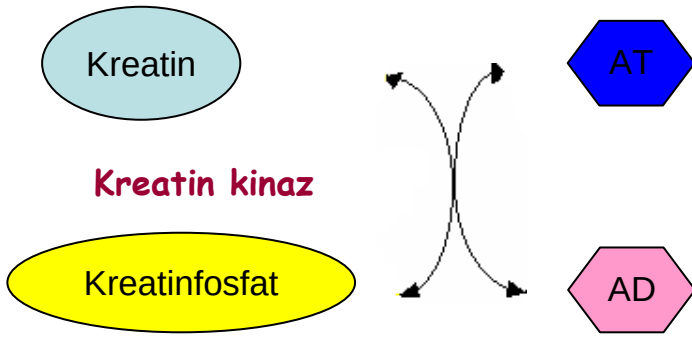
Hazır durumdaki ATP miktarı:

Patlayıcı tarzda bir egzersizi birkaç saniye yapabilecek kadar enerjiye karşılık gelir.

Depolanmadaki bu “az”lık durumu nasıl aşıılır?

ATP’nin sürekli yeniden sentezlenmesi için gereken enerji önce “kreatinfosfat”tan (CP) gelir.

Kreatin kinaz enziminin aktivite hızı çok yüksektir.



Bir diğer kaynak “Adenilat kinaz” reaksiyonudur.



Kreatin kinaz ve **adenilat kinaz** reaksiyonları sadece ATP sağlamakla kalmaz, hücre için sinyal oluşturan bazı yan moleküllerin de artmasını sağlar.



Daha uzun süreli ATP ihtiyacı için diğer depo/besin kaynaklarının katabolizması gerekir.

Karbonhidrat, Lipit, Protein

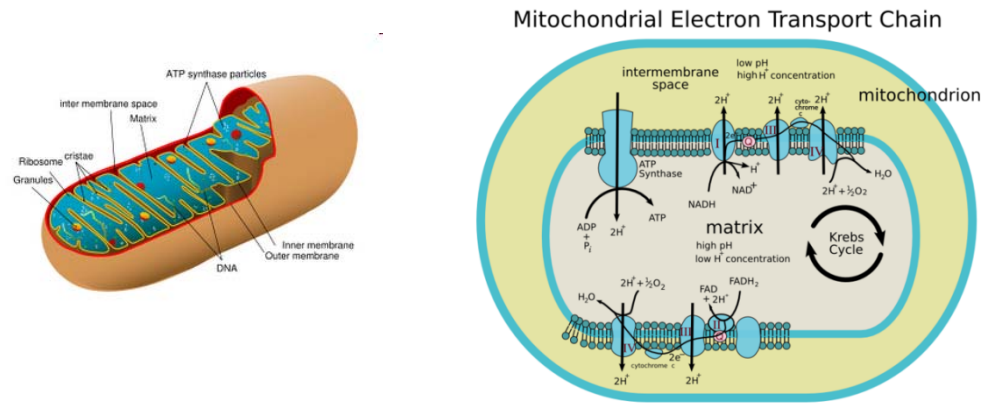
Biyolojik Yanma : Oksidasyon – Redüksiyon (elektron bırakma –elektron tutma)

Besinlerin parçalanması, aslında bir bakıma, basamaklı şekilde H^+ atomlarını bırakmalarıdır.

H^+ iyonları ne işe yarar?

NAD^+ ve FAD^+ ayrılan H^+ ve elektronları tutar.

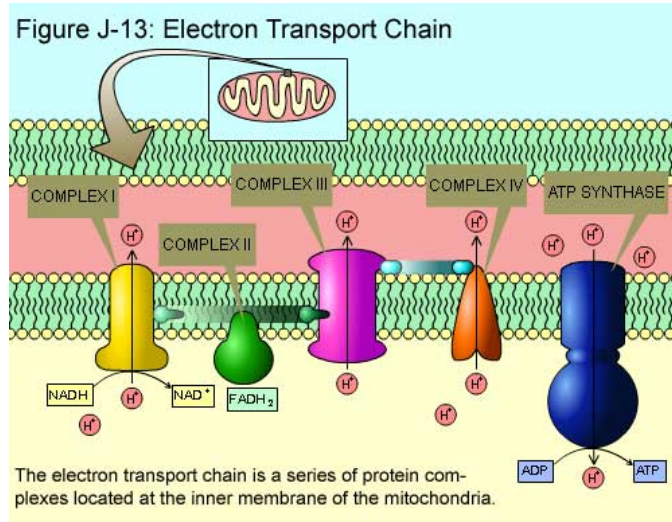
$NADH^+$ ve $FADH_2$ şeklinde elektronları Mitokondri iç zarına taşırlar.



Mitokondri iç zarında **sitokromlar** yer alırlar.

Yapılarında Fe^{++} ve protein bulunur.

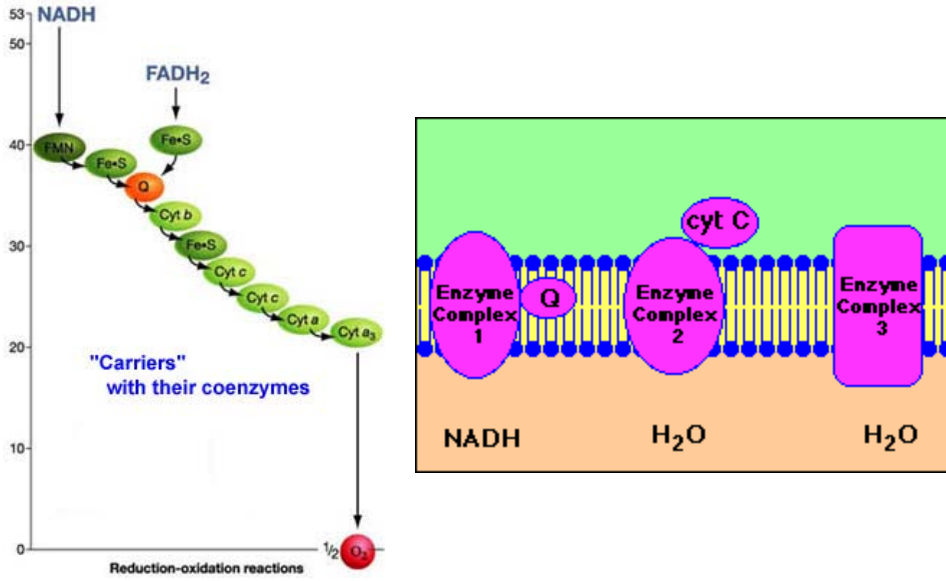
$NADH^+$ ve $FADH_2$ tarafından getirilen elektronları alır ve birbirlerine aktarırlar.



Önceki sitokrom elektronu kendinde saklayamaz; bir sonraki proteine aktarır.

Bu yolun en sonunda da elektronu en çok isteyen O_2 bulunur.

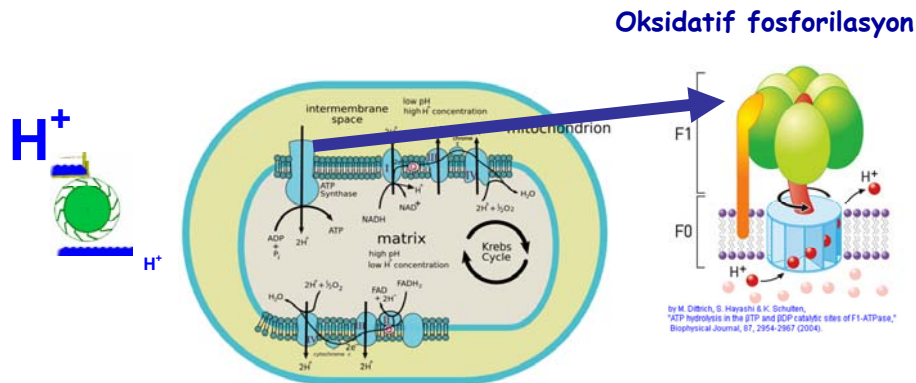
(sitokrom oksidaz=sitokrom aa3) **Oksijene** elektronları aktararak iki H^+ tutunmasını ve H_2O oluşmasını sağlar.
Bu şekilde özel taşıyıcılarla elektronun taşınması işine “**hücre solunum**” denir.



Elektron Transport Zinciri

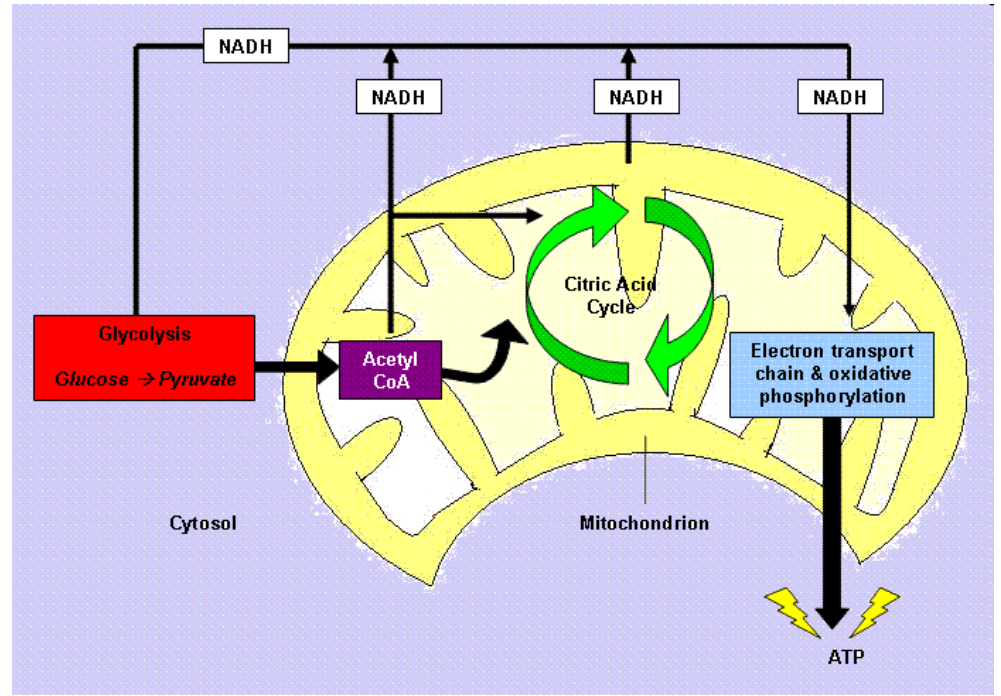
Mitokondri zarları arasına H^+ pompalandıkça matriks ile arasında bir gradyan oluşur. Elektrokimyasal enerji değirmeni : Kemiosmoz

ATP sentetaz için gereken enerjiyi bu gradyan sağlar.



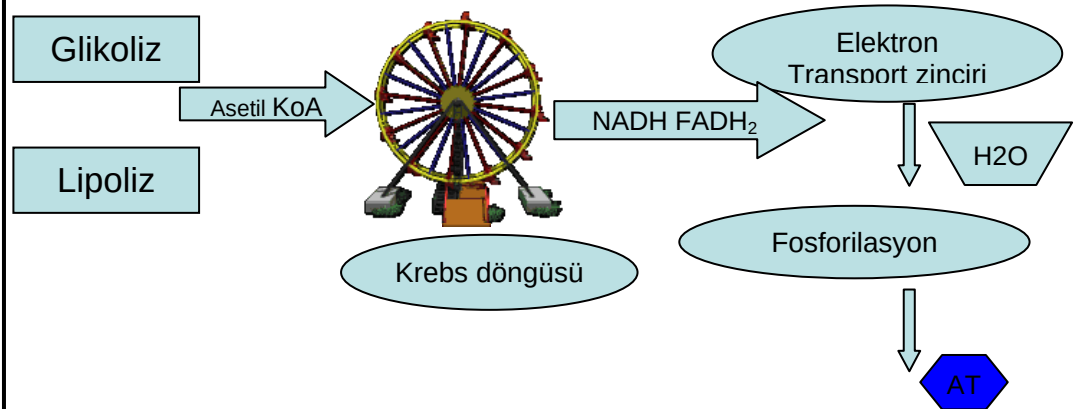
Oksidatif fosforilasyon hiç durmaz...

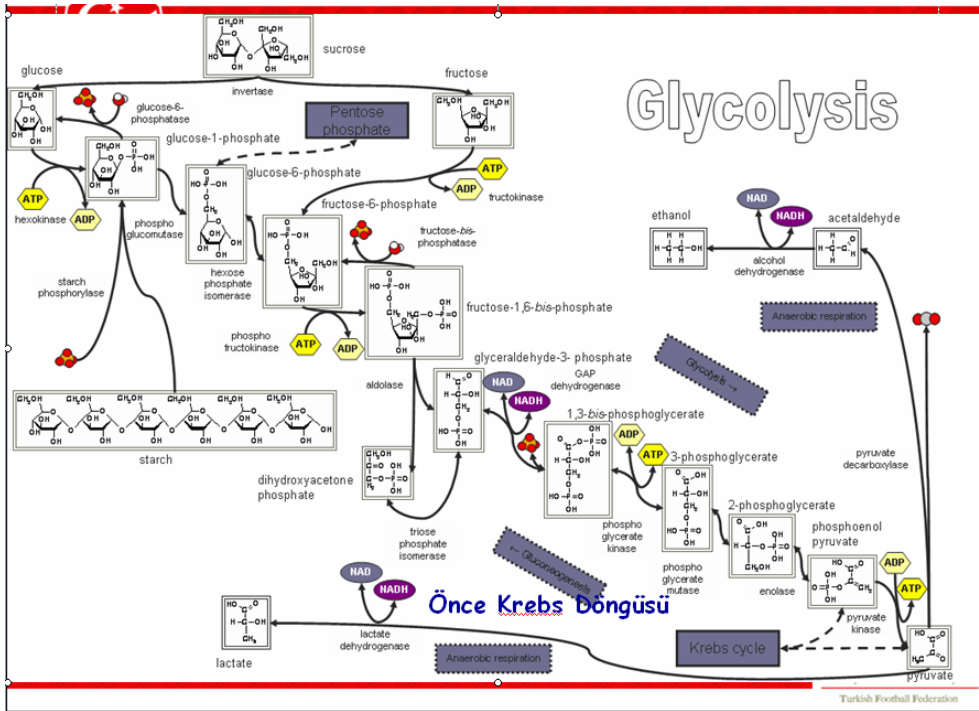
Bu değirmenin suyu (NADH ve FADH₂) nerden gelir?



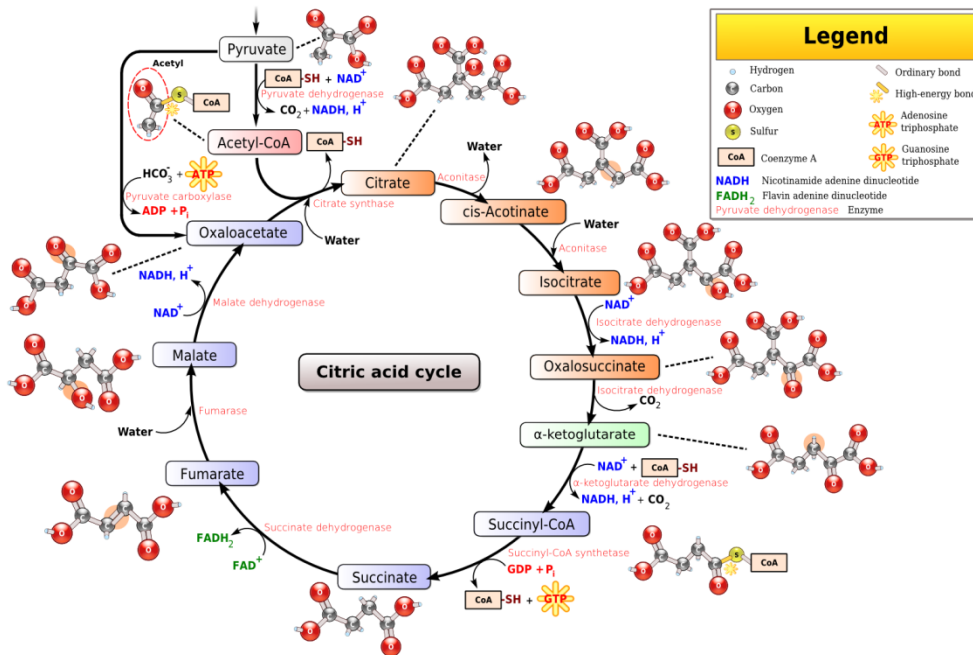
Oksidatif fosforilasyon ile ATP'nin sürekli üretilmesi için 3 şarta gereksinim vardır.

- 1-Hücrelere sürekli NADH ve $FADH_2$ sağlanması
- 2-Hücrede sürekli O_2 bulunması
- 3- Uygun hızda enerji transferi sağlamaya yeter sayıda mitokondri ve enzimlerin bulunması





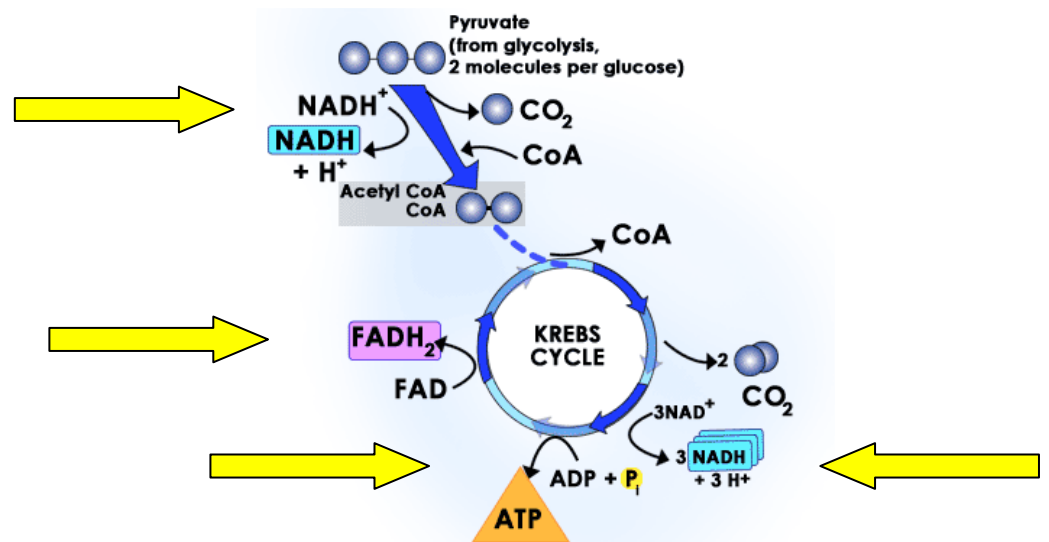
Glikolizden gelen 3 karbonlu piruvat 2 karbonlu Asetil KoA şekline döner.



2 karbonlu Asetil KoA 4 Karbonlu oksaloasetat ile birleşerek 6 karbonlu sitrik asit oluşturur.

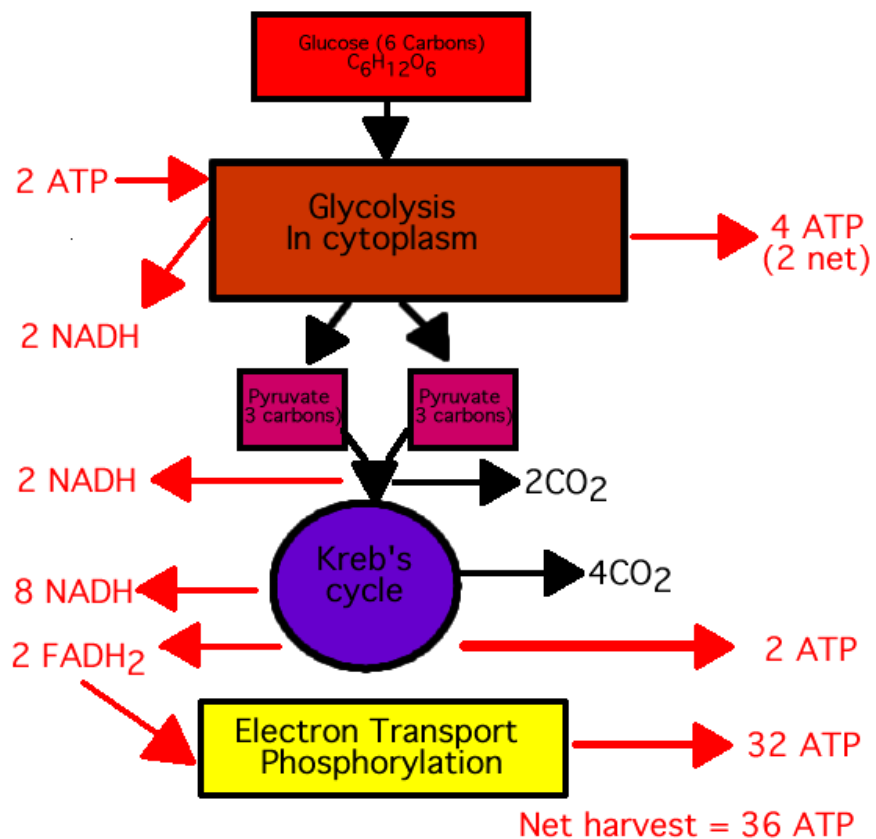
2 karbonlu Asetil KoA 4 Karbonlu oksaloasetat ile birleşerek 6 karbonlu sitrik asit oluşturur.

Oksidasyon ile sağlanan H^+ 'ler ETZ'ne taşınır.



Hasat zamanı

Bir Glikozdan net elde edilen ATP miktarı



Lipitler için neler biliyoruz?

- Yağlar vücudun en büyük enerji deposudur.
 - Yağ dokusundan başka kas hücresi içinde de, ve üstelik mitokondrilere çok yakın şekilde, depolanırlar. (Trigliserit şeklinde)
 - Ayrıca yağ depolarından gelen trigliseritler de kanda hazır bulunur.
 - Trigliseritler sitoplazmada gliserol ve yağ asitlerine parçalanırlar.
- Yağlardan karbonhidratlara göre daha fazla ATP elde edilir;

Ancak, yağların parçalanmasında daha fazla O₂ harcanır.

**Antrenmanlar ile yağdan enerji kullanma becerisi ARTIRILABİLİR...
NEDEN ?..**

- Yağ asitleri mitokondri içinde Beta Oksidasyona uğrar ve bol miktarda Asetil KoA oluşturur.
- Asetil KoA'lar ise Krebs döngüsüne girer.

“Krebs döngüsü sadece glikoz metabolizmasında piruvatı parçalamakla kalmaz...”



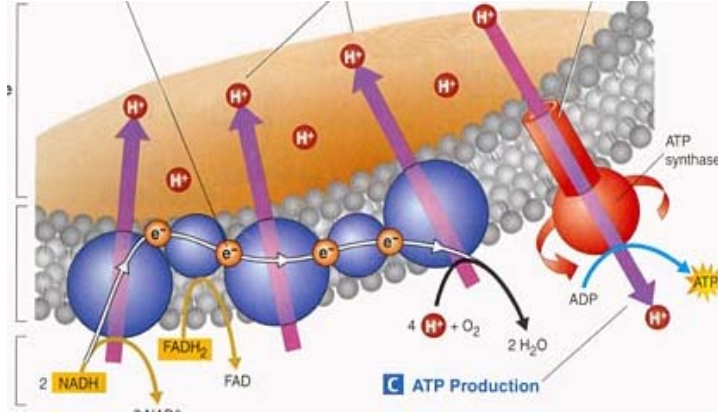
- Yağlar Karbonhidratların ateşinde yanar.

Aerobik Metabolizma Neye Denir?

Oksijenin solunum zinciri sonunda elektronları kaparak su oluşumunu sağladığı enerji üreten reaksiyonların **tümüne** denir.

Aslında Oksijenin ATP üretiminde doğrudan katkısı yoktur.
Ancak, reaksiyon dizisinin sonunda oksijenin varlığı ATP üretiminin kapasitesini belirler.

Bu yüzden de, Oksijenin **ne kadar sağlanabildiği** ve **ne kadar kullanılabildiği** dayanıklılık egzersizinde yapılan işin büyüklüğünü belirler.



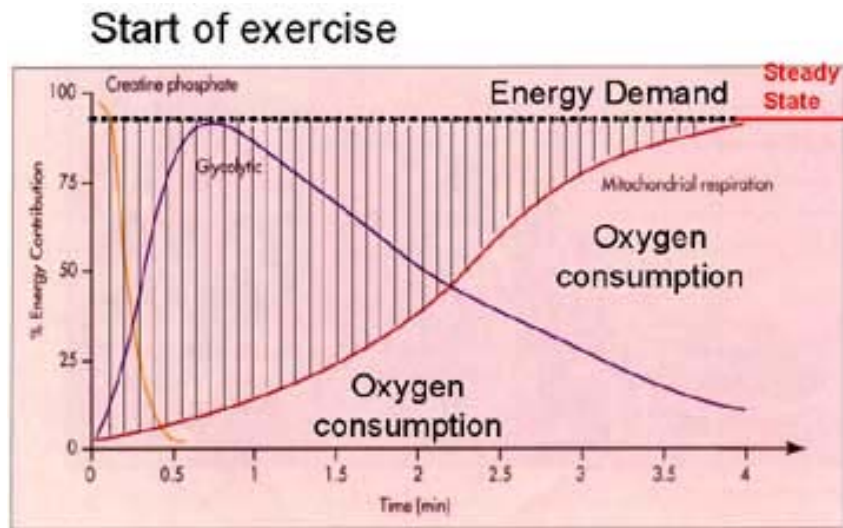
Aerobik metabolizma ne zaman devreye girer?
Enerji harcaması arttığı anda, ATP üretimi de hızlanır.

Oksidatif yolların hepsinde hızı kontrol eden bir anahtar enzim vardır.

**Hücre içi ATP/ADP oranı,
mitokondri NADH/NAD⁺ oranı**

AMP, ADP, Pi, cAMP, AMPK, Ca⁺⁺, sitrat, NAD⁺ vb...

Hepsi hücrede ATP üretimini uyarır.





Aerobik Metabolizma Yakıt seçimini Nasıl Yapar?

- Karbonhidrat mı, Yağ mı?



TFF
Türkiye Futbol Federasyonu
Turkish Football Federation

YAKIT SEÇİMİNİ 3 FAKTÖR ETKİLER :

- Diyet
- Egzersiz şiddeti
- Egzersiz süresi
- Düşük şiddetteki egzersizde primer yakıt yağlardır.
- Şiddet arttıkça karbonhidrat metabolizmasının katkısı yükselir.



1- Hızlı liflerin etkinliği

Glikolitik enzimler ↑
Mitokondrial enzimler ↓
Lipolitik enzimler ↓

2- Kan epinefrin seviyesi

Glikoliz ↑
Laktat ↑ ⇒ Serbest yağ asitleri ↓

- Uzun süreli egzersizde yağların kullanılması artar.
- Epinefrin, norepinefrin ve glukagon, büyüme hormonu ARTAR !
(lipazları aktive eder)
- İnsülin AZALIR !

(insülin ve laktik asit, ketonlar lipolizi inhibe eder)

Kasın Oksidatif Kapasitesini ne belirler?

Enzim aktivitesi,

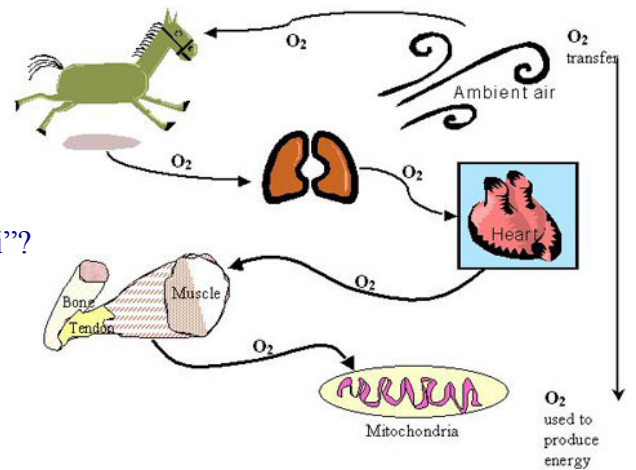
Mitokondriyal Oksidatif enzimler, Süksinat dehidrogenaz, sitrat sentaz

Kas lifi tipi dağılımı ve dayanıklılık antrenmanı

Tip I lifler, Tip II lifler

Mitokondri sayıları, oksidatif enzim aktiviteleri

Oksijen kullanımı



Aerobik Metabolizma “biter mi”?

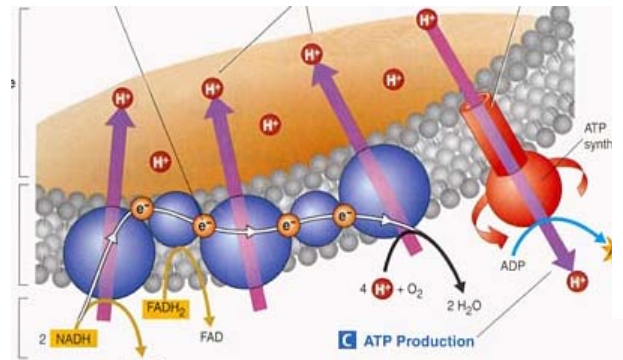
Şeker biter,

Yağ biter,

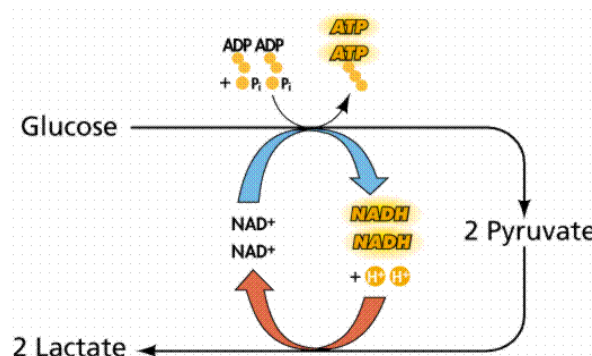
Gaz biter...

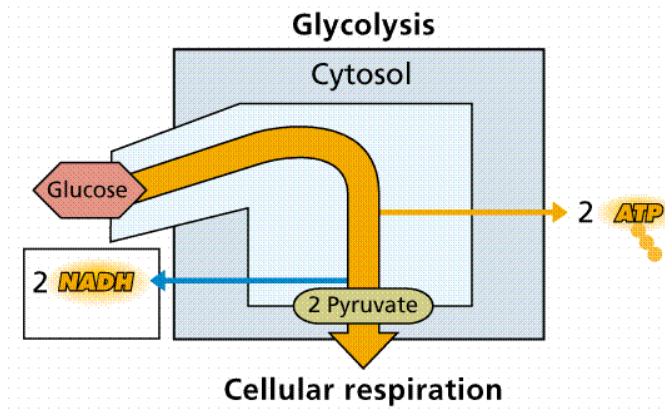
Şiddetli bir egzersizde oksijen temininde veya oksijenin kullanılmasında bir yetersizlik olursa:

Hidrojen oluşumu ile Hidrojenin Oksijene taşınması arasında bir dengesizlik oluşur.



Elektron akışı durur. H^+ NAD ve FAD’a bağlı kalır. Piruvat → Laktat dönüşümü artar. NADH’ler bu yol ile bir süre daha boşaltılır. Enerji metabolizmasının devamı sağlanır.





Ancak Laktat üretiminin de bir sınırı vardır, ve o sınıra ulaşılnca piruvatın laktata dönüşmesi engellenir. Bu noktadan sonra NADH'lerin H^+ bırakmak için bir yolları kalmaz.

Enerji Metabolizması

(Anaerobik Sistemler)

Dr. İlker YÜCESİR

İstanbul Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu

Organizmada enerji üretimi ile ilgili konular bu dersin konularıdır. Ders sırasında sözlü olarak daha geniş bilgi verilmiş olmakla birlikte; bu özeti içeriği konu hakkında genel bilgilenme açısından yeterli olacaktır. Ancak konunun önemini bilen ve mesleki açıdan faydalanmak üzere konuya eğilen kişiler için bu metnin içeriği ancak bir başlangıç ve yol göstericilik yapabilir. Fizyoterapist arkadaşlara yardımcı olabilmek amacıyla hazırlanan bu metin hiçbir şekilde akademik kaynak olarak kabul edilemez.

ATP

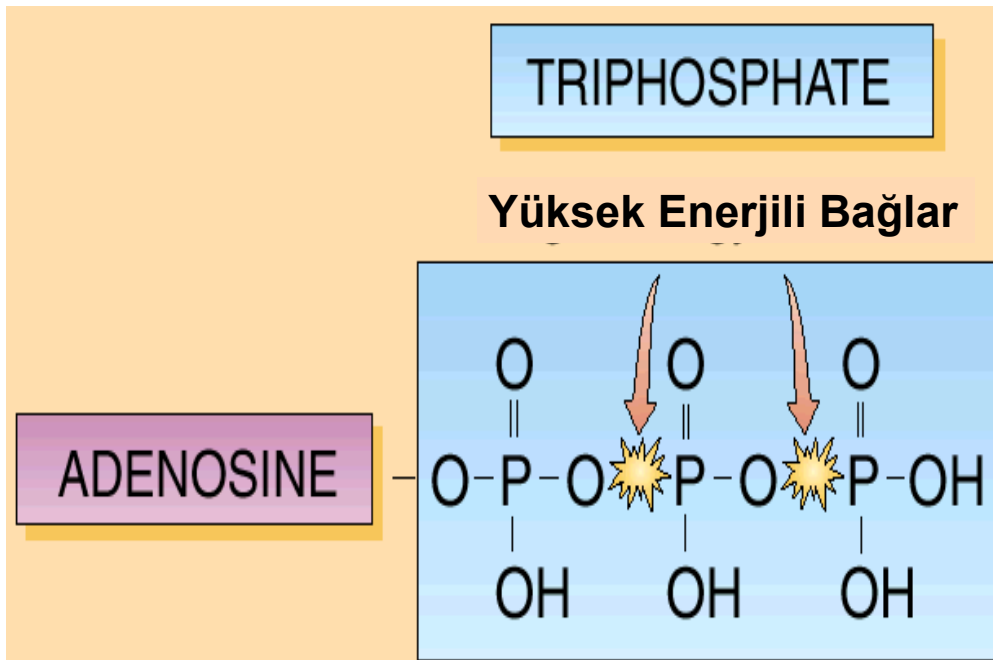
Enerji kullanımının ana maddesi AdenozinTriFosfattır: **ATP**

Fosfat iyonunun adenozinle bağı çok kuvvetlidir ve önemli bir miktar enerjiyi barındırır. Ayrışma reaksiyonunun gerçekleşmesi için **ATPase** denen bir enzimin varlığı gereklidir.

Önemli: ATP Hidrolizi (ayrışması) oksijene ihtiyaç duymaz

$ATP \rightarrow ADP + P_i$; bu reaksiyon sırasında enerji açığa çıkar ve bu enerjinin bir kısmı ısı olarak çevreye yayılırken bir kısmı da amaca uygun olarak (örn: kas kasılması) kullanılır. ATP kullanılabilen tek enerji kaynağıdır.

ATP kas içinde sadece birkaç saniye yeterli olacak kadar depolanmıştır. İş yapabilmek için gereksinim duyulan ATP sürekli olarak üretilir.



Şekil 1. ATP; AdenozinTriFosfat

ATP Üretimi (enerji sistemleri)

Anaerobik-alaktik → oksijen kullanmaz

Anaerobik-laktik → oksijen kullanmaz

Aerobik → oksijen kullanır

ATP Havuzu:

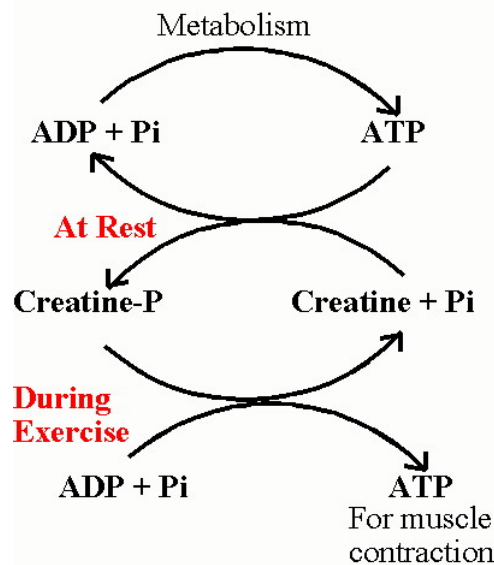
Hücre içinde hazır olarak bulunan ATP miktarını ifade eder. Tüm enerji sistemleri sürekli olarak bu miktarı sabit tutmaya çalışır (harcama miktarı kadar ATP üreterek havuzu doldurmaya çalışır).

TÜM SİSTEMLER EŞ ZAMANLI OLARAK ÇALIŞIR

Her türlü aktivite sırasında tüm enerji sistemleri devrededir. Yani herhangi bir aktivite sırasında (sprint-jogging fark etmez) tüm sistemler ATP yapımında rol alır. Ancak; ATP'nin tüketim hızı (sprint sırasında çok hızlı, jogging sırasında yavaş) hangi sistemin öncelikli olarak havuzu dolduracağını belirler. Diğer önemli bir belirleyici ortamda oksijen varlığı veya yokluğudur. **Gerçekte oksijen sürekli olarak mevcuttur;** ancak mevcut oksijenle üretilen ATP miktarının yeterli olup olmaması söz konusudur (hızlı tüketimde örn: sprint, üretilen miktar tüketimi karşılamaz ve öncelik anaerobik sistemlerde olur). Eğer oksijenli ATP üretimi göreceli olarak yetersiz kalırsa, egzersiz tipine bağlı olarak kasa giden oksijende azalma söz konusu olursa ya da yükseklik gibi ortam oksijeninin kısmi eksikliği gibi bir durumda oksijen yokluğundan bahsedilir.

Acil (Anında) Enerji Sistemi: ATP-Fosfokreatin (kreatinfosfat) Sistemi
Anaerobik-alaktik olarak da adlandırılır. Hiç O₂ kullanılmaz. Maksimum eforda 6-8 saniye sürelidir. Yavaş bir yürüyüşe 1dak., hafif bir koşuya 20-30 san. dayanır. Tüketilen ATP Kreatinfosfat kullanılarak restore edilir (yerine konur).

Phosphagen System

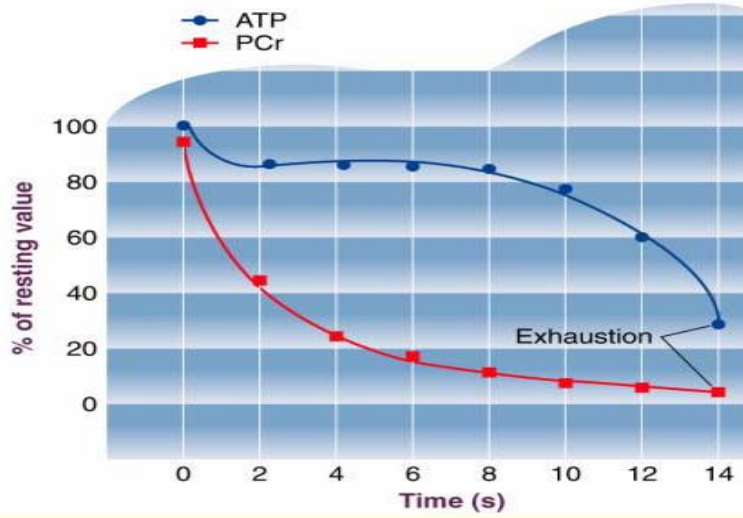


Kreatinfosfat (fosfokreatin): CP (PCR) kasta bulunur. $CP \rightarrow C + Pi + \text{enerji}$. Açığa çıkan enerji ATP'nin refosforilasyonu [$ADP \text{ den } ATP \text{ yapımı, ayrılan fosforun tekrar bağlanması (} ADP + Pi + \text{enerji} \rightarrow ATP \text{) }]$ için kullanılır.

ADP'den tekrar ATP üretmek için CP'deki bağın enerjisi ve serbest Pi (kreatinden veya ATP'den ayrılan) kullanılır.

ATP kullanıldıkça, CP ADP'den ATP üretir. Bu bir bardağın boşaldıkça doldurulması gibidir

Şekil 2. İstirahat (*At Rest*) halindeki ve çalışan (*During Exercise*) kasta ATP-CreatineP değişimi



Şekil 3. Tüketici efor yapan bir kasta ATP-CP konsantrasyonundaki değişim

ÖZET

ATP yegane enerji kaynağıdır
Kasın sıvı hacmi içinde depolanmıştır
Yalnızca sn.'lerle sınırlı süre egzersize yeterli miktarda bulunur
Enerji serbestlemesi için ATPaz gerekir
ATP'nin acil üretimi için Kreatin Fosfat kullanılır
Bu işlem için Kreatin Kinaz kullanılır

Anaerobik-Laktik Sistem

Diğer adları “**kısa süreli enerji sistemi**” ve “**anaerobik glikoliz**” dir (glikoz yıkımı).

Oksijensiz ATP üreten bir mekanizmadır. Hızlı enerji gereken (ATP üretimi) ve oksijen desteğinin yetersiz kaldığı durumlarda devrededir. Glikoz hücrede enerji (ATP) üretimi için kullanılmaya başladığında önce bu işlem başlar (sitoplazmada). “Aerobik glikolizin başlangıç basamaklarında yarım kalması” olarak tanımlanabilir. Yalnızca karbonhidratlar (glikoz) kullanılır. Maksimum eforda en fazla 1,5-3 dak. süreyle enerji sağlar. FT lifleri daha çok bu sistemi kullanırlar. Laktik asidoz (kanda laktik asit artışıyla kan pH'sının düşmesi) ile sona erer. Asidoz (hücre içi veya kanda asitliğin artması) enerji üreten sistemlerin ve diğer bazı yaşamsal mekanizmaların işleyişini durdurur.

Bu işlem bir topu tepe aşırıp yuvarlamaya benzer.

- 1.Adım: Topa tepeyi aşırma (enerji gerekir; ATP kullanılır)
- 2.Adım: Olayı yer çekimine bırakıp izlemektir (enerji gerekmez kendiliğinden devam eder)

ATP-PC Sistemi maksimum eforla en çok 10 sn. dayanarak tükenir⇒ bu sistemin dışında ATP üretmek gerekir...

Glikoz hücre sitoplazmasında oksijen kullanmaksızın (anaerobik) ATP üretebilir.

Glikoz hücre içine aktif transportla taşınır ve glukoz 6-Fosfat halinde hücreye girer (enerji gerekir; 1 mol. ATP). Enerji kullanılan (1 mol ATP) diğer basamak $F6P \rightarrow F1,6\text{-biP}$ basamağıdır ve PFK (fosfofrüktokinaz) işlemin devamında anahtar rol oynar. Bundan sonra molekül bölünür. Bölünme ürünü ara basamaklardan sonra piruvata (pirüvik asit) dönüşür.

Bir glikoz molekülünün yıkıma hazır hale gelmesi için 2 mol. ATP harcanır. Daha sonra; bölünmeden pirüvik asite kadar ki basamaklarda 2 mol. ATP oluşur. Bölünme sebebiyle bu işlem iki kez gerçekleşir $\Rightarrow 2 \times 2\text{mol. ATP}$. 2 mol harcanan ve 4 mol. kazanılan ATP ile net kazanç = 2 ATP.

Bu işlem hücre sitoplazmasında gerçekleşir. Oksijen varlığında pirüvik asit mitokondriye girer ve aerobik sistem devam eder. Oksijen yokluğunda ise pirüvik asit laktik asite dönüşür ve aerobik enerji üretimi duraksar, laktik asit sitoplazmada birikmeye başlar. Ancak laktik asit oluşumu bir yandan da 2 Hidrojen molekülünü alarak elektron taşıyıcısı NAD molekülünü serbest bırakır ki, bu sayede yukarıda anlatılan pirüvik asite kadar olan ve toplamda 2 mol ATP kazanılan oksijensiz basamaklar devam edebilir. Biriken laktik asit kana geçer; böylece hücre içi ile hücre dışındaki laktik asit yoğunluğu dengelenir. Laktik asit kas hücresi içinde ve kanda belli bir seviyeye yükseldiğinde (laktik asidoz) egzersize devam edilemez.

Oksijen kullanmaması ve laktik asit oluşması sebebiyle bu sisteme anaerobik-laktik sistem denir. Oksijen kullanılmaması ve laktik asit oluşması sistemin amacı değil, şartların sonucudur.

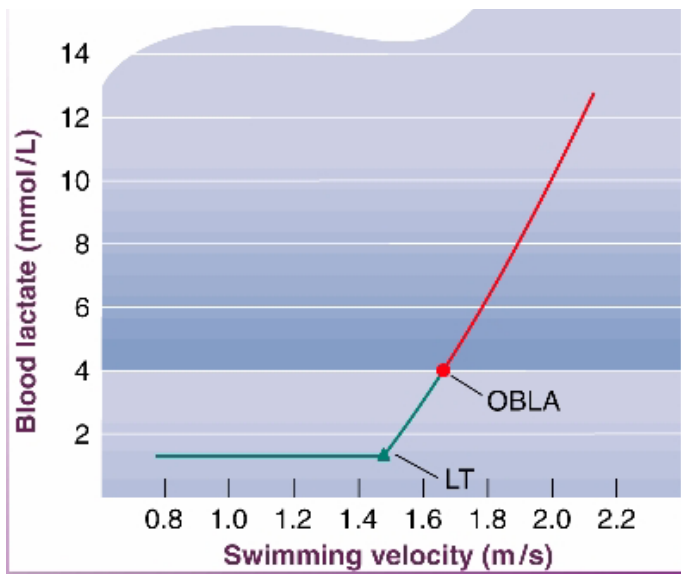
Anaerobik eşik, laktat eşiği:

Bu iki terim ve bazı başka terimler aynı fizyolojik olayları tarif etmek üzere bir biri yerine kullanılmaktadır. Ancak biz burada bu iki terimi iki farklı olay için kullanacağız. Bu olaylar şiddeti dereceli olarak artan egzersiz sırasında ölçülen laktik asit seviyelerinin kaydedilmesi ile oluşturulan grafiklerde 1. ve 2. kırılma olarak da ifade edilmektedir. Böyle bir grafikte gözlenen 1. kırılmayı laktat eşiği, 2. kırılmayı anaerobik eşik olarak adlandıracaktır. Laktatın istirahat seviyelerinin üzerine, (rakamsal olarak 2 mmol'ün üzerine) çıkmaya başladığı ilk artışı "laktat eşiği", 4 mmol'ün üzerine çıktığı 2. kırılmayı "anaerobik eşik" olarak adlandırıyoruz.

Egzersiz yüksek şiddette başlarsa anaerobik-laktik sistem egzersizin başında saniyeler içinde yüksek oranda aktif olur ve laktik asit birikmeye başlar. Bu şekilde performans gerektiren branşlarda laktik asit çok çabuk yükselir ve egzersiz de dakikalar içinde sonlandırılır. Böyle bir eforda yukarıda anılan şekilde bir ayırım yapmak zordur, pratikte de yapılmaz.

Egzersiz düşük şiddette başlayarak şiddeti kademeli olarak artarsa erken dönemde aerobik sistem baskın olur. Bu sırada, hatta tam istirahat halinde de vücutta laktik asit oluşur ancak birikme olmaz. Artan egzersiz şiddeti ile laktik asit üretimi de artar. Bu artış bir süre tolere edilebilir ve oluşan laktik asit elemine edilir. Ancak süregelen bir egzersizde belirli (her sporcu için bireysel olarak farklı) bir egzersiz şiddeti seviyesinin üzerine çıkılarak

egzersiz şiddeti artarsa üretilen laktik asit aynı hızla elemin edilemez ve laktik asit seviyesi istirahat düzeyinin üzerinde seyretmeye başlar. Bu nokta laktat eşiği olarak adlandırılır. Genellikle 2 mmol laktat seviyesi olarak tarif edilir. Bu şiddet seviyesinin üzerinde kandaki laktik asit miktarı artar, ancak genellikle 4 mmol laktik asit üretimine yol açan egzersiz şiddeti seviyesine kadar birikme olmaz ve laktik asitin üretim hızı eliminasyon hızı ile dengelenerek kandaki laktik asit seviyesi istirahat üzerinde bir seviyede sabit kalır (örn: 3 mmol). Egzersiz şiddeti laktik asit eliminasyon hızının üretim hızını dengeleyemediği bir şiddet seviyesine ulaştığında ise egzersiz şiddeti daha fazla arttırılmasa dahi vücutta laktik asit birikmeye dolayısıyla kanda ölçülen miktar artmaya başlar. Bu seviye yukarıda da belirtildiği gibi bireysel olarak değişmekle birlikte sıklıkla 4 mmol laktat seviyesi civarındadır.



Şekil 4. Yüzme hızındaki artışla (egzersiz şiddetindeki artış) ölçülen laktik asit seviyesindeki artış. LT (laktat eşiği; “Lactate Threshold”) OBLA (anaerobik eşik “Onset of Blood Lactate Accumulation”).

Aerobik enerji sistemi

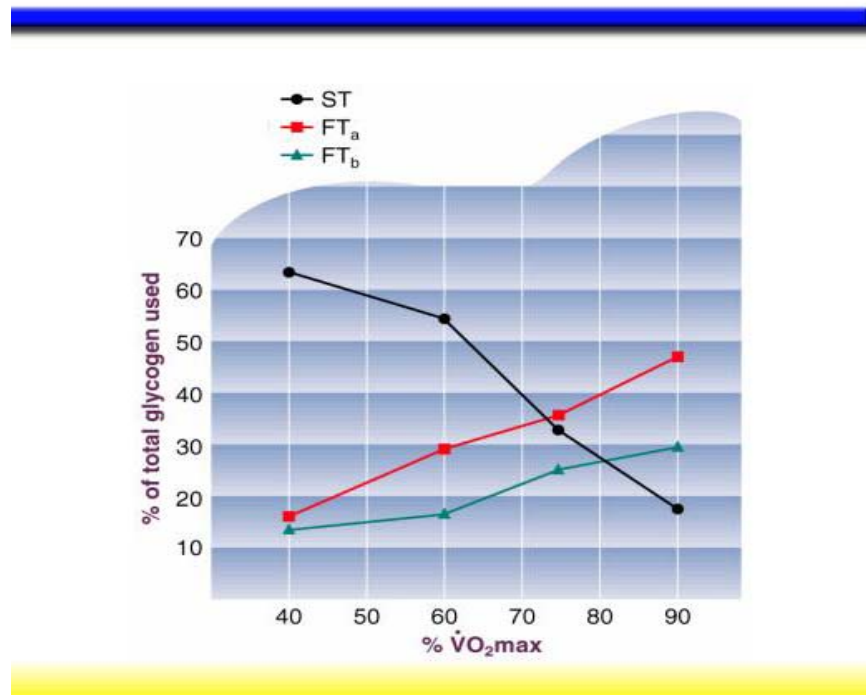
Oksijen kullanılarak ATP üreten çeşitli mekanizmalar mevcuttur. Glikoz, glikojen, yağlar, amino asitler (protein) farklı, fakat genellikle iç içe geçen mekanizmalarla oksijen kullanarak ATP üretirler. En verimli sistemlerdir. Teorik olarak limitsizdirler. Özellikle yağ tüketerek ATP üreten oksijenli sistemler yağ depolarının büyüklüğü sebebiyle pratikte olmasa da teorik olarak günler boyu tüm ATP gereksinimini karşılama kapasitesine sahiptir. Uzun süreli, görece düşük tempolu egzersizde ve günlük hayatta en ağırlıklı sistemlerdir.

Kas Lifi Tipleri Enerji Sistemleri İlişkisi:

Temel olarak Yavaş ve Hızlı Lifler olmak üzere 2, 1 de bu iki tipin özelliklerini barındıran aratıp olmak üzere 3 tip kas lifi vardır. “Kas” konusunda bahsedilen bu konunun enerji sistemleri açısından önemi farklı kas lifi tiplerinin içerdikleri enzimler ve işlevsel farkları sebebiyle farklı enerji sistemlerini kullanmalarıdır. Yavaş lifler oksijenli (aerobik) yolla

enerji (ATP) üretimi yaparken hızlı lifler oksijensiz (anaerobik) yolla enerji (ATP) üretimi yaparlar.

Yapılan çalışmalar farklı branş sporcularında kas lifi tiplerinin oranlarının farklı olduğunu göstermiştir. Ancak; sporcular arasında kas tipi kompozisyonu açısından ciddi farklar bir branşı üst düzeyde yapan elit sporcular için söz konusudur. Dayanıklılık sporcularında yavaş-oksidatif lifler fazladır. Halter, sprint koşuları gibi kuvvet sporlarında hızlı-glikolitik lifler fazladır. Futbol, basketbol gibi branşlar iyi bir karma gerektirir. Bu lif kompozisyonları branşların enerji tüketim/üretim özellikleri, dolayısıyla hakim enerji sistemleri açısından önemlidir.



Şekil 5. Farklı tip kas liflerinin değişik egzersiz şiddetlerindeki glikojen tüketim oranları

TABLE 4.2 Five Zones of Intensity for Cyclic Sports

Zone no.	Duration of work	Level of intensity	System producing the energy	ERGOGENESIS%	
				Anaerobic	Aerobic
1	1-15 s	Up to maximum limits	ATP-CP	100-95	0-5
2	15-60 s	Maximum	ATP-CP and LA	90-80	10-20
3	1-6 min	Submaximum	LA and aerobic	70-(40-30)	30-(60-70)
4	6-30 min	Medium	Aerobic	(40-30)-10	(60-70)-90
5	Over 30 min	Low	Aerobic	5	95

Şekil 6. Egzersiz süresi ve yoğunluğu (şiddeti) ile enerji sistemleri ilişkisi. *Duration of work:* Egzersiz süresi; *Level of intensity:* Yoğunluk (şiddet) seviyesi; *System producing the energy:* Enerjiyi üreten sistem; *Ergogenesis%:* % iş üretimi.

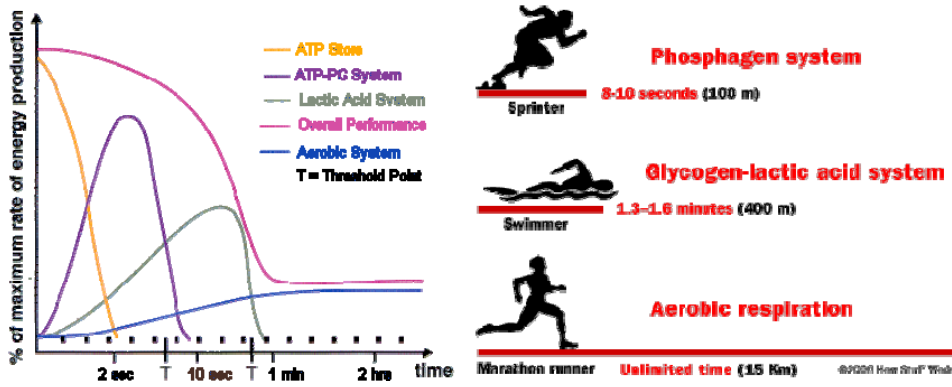
Laktik asit oksidasyonu:

Üretilen laktik asit oksijen varlığında enerji elde etmek amacıyla kullanılır. Vücutta bazı organlar laktik asiti metabolize ederek enerji üretebilir. Özellikle karaciğer tüm sistemden laktik asitin uzaklaştırılmasında önemli rol oynar. Laktik asit oluşan şiddetteki egzersiz bittiğinde (yada ara verildiğinde) oksijen aerobik ATP yapımının yanı sıra laktik asiti piruvata çevirmek için de kullanılır ve birikmiş olan laktik asit tüketilir.

Laktik Asidin diğer eliminasyon yolları:

Laktik Asit K.ciğere alınarak glikoneojenezle (Cori siklusu) glikoz & glikojene dönüşür,

veya K.ciğer L. Asidi bir amino asit (protein yapıtaşı) olan alanine çevirir. Kalp laktik asidi yakıt olarak kullanabilir Bir miktar laktik asit de idrar ve terle atılır.



Şekil 7. Enerji sistemlerinin maksimal egzersizde etkinlik süreleri ve süreye göre baskın olan sistemler. Grafiklerdeki sürelere özellikle dikkat ediniz!

ATP Store: ATP deposu.

ATP-PC System: ATP – Fosfo kreatin sistemi, fosfojen sistem, anaerobik-alaktik sistem.

Phosphagen system: ATP – Fosfo kreatin sistemi, fosfojen sistem, anaerobik-alaktik sistem.

Lactic Acid System: Laktik asit sistemi, anaerobik-laktik sistem.

Glycogen-lactic acid system: Laktik asit sistemi, anaerobik-laktik sistem.

Aerobic System: Aerobik sistem, oksijenli sistem.

Aerobic respiration: Aerobik solunum, aerobik sistem, oksijenli sistem.

Sprinter: Sprinter, kısa mesafe sürat koşucusu.

Swimmer: Yüzücü, 1,3-1,6 dakikalık bir efor yaptığına dikkat ediniz!

Marathon runner: Maratoncu

Enerji Metabolizması

(Laktat Eşiği, Obla, Maks. VO_2 , Oksijen Borçlanması, Toparlanma)

Dr. Hızır Kurtel

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi

Fizyoloji Anabilim Dalı Spor Fizyolojisi

ENERJİ METABOLİZMASI

Yüksek enerjili fosfat bağları

Besinlerden enerji elde edilmesi

Egzersizde enerji transferi

ATP-PCr sistemi

Kısa süreli enerji : Laktat sistemi

Uzun süreli enerji: Aerobik sistem

Oksidasyon

- Oksidasyon reaksiyonunun en güzel örneği elektronların mitokondri içindeki taşınmasıdır.
- Özel taşıyıcı moleküller okside olmuş H^+ iyonlarını ve bunlardan alınan elektronları oksijene doğru basamak basamak taşıyarak sonunda su (H_2O) molekülünü oluştururlar.
- Protein, karbonhidrat ve yağ molekülleri hidrojen kaynağı olarak kullanılırlar
- Oksidaz (dehidrojenaz) denilen enzimler bu taşınım basamaklarını hızlandırırlar.
- Hidrojen kabul eden iki önemli coenzim B vitamini içeren NAD ve FAD dir

Egzersiz yoğunluğu arttıkça karbonhidrattan elde edilen hidrojen atomlarının miktarı okside olanlardan (H^+) daha fazla olduğu için oksijen dışında bir molekülün oluşan hidrojen atomlarını kabul etmesi gerekir.

Karbonhidrat metabolizması sırasında açığa çıkan ara bir ürün olan PİRUVAT geçici olarak hidrojen atomlarını kabul ederek LAKTATA dönüşür.

Fizyolojik şartlarda NADH dan gelen hidrojenler geçici olarak piruvat ile bağlanınca laktat açığa çıkar. Bu olay NAD yi hidrojenden kurtararak yeni hidrojen iyonları bağlanma şansını artırır

ANAEROBİK EŞİK

- Hill AV, Lupton H. (1923): Egzersiz sırasında kan laktat düzeylerindeki ani artışlar kas anaerobiozisi ile ilişkilidir
- Tarihsel olarak AE; Egzersiz sırasında devam eden tarzda laktik asidoz görülmeden önce elde edilen en yüksek oksijen tüketim değeri olarak tanımlanmıştır.

SOLUNUMSAL EŞİTLİKLER

- Metabolik asidoz nedeniyle artan H^+ iyonları HCO_3^- ile tamponlanır
- Tamponlanma sonucunda fazladan CO_2 oluşur
- Ventilasyon daha fazla uyarılır (lineer olmayan artışa neden olur) (VENTİLATUAR EŞİK)

Ne yazık ki konu görüldüğü kadar basit değildir

- Yapılan bir çok çalışma laktat üretimi ile kas hipoksisi arasında ilişki kuramamıştır
- Kasın oksijenlenmesi ile anaerobik eşik arasında da sağlam bir ilişki yoktur. Bir çok çalışma laktat üretiminin sürekli olduğunu göstermektedir.
- LAKTAT IN OLUŞMA VE KAYBOLMA HIZI OKSİJEN TÜKETİMİ İLE DOĞRUSAL İLİŞKİLİ BULUNMUŞTUR.
- LAKTATIN MEKİK GİBİ LİFLER ARASINDA GİDİP GELMESİ (LAKTAT MEKİĞİ) Laktatın oluştuğu liflerden (olasılıkla hızlı tip kas lifleri) enerji kaynağı olarak kullanıldığı liflere (olasılıkla yavaş tip) taşınması

LAKTAT ÖNEMLİ BİR ENERJİ KAYNAĞI ÇÜNKÜ

- Piruvata çevrilerek enerji elde edilmesinde kullanılır
- Karaciğerde Cori siklusuna girerek glikoz elde edilebilir

Yapılan çalışmalar laktatın aniden eşik tarza değil egzersiz yoğunluğuna bağlı olarak sürekli olarak artış gösterdiğini göstermektedir.

AYNI BİREYDE LAKTAT VE O_2 KİNETİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİYİ GÖSTERMEK ÜZERE KULLANILAN İKİ FARKLI MATEMATİKSEL MODEL (Modellerin uygunluğu rezidüel standart hata kullanılarak fit modeli uygulanmış

Yapılan birçok çalışmanın sonucu ise ANAEROBİK EŞİK kavramının kas anaerobiozisi ile ilgili olmadığını göstermektedir. İlişki daha çok laktat oluşumu ile yıkımı arasındaki dengesizliği göstermektedir.

Gaz değişim yöntemleri uygulandığında belirlenen eşiğe VENTİLATUAR EŞİK demek tercih edilmeye başlanmıştır.

Kan laktat düzeyleri birkaç faktörle yakından ilişkilidir

- glikolitik yolağın hızı
- Laktat dehidrojenazın çalışması ($P \rightarrow L$)
- Ortamdaki oksijen miktarı

YANLIŞ BİLİNENLER

- Laktat ile laktik asit aynı şeylerdir

YANLIŞ. Vücut ortamında laktat - laktik aside dönüşmez

- Laktat ile egzersiz sırasında meydana gelen asidoz arasında neden-sonuç ilişkisi vardır

YANLIŞ. Artan egzersiz yoğunluğu ile ortaya çıkan metabolik asidozun kaynağı sanıldığı gibi laktik asit birikmesi değildir (Hill & Mayerhof hipotezi geçerli değil)

- Laktat birikimi egzersiz sonrası kas ağrısından sorumludur

YANLIŞ. Laktat birikmesi egzersiz sonrası kaslarda hissedilen ağrı, duyarlılık artışı ile ilgili değildir. Bu olay daha çok hücre zararı ve birikmiş H^+ ile ilişkili olabilir

- Kasta anaerobik ortam laktat artışına neden olur

YANLIŞ. Anaerobiozis-laktat birikim ilişkisi gösterileMEMİŞtir

- Egzersiz sırasında laktat düzeyinde ani bir artış meydana gelir

YANLIŞ. Artan egzersiz yoğunluğu ile beraber laktat artışında genellikle ani veya belirgin bir kırılma gözlenmez

Kanda Laktat oluşumu ve VT aşağıdaki durumlar ile ilişkilidir

- Metabolik asidoz (Laktat kaynaklı değildir)
- Hiperventilasyon
- Oksijen alım kinetiklerinde yavaşlama
- Glikoz kullanımında artış
- Kas yorgunluğu
- İş üretme kapasitesinde azalma

Aerobik Güç, Anaerobik Güç Ölçme Değerlendirme Yöntemleri

(Testler)

Dr. Özgür Kasımay Çakır

Marmara Üniversitesi Spor Fizyolojisi Anabilim Dalı

Aerobik ve Anaerobik Performansın belirlenmesi amacıyla çeşitli laboratuvar ve saha testleri uygulanmaktadır.

- Uygulanan Laboratuvar Testleri
 - * VO_{2maks} ölçümü (koşubandı, bisiklet)
 - * Wingate testi
- Uygulanan Saha Testlerinden Örnekler
 - * Mekik koşu testi
 - * Cooper Testi
 - * Dikey sıçrama testi
 - * Conconi Testi
 - * 40 m Koşu Testi

Test öncesi ayrıntılı anamnez alınır. Kaç saat önce yemek yediği ve ne yediği sorgulanır. Son 2 haftadır sıcak havada egzersiz, yüksek irtifada bulunma veya egzersiz, herhangi bir rahatsızlık veya sakatlık, ilaç ve/veya ergojenik yardımcı kullanımı sorgulanır. En son ne zaman antrenman veya maç yaptığı, sporcunun egzersiz için motivasyon düzeyi belirlenir. Sporcunun ayrıntılı anamnezi alındıktan sonra egzersiz testi öncesi klinik değerlendirme gerçekleştirilir. Bireyin kişisel ve aile hikayesi sorgulanmalı ve fizik muayenesi gerçekleştirilir. Vücut ağırlığı ve boy, vücut kütle indeksi (BMI; vücut ağırlığı (kg)/ Boy² (m²), bel çevresi, bel - kalça oranı, yağ yüzdesinin belirlenmesi (deri kıvrımı ölçümü, bioimpedans vb) gibi antropometrik ölçümleri yapılır. BMI ve Bel çevresi ölçümlerine göre hastalık (tip II diyabet, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalık) riski, ilk kalp krizi geçirme riski belirlenir. Risk analizi değerlendirilmesi yapıldıktan sonra sporcu uygun koşullarda teste alınır.

Aerobik Performans Ölçme Yöntemleri

- Laboratuvar Testleri
 - * Ergospirometre ile VO_{2maks} Ölçümü (Koşubandı, Bisiklet ergometresi, Kol ergometresi, Kürek ergometresi, Kayak ergometresi)
- Saha Testleri
 - * Mekik koşu testi
 - * Cooper Testi

Laboratuvar Testleri

Ergospirometre ile VO_{2maks} Ölçümü (Kardiyopulmoner Egzersiz Testi)

Futbolcular için laboratuvar testlerinin en sık kullanılanı koşu bandında kardiyopulmoner egzersiz testidir. En sık tercih edilen protokol Bruce protokolüdür (3 dakika ısınma (2.7 km/saat hız, %10 eğim), 4 km/saat hız, %12 eğim, 5.5 km/saat hız, %14 eğim, 6.8 km/saat hız, %16 eğim, 8 km/saat hız, %18 eğim, 8.8 km/saat hız, %20 eğim, 9.6 km/saat hız, %22 eğim,...). Test boyunca EKG, kalp hızı ve arteriyal kan basıncı monitörize edilir, test süresi kaydedilir. Bir maske yardımıyla örneklenen soluk havasındaki oksijen ve karbondioksit gazlarının ölçümü yapılır. Egzersiz testlerinin yapıldığı ortamda nemin, sıcaklığın ve atmosferik basıncın bütün denekler için yakın düzeylerde olmasına dikkat edilir.

Her test öncesi kalibrasyon yapılmalıdır. Kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında bireyin tükettiği maksimum oksijen miktarı belirlenir. Maksimum oksijen alımı, kademeli artan egzersiz protokolü uygulandığında, erişilen ve ölçülebilen oksijen alımının en yüksek değeridir. VO_{2maks} olarak ifade edilen bu ölçüm L/dak, ml/kg.dak olarak birimlendirilir. Maksimum oksijen tüketiminin ölçülmesi dayanıklılık performansını gösteren direk bir parametre olarak kabul edilmektedir. Erişilebilen VO_{2maks} değeri, 5-15 dakika içinde büyük kas gruplarının kullanması gereken oksijen miktarıdır ki bu **aerobik egzersiz** olarak isimlendirilir. Bu nedenle, VO_{2maks} aynı zamanda aerobik kapasite olarak ifade edilir.

Maksimum oksijen tüketimi belirlenirken artan is yükünde tüketilen O_2 'nin plato çizmeli ve/veya R değeri > 1.1 olmalıdır. VO_{2maks} egzersizin son 30 saniyesi içinde kaydedilen en yüksek VO_2 değeri olarak da seçilebilir. Bazı oksijen alım değerleri ise tahmini istirahat metabolik hızı ifade eden MET (3.5 ml/kg/dak = 1 MET) olarak ifade edilmektedir. VO_2 veya MET değerleri iş yüküne göre tahmini olarak hesaplanırsa da bu yöntemin tahmini VO_2 nin hesaplanmasında yetersiz kaldığı durumlar bulunmaktadır.

Sağlıklı, sedanter, erişkin bir erkek ortalama 35 ml/kg/dak VO_{2maks} değerine sahip olmalıdır. Normal bir kişide, gittikçe artan bir egzersizde VO_2 **16 kat** kadar artar. $VO_{2maks} \pm \%10$ (standart sapma değeri) olarak tahmin edilir. Tahmini değer $\%80$ inden az ise vakaların $\%95$ inde bu muhtemelen anormal kabul edilir. Futbolcularda VO_{2maks} ortalama 55-65 ml/kg/dak düzeyindedir.

Anjina veya anjina benzeri semptomların başlaması, ST segment elevasyonu (≥ 1.0 mm), ST segment depresyonu (>2 mm, horizontal veya downsloping), sistolik kan basıncında 10 mmHg'lık bir düşüş yaşanması veya sistolik kan basıncının egzersiz yoğunluğu ile beraber artma göstermemesi, sistolik kan basıncının 260 mmHg üstünde veya diastolik kan basıncının 115 mmHg üstünde ölçülmesi, perfüzyon bozukluğunu düşündürecek bulguların ortaya çıkması (baş dönmesi, konfüzyon, ataksi, siyanoz), egzersiz yoğunluğu arttıkça kalp hızının artmaması, kalpte gözlenebilir ritm bozukluğu, bireyin durmak istemesi, ciddi yorgunluk belirtilerinin olması veya bunların dile getirilmesi durumunda egzersiz testi sonlandırılır.

Saha Testleri

Mekik koşu testi

Aerobik performans ölçümü amacıyla kullanılan saha testlerinin en yaygın olanı 20 m mekik koşu testidir. (shuttle run) Çok seviyeli fitness testi (Multi Stage Fitness Test), biip testi (beep test) olarak da adlandırılır. Testin amacı kişinin maksimal VO_2 tüketimini indirekt metodlarla ölçmektir. Test 20 m uzunluğunda bir parkurda, belirlenen sürelerde koşuya dayalıdır. 20 metrenin başlangıç ve bitimine birer kule konularak parkur belirlenir. Koşu süresi bir teyp aracılığı ile metrenomdan verilir. Yavaş bir hızda başlayan test (iki sinyal arası 9 sn), giderek hızlanır (iki sinyal arası 3.892 sn). Başlangıç hız 8.5 km/saat, her dakikada 0.5 km/saat artırılır. Sporcudan verilen sinyaller arasında 20 m'lik mesafeyi koşması beklenir. Bir dakika sonra bireyin mesafeyi daha hızlı katetmesi beklenir, sinyaller arası kısılır. Ardarda gelen iki sinyalde mesafeyi kat edemezse test sonlandırılır. Biip sesinden önce kuleye ulaşıldıysa sporcunun biip sesini beklemesi gerekir. Sporcunun koşabildiğı mesafe önceden belirtilmiş olan tablolarda yerine konulur ve tahmini maksimum VO_2 değeri belirlenmeye çalışılır.

Cooper Testi

Aerobik performans ölçümü için kullanılan bir diğeri saha testi Cooper Testidir (1968). Testi gerçekleştirmek için 200-400 m lik pist gereklidir. Test öncesi sporcunun 10 dakika ısınması sağlanır. Denek komutla birlikte koşuya başlar ve turlar sayılarak kaydedilir. Oniki dakika sonunda verilen komutla koşuya son verilir ve deneğın katettiğı mesafe belirlenir. Denek 12 dakika koşamıyorsa süreyi yürüyerek tamamlar. Aşağıdaki formül kullanılarak tahmini VO_{2maks} belirlenir.

Tahmini VO_{2maks} : $\frac{(Koşulan\ mesafe - 504.9)}{44.73}$

Anaerobik Güç Ölçme Yöntemleri

- Laboratuvar Testleri
 - * Wingate testi
- Saha Testleri
 - * 40 m Koşu Testi
 - * Conconi Testi
 - * Dikey sıçrama testi

Anaerobik kapasite; anaerobik enerji sistemlerinin ürettiğı maksimum iş kapasitesidir. Anaerobik enerji sistemleri hücrenin sitozolünde gerçekleşir. Alaktik sistem bunların başında gelir. Egzersizin ilk 2-3 sn lik döneminde kasta hazır bulunan ATP kullanılır. Daha sonra kreatinin fosfattan ATP sentezi gerçekleşir. Kreatinin fosfat depolarının sınırlı olması nedeniyle 10 sn lik ihtiyacı karşılayabilir. Anaerobik metabolizma (Glikoliz) ile karbonhidrat ve laktik asitten ATP sentezi başlar.

Laboratuvar Testleri

Wingate Testi

Anaerobik kapasite veya kısa zamanlı performans kapasitesini ortaya çıkarmaya yönelik laboratuvar testleri arasında en yaygın olarak bilinen ve kullanılan 1974 yılında Ayalon, Inbar (1996) ve Bar-Or (1977) tarafından geliştirilen Wingate testidir. Mekanik frenli bisiklet ergometresinde gerçekleştirilen test, invaziv olmayan, çocuklar ve fiziksel engelliler de dahil olmak üzere çeşitli gruplarda kullanılabilen, bacak ve kollara ayrı ayrı uygulanabilen, anaerobik kas performansını ölçen bir testir.

Deneklerden Wingate testi öncesi 3-4 saat aç kalmaları, test günü kahve, çay gibi kalp hızını etkileyecek içeceklerden uzak durmaları istenir. Testten bir önceki gün kişilerin yoğun aktiviteden kaçınmalarının gerektiği hatırlatılır. Wingate testi öncesinde test prosedürü deneklere anlatılıp, bisikletin sele yüksekliği kişiye uygun olarak ayarlanıp, ayaklar pedallara sabitlenir.

Wingate testi için 2 ergometre kullanılmaktadır. Aşağıda her iki ergometre için de rezistans hesaplamaları gösterilmiştir.

- Fleisch ergometresi rezistans= $0.045 \times \text{vücut ağırlığı (kg)}$
- Monark ergometresi rezistans= $0.075 \times \text{vücut ağırlığı (kg)}$

Wingate testi için en sık kullanılan Monark ergometresinde 70 kg ağırlığındaki bir atlet için uygulanacak rezistans 5.25kg (70×0.075) olarak hesaplanabilir. Bisikletin ağırlık sepetinde (sepet ~ 1 kg ağırlığında) 0-1 kg varken denneğin 5 dakika süreyle 50-60 devir/dak'da ısınması sağlanır. Bu sürenin sonunda denneğin test prosedürüne alışması için pilot deneme yapılmalıdır. Bu denemeler sırasında denek, pedal hızının maksimum seviyeye getirilmesi ve pedallara ani ağırlık yüklenmesi sırasındaki hisse alıştırılır. Pilot testler 5 saniyeden kısa sürmelidir. Test başladığında denek ulaşabileceği maksimum devre çıktığı anda bisiklet tekerleğine denneğin vücut ağırlığının %7.-7.5'ini oluşturan ağırlık bir kol aracılığıyla ani olarak yüklenir. Bu andan itibaren pedal devri 30 saniye boyunca olabilecek en yüksek devirde çevrilmesi istenir. Deney süresinde denek oturur pozisyonda olmalıdır, kalp hızı monitorize edilir, bisikletten elde edilen veriler bilgisayara eş zamanlı olarak aktarılır. Sistem her 5 saniyelik süre içindeki güç oluşumunu watt (w) veya w/kg olarak otomatik ölçmektedir. Deney sonunda karşılaştırmalar pik güç ve ortalama güç (30 saniye ortalaması-anaerobik glikolizin göstergesi) olarak yapılacaktır.

- 1. Pik Güç (PP);** İlk 5 saniyelik güç oluşumudur. (alaktik anaerobik mekanizmalar kullanılır)
Güç x Toplam Mesafe (dakika cinsinden zaman)
Güç; eklenen ağırlık (kg)
Toplam mesafe; devrasyon sayısı x devrasyon başına katedilen mesafe.
Zaman 5 sn veya 0.0833 dak.
Pik güç birimi watt (W).
- 2. Rölatif Pik Güç (RPP);** Pik gücün vücut ağırlığına bölünmesi ile elde edilir (W/kg).

3. Anaerobik Yorgunluk (Yorgunluk indeksi);

$$\frac{\text{Pik güç} - \text{en düşük 5 sn lik güç} \times 100}{\text{Pik güç}}$$

4. Anaerobik Kapasite (AC); kilogram-Joule (1 kg-m = 9.804 J) olarak ifade edilir. Otuz saniyede oluşturulan gücün toplamıdır.

Saha Testleri

40 m Hızlı Koşu Testi

Anaerobik performans ölçümü için saha testlerinden en yaygın kullanılanı Jens Bangsbo'nun 40 m *Hızlı Koşu Testidir (Sprint Test)*. Testin amacı anaerobik performans göstergelerinden olan sürat ve süratte devamlılığın saha şartlarında ölçülmesidir. İlk kez 1994 yılında Jens Bangsbo tarafından tanımlanan, 40 metrelik bir parkurda, 3 kez yön değiştirmeyi içeren ve 7 tekrardan oluşan bir testtir. Tekrarlar arası 25 sn.dir. 40 metrelik sprint koşusunun bitiminde sporcu yavaş tempoda koşarak tekrar başlangıç noktasına gelmekte ve sprint koşusu bitiminden 25 saniye sonra 2. koşuya başlamaktadır. Parkurun başlangıç ve bitim noktalarına, yerden 0.4 m yükseklikte fotosel kapıları (Newtest OY, Oulu, Finlandiya) yerleştirilir ve sprint süreleri otomatik olarak kaydedilir. Test sonunda en iyi koşu süresi, ortalama koşu süresi, en kötü koşu süresi, yorgunluk indeksi gibi veriler elde edilerek, sporcunun anaerobik performansı değerlendirilir.

Conconi Testi

Test için 400 m lik pist (200 m işaretlenmiş) gereklidir. Test sırasında Kalp atım sayısı ölçümü yapılır. 2.5-4 km mesafe içerir. 15-20 dakika ısınma sonrasında 200'er metrelik herbiri diğerinden 2-3 sn daha hızlı koşular yapılır. Her 200 m de bir kalp atım sayısı kaydedilir. Maksimum kalp hızına ulaşıncaya kadar teste devam edilir.

Dikey Sıçrama Testi

Denek ölçüm sehpasında 2 ayağı yerde iken kolunu uzatarak ulaşabileceği en uç nokta ile sıçrayarak ulaşabileceği en üst nokta arası ölçülerek belirlenir. Aşağıdaki formül kullanılarak pik güç hesaplanabilir.

$$\text{Güç: } \sqrt{4.9 (\text{Ağırlık}) \times \text{Dikey sıçrama mesafesi}}$$

Aerobik, Anaerobik Dayanıklılık

Aerobik Antrenman Prensipleri, Eşik Altı ve Üzeri Çalışmalar

Egzersiz Uzmanı Fatih YILDIZ
Galatasaray Spor Kulübü

- **Dayanıklılık;** sporcunun fiziki ve fizyolojik yorgunluğa dayanma gücü olarak tanımlanabilir.
- **Dayanıklılık;** tüm organizmanın uzun süre devam eden sportif alıştırmalarda, yorgunluğa karşı koyabilme ve yüklenmeleri uzun süre devam ettirebilme yeteneğidir.
- **Sporda dayanıklılık;** organizmanın yorgunluğa karşı çalışmasını devam ettirebilmesidir

DAYANIKLILIĞIN SINIFLANDIRILMASI

A. Spor Türüne Göre Dayanıklılık

- **Genel dayanıklılık;** Her spor dalında ve sporcuda bulunması gerekli dayanıklılık özelliğidir.
- **Özel dayanıklılık;** Belirli bir spor dalına özgü dayanıklılıktır.

B. Enerji Oluşumuna Göre Dayanıklılık

- **Aerobik dayanıklılık**

Yapılan işle harcanan enerji dengededir. Organizma oksijen borçlanmasına girmez, oksijen ihtiyacının karşılanabildiği ortamda ortaya konan dayanıklılıktır.

- **Anaerobik dayanıklılık**

Şiddeti çok yüksek ve yeterli oksijen ihtiyacının karşılanamadığı ortamda ortaya konan dayanıklılıktır.

C. Süre Açısından Dayanıklılık

- **Kısa süreli dayanıklılık;** 45 sn – 120 sn arasında olan çalışmalardır.
- **Orta süreli dayanıklılık;** 2-8 dakika arasında çalışmadır.
- **Uzun süreli dayanıklılık;** 8 dakika ve üzeri çalışmalardır.

D. Motorik Özellikler Açısından Dayanıklılık

- **Kuvvette devamlılık**
- **Çabuk kuvvette devamlılık**
- **Süratte devamlılık**

DAYANIKLILIK ANTRENMAN METODLARI

A. Sürekli Koşu Yöntemi

Kros diye tabir edilen koşulardır. Nabız sayısının 140-150 dakika / vurum, laktik asidin 4 ml mol/lt olduğu şiddette koşulardır. Bu seviye sporcudan sporcuya yükselebilir ya da düşebilir.

20- 60 dakika sürebilen koşulardır. Günümüzde bu koşuların seviyesi 5-8 dakikaya indirilerek daha yüksek tempoda koşulmaktadır.

B. İnterval Metod

- Submaksimal ve maksimal yüklenmelerdir.
- Yüklenme nabızı 180- 190/dk .
- Dinlenme nabızı 120-130/dk düşünce yeniden yüklenme yapılır.
- **Kısa süreli** : 15-20 sn sürelidir.
- **Orta süreli** : 1-8 dakika sürelidir.
- **Uzun süreli** : 8-15 dakika sürelidir.
 - Yaygın (ektensiv) interval : Yoğunluk düşük süre uzundur.
 - Yoğun (intensiv) interval : Yoğunluk yüksek süre kısadır.

C. Tekrar Metodu

- Aynı mesafenin tekrar ettirilmesi anlamına gelir.
- Tam dinlenme verilerek koşulan mesafenin maksimal sürat artırılarak yeniden koşulmasıdır.

D. Müsabaka Metodu

- Müsabaka şartlarında yapılan çalışmalardır.
- Fizyolojik yükleme yanında psikolojik yüklemeye yapılmış olur.
- Kombine antrenman metodudur.
- Yapılan spor dalına özgü dayanıklılık çalışmasını kapsar.

2. AEROBİK ANTRENMAN PRENSİPLERİ

- Uyaranın Şiddeti

Dayanıklılık antrenmanında uyarı şiddeti koşulardaki hızdır. Bu da m/sn – km/saat olarak belirtilir. Ayrıca yüklenim şiddetinin etkisi nabız sayımıyla belirlenebilir.

- Uyarının Süresi
Hareket uyarılarının devam ettiği süre anlamına gelir. 10 dk. hafif tempoda koşu vb.
- Uyarının Sıklığı
Yüklenme ile dinlenme arasındaki ilişkiyi ifade eder.
- Uyarının Kapsamı
Dayanıklılık antrenmanında koşulan mesafe ve zaman olarak belirtilir. Şiddet yüksekse kapsam az, şiddet az ise kapsam geniş olmalıdır.

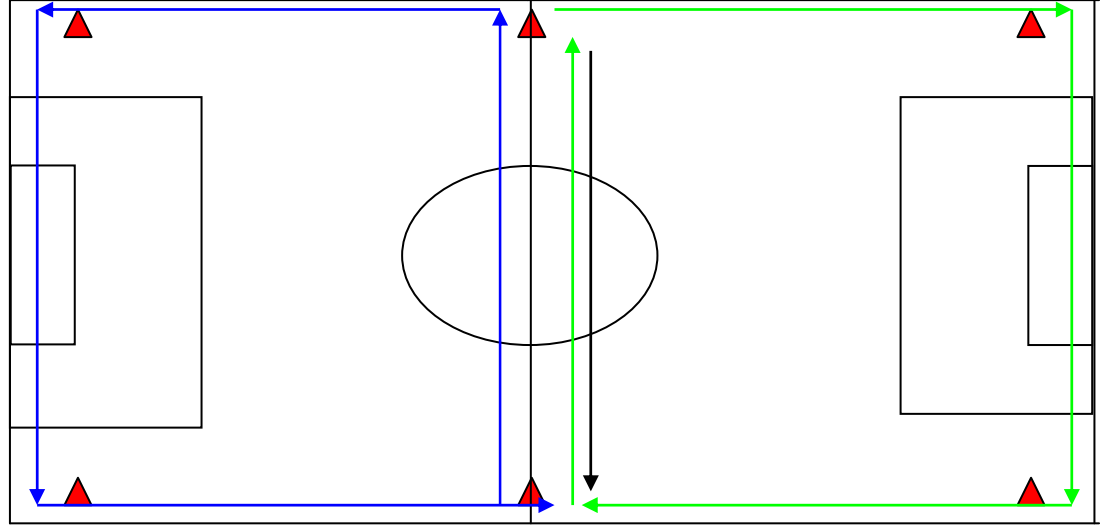
3. EŞİK ALTI ve EŞİK ÜZERİ ÇALIŞMALAR

Eşik Altı ve Üzeri Çalışmalarda Genel Kriterler

Antrenman	Metotları	Kalp Frekansı (atım/dk)	%VO2max	Laktik Asit (mmol/l)
Aerobik – 1	(Temel Dayanıklılık - Rejenerasyon)	120 – 140	% 50 – 60	0.9 – 2.0
Aerobik – 2	(Eşik Dayanıklılık – yaygın interval)	140 – 160	% 60 – 70	2.0 – 4.0
Aerobik - Anaerobik	(Eşik – Eşik Üstü Dayanıklılık – yoğun interval)	160 – 170	% 70 – 90	4.0 – 8.0
Anaerobik – Aerobik		170 – 180	% 90 – 100	8.0 – 9.0 – 10.0
Glikoliz – A		185 – 190 (200)	% 75 – 85 (O2 İhtiyacı % 110–120)	9.0 – 13.0

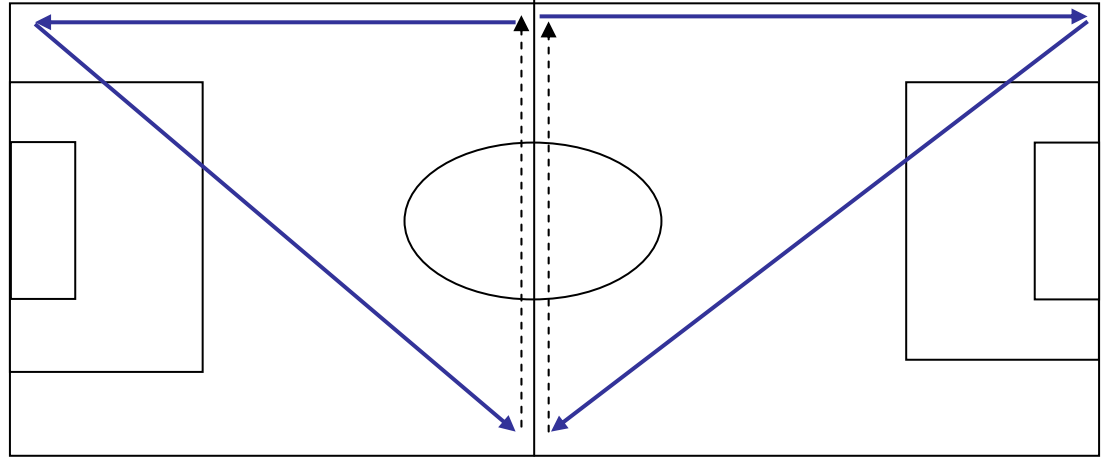
Eşik Altı ve Üzeri Antrenman Örnekleri **Rejenerasyon Antrenmanı**

8 dk jog – 8 dk stretching – süre 20 dk nabız 120 - 140 / dk – eşik hızı 8 km/dk – 10 dk stretching.



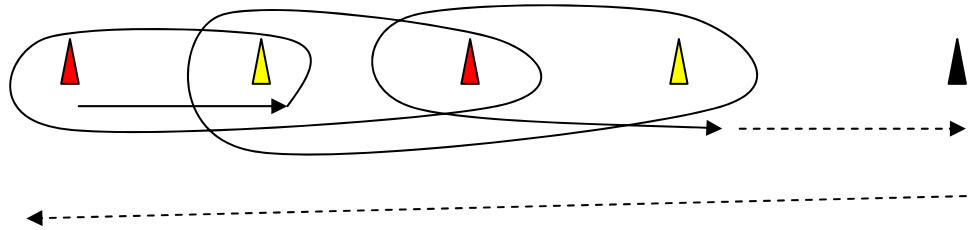
Eşik Dayanıklılık – Yavgın İnterval

Oyuncular tam sahada belirlenen parkurda, 140 – 160 nabız/dk süre 4x8 dk, eşik hızı 10 – 12 km/dk, set arası aktif dinlenme 3 dk topla veya topsuz olarak koşarlar.



Eşik ve Eşik Üstü Dayanıklılık – Yoğun İnterval

Oyuncular belirlenen parkurda, 160 – 170 – 180 – 190 nabız/dk süre 4x 15-20 sn , eşik hızı 14 – 16 - 18 km/dk, dinlenme 1:2-1:1-1/2 olarak ilk set topsuz ikinci set top ile yapılabilir.



Kuvvet (Halter) Çalışmaları ve Temel Prensipler

*Egzersiz Uzmanı Fatih YILDIZ
Galatasaray Spor Kulübü*

KUVVET

Kuvvet bir direnç karşısında belirli bir ölçüde dayanabilme yeteneğidir. Bir dirençle karşı karşıya kalan kasların kasılabilme ya da bu direnç karşısında belirli ölçüde dayanabilme yeteneğidir.

KUVVETİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. Yaş ve Cinsiyet Faktörü
2. Motivasyonel Faktörler
3. Sinirsel Faktörler
4. Mekanik Faktörler
5. Isı Faktörü
6. Enerji Faktörü
7. Yorgunluk Faktörü
8. Toparlanma Faktörü
9. Isınma Faktörü

KUVVETİN SINIFLANDIRILMASI

Didaktik yaklaşım ile:

- 1- Genel Kuvvet: Kuvvetin herhangi bir spor dalına yönelmeden genel anlamda tüm kasların genel kuvvetidir.
- 2- Özel Kuvvet: Belli bir spor dalına yönelik kuvvettir.

Hare ye göre sınıflama:

- 3- Maksimal Kuvvet: Kas sisteminin isteyerek geliştirebildiği en büyük kuvvettir.
- 4- Çabuk Kuvvet: Sinir kas sisteminin yüksek hızda bir kasılma ile direnç yenebilme yeteneği denir.
- 5- Kuvvette Devamlılık: Sürekli kuvvet gerektiren çalışmalarda organizmanın yorulmaya karşı direnç yeteneğidir.

Kas kasılmasına göre:

- 6- Statik Kuvvet: Bir çalışmada kas uzunluğu kasılma sırasında değişmez (çok az miktarda değişim olur) tonusunda (gerim) artma olur. Bu sayede üretilen kuvvete statik kuvvet denir.
- 7- Dinamik Kuvvet: kas çalışma sırasında boyunda kısalma ve gerimin de (tonusunda) artma olur. İzotonik kas çalışmasıdır. İzotonik kasılma ile üretilen kuvvete dinamik kuvvet denir.
- 8- Oksotonik Kasılma Kuvveti: İzometrik ve izotonik kas çalışmalarının (stadik- dinamik) her ikisinin ürettiği kuvveti içerir.

Fonksiyonel sınıflama:

- 9- Relatif Kuvvet (mutlak):Vücudun kilogram başına üretebildiği kuvvettir. $RELATİF\ KUVVET = \frac{KALDIRILAN\ AĞIRLIK}{VÜCUT\ AĞIRLIĞI}$

10-Salt Kuvvet (göreceli): Maksimal kuvvete yakındır. Bütün kas gruplarının ürettiği kuvvettir.

KUVVET ANTRENMANLARI PLANLAMASINDA ÖNEMLİ İLKELER

- Sporcu mutlaka hekim kontrolünden geçirilmelidir (spor hekimi).
- Kalp damar sistemi, omurgada olabilecek problemler, doğumdan veya sonradan olabilecek bozukluklar değerlendirilmelidir.
- Kuvvet çalışmalarında kullanabilecek halter, sağlık topu, makineler işlevsel güvenliği yönünden kontrol edilmelidir.
- Mümkün ise ağırlık vücuda yüklenmemeli. Böyle bir ağırlık aleti ile çalışılacak ise yük vücuda yakın olmalı, uzak olmamalıdır.
- Kilo kaldırma tekniği ve ağırlık kaldırma sırasında nefes alıp vermeyi bilmeli ya da öğretilmelidir.
- Egzersiz sırası (büyük kas gruplarından küçük kas gruplarına doğru, üst gövde kasları ve alt grup kaslarının dönüşümlü çalışılması)
- Kuvvet çalışmalarından önce çok iyi bir ısınma ve açma germe yapılmalı, çalışmalara önce hafif kilolarla uyum geliştirilmelidir. Çalışma sonunda da soğuma egzersizi (hafif koşu, açma-germe) yapılmalıdır.
- Ağırlık çalışmaları için yorgun olmayan vücuda test yapılmalı, kaldırılacak maksimum ağırlık bulunmalıdır. Bu testler 8-10 antrenman sonra tekrar edilmelidir.
- Fazla yükleme için uyumun gelişmiş olması değerlendirmelidir.
- Giderek artan yükleme prensibine dikkat edilmeli, kuvvet artışına göre antrenman yükü artırılmalıdır.
- Yorgun vücuda ağır yüklemeler yapılmamalıdır. Agonist, antagonist kas oranı korunmalıdır. Halter ile çalışmalarda 14 yaş ya da ergenlik öncesi çalışma yapılmamalıdır. Bu yaştan önce kuvvet çalışılacak ise kendi vücut ağırlığı kullanılmalıdır.

KUVVET ÇALIŞMALARINDA KULLANILABİLECEK DİRENÇLER

- Vücut ağırlığı
- Eşli çalışmalar (itme ve çekmeler)
- Sağlık topları
- Esnek bantlar. İpler
- Küçük halter
- Bar ve fitness sopaları
- Ağırlık yelekleri.
- Sabit dirençler.
- Sabit yükseklikler (step tahtaları)

KUVVET GELİŞİMİ VE ÇALIŞMALAR

A- MAKSİMAL KUVVET

Maksimal kuvvet sinir kas sisteminin istemimiz ile kasılması sonucu kaldırabileceği en büyük ağırlığın kaldırılması ya da direncin yenilmesi, karşı koyulması olarak düşünülür. Halter, çekiç atma, gülle atma gibi spor dallarında büyük bir ağırlığa koyma veya kontrol edebilme gereği olan sporlarda performansın belirleyicidir.

100 kg ağırlığında ki haltercinin kaldırdığı yük 200 kg. 70 kg ağırlığında bir haltercinin kaldırdığı yük 150 kg ise 70 kg ağırlığındaki haltercinin maksimal kuvveti daha yüksektir (relatif kuvvet = kaldırılan ağırlık /vücut ağırlığı).

B- ÇABUK KUVVET veya ELASTİK KUVVET

Elastik yada çabuk kuvvet kas sinir sisteminin bir dirence karşı büyük bir hızla kasılması ve hareketi gerçekleştirmesidir. Atmalar, atlamalar, vurmalar ve büyük bir hızla yön değiştirme gereken spor dallarında gerektiren spor dallarında çabuk kuvvet performansın belirleyicisidir.

C – KUVVETTE DEVAMLILIK

Tüm organizmanın yorgunluğa karşı koyabilme yeteneği veya kapasitesi olarak tanımlanır. Şınav, sırt ve karın mekiği hareketi maksimum sayıda yapıldıklarında vücudun ağırlığına rağmen uzun süre devam ettirilir. Bu hareketler bölgesel de olsa kuvvete devamlılığın gelişmesinde yardımcı olurlar.

ANTRENMAN YÖNTEMLERİ

1. Maksimal kuvvet çalışmaları

Maksimum kuvvet çalışması denince akla gelen ilk şey ağırlıklı çalışmalar olmaktadır. Ancak bir çok spor dalında ağırlık çalışmaları dışında da kuvvet çalışmaları yapılmaktadır.

Maksimal kuvvet geliştirmek için kullanılan antrenman metotları:

Tekrar metodu:

Daha çok yeni başlayan sporcularda kullanılan metottur. Daha çok kas büyümesini ve az intramüsküler koordinasyonu geliştiren metottur.

Kısa süreli maksimal yükleme metodu:

Bu metodun önemi oldukça yüksek yoğunluğunda uygulanmasıdır. Bu nedenle üst düzeyde sporcuların maksimal kuvvet gelişiminde kullanılır.

Artırmalı yüklenme metodu (piramidal yöntem):

Son yıllarda çok kullanılan metottur. Yük ve tekrar sayısının azalıp arttığı bir çalışma metotudur.

İzometrik çalışma metodu:

Tamamlayıcı bir kuvvet antrenmanı metodudur. İzometrik yüklenme metodu statik kuvvet antrenmanıdır.

İzokinetik çalışma:

İzokinetik çalışmaları kasın her açısında maksimum yükleme yapıldığından maksimum kuvvetin gelişmesini sağlar.

Plymetrik çalışmalar:

Şiddetin ve hareket süratinin maksimum olması maksimum kuvvetin gelişmesini sağlar.

Çabuk kuvvet çalışmaları:

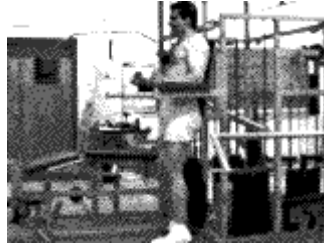
Çabuk kuvvet: başlangıç ve reaksiyon kuvveti: Hareket hızı ve dolayısı ile hareket frekansına bağlıdır. Çabuk kuvvet hem temel kuvvet, hem de hareket hızının yükseltilmesi ile olumlu yönde etkilenebilir ve geliştirilebilir.

KUVVET ANTRENMAN ÖRNEKLERİ

Abdominal (karın bölgesi) Egzersizleri



SIT-UP (MEKİK)



HANGING LEG RAISE



DUMBBELL SIDE BEND
(YANA EĞİLME)



REVERSE SIT UP LYING KNEE
UP
(YATARAK BACAK KARNA
ÇEKME)

Omuz Egzersizleri



BARBELL PRESS BEHIND
NECK



SEATED DUMBBELL PRESS



DUMBBELL SIDE LATERAL
RAISE



ONE ARM CABLE SIDE
LATERAL RAISE



UPRIGHT ROWING

Sırt Egzersizleri



BENT OVER BARBELL
ROWING



ONE ARM DUMBBELL ROWING



ROWING MACHINE (SEATED
CABLE ROWING)



BACK LAT PULL (PULLDOWN)

Göğüs Egzersizleri



BENCH PRESS



DUMBBELL FLYING



CABLE CROSS OVER

Arka Kol Egzersizleri



SEATED ONE DUMBBELL
TRICEPS EXTENSION



LONG CABLE TRICEPS
EXTENSION



DUMBBELL TRICEPS REAR
RAISE



TRICEPS PARALEL BAR DIPS

Ön Kol Egzersizleri



DUMBBELL CONCENTRATION
CURL



BARBELL - DUMBBELL
PREACHER CURL



STANDING BARBELL CURL



TWO OR ONE ARM LOW
PULLEY CURLS

Bacak Egzersizleri



SQUAT
(HALTER SIRT TA ÇÖKÜŞ)



HACK SQUAT
(MAKİNEDE ÇÖKÜŞ)



LEG PRESS
(MAKİNEDE AYAK İTİŞ)



LYING LEG CURL
(MAKİNEDE ARKA BACA K)



LEG EXTENSION
(MAKİNEDE ÖN BACA K)



STANDING CALF RAISE

Çabukluk, Çeviklik

Adnan Kamar

İstanbul Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

Sözlük anlamı itibariyle birbirine çok yakın olan bu iki kavramın (agility (ing): Beceri, çabukluk, çeviklik) Türk Dil Kurumu sözlük anlamları:

Çevik: Kolaylık ve çabuklukla davranan, tetik, atik.

Çabuk: Alışıldan veya gösterilenden daha kısa bir zamanda.

Çeviklik ve Çabukluk kavramları günlük yaşamda ve spor alanlarında farklı anlamlarda kullanılmaktadır, temelde aynı şeyi ifade etmelerine rağmen, bir boksör'ün atılan yumruktan kaçınması çeviklik olarak ifade bulur iken, bir futbol oyuncusunun topla veya topsuz rakiplerini geçmesi çabukluk olarak ifade edilmektedir. Bir defans oyuncusunun forvetin ayağından topu çalması çeviklik değil, çabukluk olarak ifade edilmektedir. Ama bir güreşçinin rakibinin tek dalmasından kaçınması çeviklik olarak isimlendirilir. Sonuç itibariyle temelde aynı olan bu iki kavram günlük yaşamda ve sportif dilde farklı şeyleri ifade etmek için kullanılmaktadır.

Konuya açıklık getirmek için aşağıda verilen çeviklik ve çabukluk tarifleri incelendiğinde görülecektir ki, çeviklikte vurgulanmak istenen, vücudun veya eksteremitenin başarılı bir hareketi iken, çabuklukta bu başarının içersine sürat ve devamlılığı girmektedir.

- Çeviklik, bir noktadan başka bir noktaya hareket ederken vücudun yönünü mümkün olduğunca süratli, akıcı,kolay ve kontrollü şekilde değiştirebilme yeteneğidir.
- Çeviklik, bütün motorsal davranışların kondisyonel ve koordinatif kalitesini ifade eder.
- Chelladurai ve Yuhasz çevikliği, vücudun veya bölümlerinin yönlerini en kısa süre ve doğru biçimde değiştirme yeteneği olarak tanımlamaktadır.
- Lemmink ve arkadaşları, çevikliği; sürat kaybı olmadan dengeyi koruyarak hızlıca yön değiştirme yeteneği olarak tanımlamaktadır
- Çabukluk, kasların iç veya dış dirençlere rağmen eklemleri harekete geçirebilme ve devam yeteneğidir.
- Çabukluk, vücut pozisyonunu en kısa sürede değiştirilebilme ve görev ifa edebilme yeteneğidir.
- Çabukluk, motorik özelliklerin koordinatif ve kondisyonel kalitesi olarak ifade edilmektedir.

Çabukluk ile sürat arasındaki temel farklılık, hareket frekansına bağlıdır. Örneğin, 30 metre sprint koşusu yapan iki futbol oyuncusundan daha çok adım atan yani adım frekansı yüksek olan sporcu daha çabuktur.

Fizyolojik olarak çabukluk, İntra-müsküler koordinasyon, aktif hale getirilebilen liflerin kasılma hızı (burada aktif hale gelen liflerdeki FT-hızlı

kasılan ve ST, yavaş kasılan lif oranları önem taşımaktadır), devreye giren kas liflerinin kasılma kuvveti ile ilişkilidir.

Çabukluk veya Çeviklik ergenlik dönemine kadar hızla gelişir. Ergenlik dönemi içerisinde 2-3 yıllık süreyle gelişimde yavaşlama görülür.

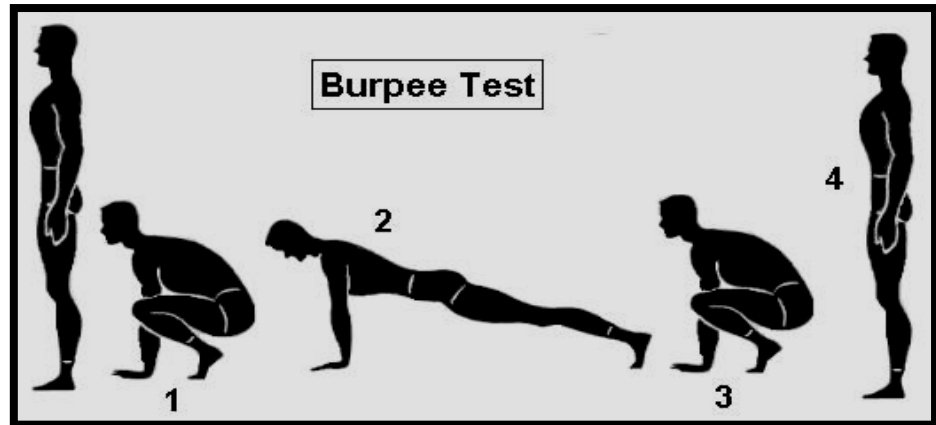
Çeviklik ve Çabukluğa Etki Eden Faktörler:

Genetik yapı, Denge, Koordinasyon, Esneklik, Postür, Yerçekimi, Sürat, Beceri

Çeviklik ve Çabukluğun Ölçülmesi

Burpee Test

Malzeme: Bu test için kaygan olmayan düz bir zemine ve kronometreye ihtiyaç vardır.



Uygulama: Denek ayakta dik ve esas duruşu konumunda bekler. Hazır başla komutuyla birlikte kronometre çalıştırılır.

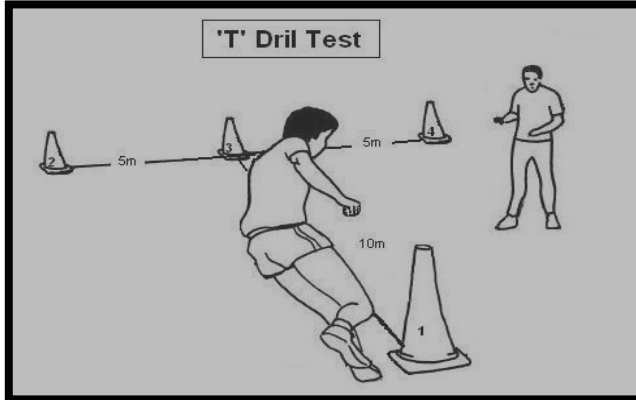
- Denek, hızla çömelerek her iki elinin avuç içini yere yapıştırır (1)
- Denek, hızla her iki bacağına da aynı anda gergin şekilde geriye doğru savurarak uzatır (2)
- Denek, hızla bacaklarını göğüsüne çekerek yine çömelme pozisyonunu alır (3)
- Denek, hızla doğrularak başlangıç pozisyonunu alır (4).

Bu toplam 4 hareketten oluşan siklus 1 sayı olarak kabul edilir.

Skoru, deneğin belirtilen süre içerisinde kuralına uygun yapabildiği hareket siklus sayıları olarak belirlenir. 10-17 yaş kız erkek denekler için (uygulama süresi 10 saniye) erkekler 4 adet, kızlar 3 adet normal değer olarak bildirilmektedir. Büyükler için, 1 dakika uygulamasında ise, 42-45 adet mükemmel, 38-41 adet iyi, 37-32 adet orta, 31-25 adet zayıf olarak bildirilmektedir.

‘T’ Drill Test

Malzeme: Kronometre, 4 adet koni, çelik metre, düzgün ve kaygan olmayan zemin.



Uygulama: 4 adet koni parkura ‘T’ şeklinde yerleştirilir. ‘T’ harfinin uzun kolu 10 metredir. Sağ ve sol kolların uzunluğu ise 5 metre olmalıdır. Denek uzun kolun ucundaki koninin yanında bekler.

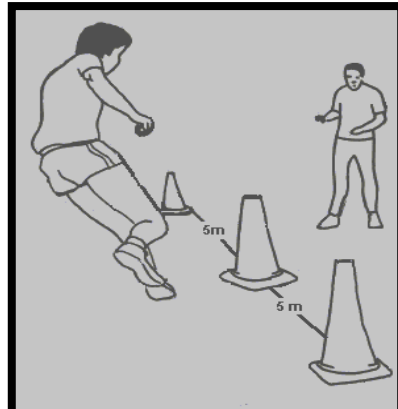
- Hazır başla komutuyla birlikte kronometre çalıştırılır.
- Denek, hızla koşarak ortadaki koniye (3) dokunur.
- Denek, sonra hızla solundaki koniye (2) koşarak dokunur.
- Denek, sonra aynı hat üzerindeki en uzakta bulunan koniye (4) koşarak dokunur.
- Denek, sonra tekrar koşarak ortadaki koniye (3) dokunur ve son olarak hızla koşarak başlangıç noktasındaki koniye (1) dokunur ve süre durdurulur.

Değerlendirme:

T Drill Test	Orta	İyi	Mükemmel
Erkek	11.5 -12.5 saniye	10.5 -11.5 saniye	<10.5 saniye
Kadın	12.5-13.5 saniye	11.5-12.5 saniye	<11.5 saniye

Yön Değiştirme Testi

Malzeme: 3 adet koni ve kronometre ve kaygan olmayan zemin.



Uygulama: 3 adet koni 5 metre aralıklarla düz bir çizgi üzerine yerleştirilir. Denek ortadaki koninin hemen önünde veya arkasında durur. Test yöneticisinin yön belirtip (sağ veya sol) başla komutuyla kronometre çalıştırılır ve;

- Denek, o yöndeki koniye süratle koşar ve dokunur.
- Denek, sonra ortadaki koniyi pas geçerek süratle en uzaktaki (ters yön) koniye koşarak dokunur.
- Denek, son olarak yine ortadaki koniye dokunur ve test sonuçlandırılır. Bu test, başlangıcı sağ veya sol olmak üzere her iki yön için uygulanır ve en iyi skor kaydedilir.

Değerlendirme Tablosu:

Skor saniye olarak verilmektedir.

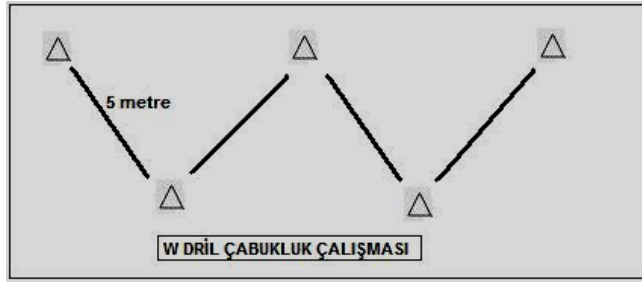
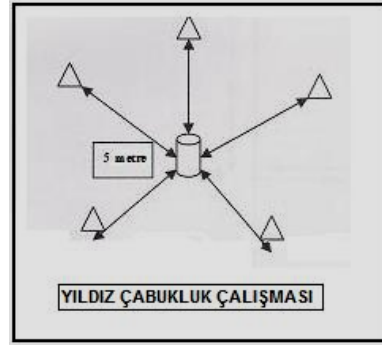
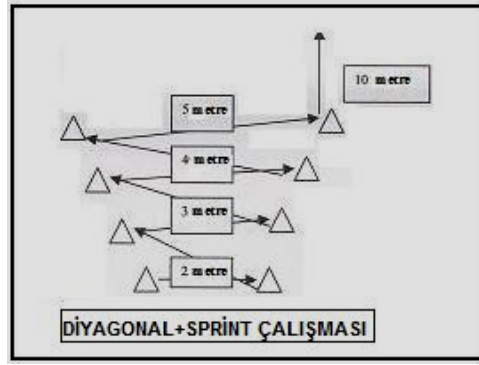
% değer	Kadın	Erkek
91 – 100	3.22 – 3.37	2.90 – 3.05
81 – 90	3.38 – 3.53	3.06 – 3.21
71 – 80	3.54 – 3.69	3.22 – 3.37
61 – 70	3.70 – 3.85	3.38 – 3.53
51 – 60	3.80 – 4.01	3.54 – 3.69
41 – 50	4.02 – 4.17	3.70 – 3.85
31 – 40	4.18 – 4.33	3.86 – 4.01
21 – 30	4.34 – 4.49	4.02 – 4.17
11 – 20	4.50 – 4.65	4.18 – 4.33
01 – 10	4.66 – 4.81	4.34 – 4.49

Çabukluk Çalışmaları

Aşağıda verilen çabukluk çalışması örnekleri futbola özgü örnekler olmalarına rağmen benzer branş özelliklerine sahip olan basketbol, voleybol, hentbol ve tenis gibi branşlarında çabukluk çalışmalarında kullanılabilir niteliktedirler.

Aşağıdaki örneklerin uygulama çeşitliliği oldukça fazla olmakla beraber, çalışmaların antrenör denetiminde yapılmasında yarar vardır. Çalışmanın tekrar sayısı, dinlenme aralıkları çok iyi analiz edilmelidir, özellikle rehabilitasyon sonrası gelişim amaçlı bir çalışma yapılıyor ise, bu çok daha büyük önem arz eder.

Bu çalışma örneklerinde farklı, koşu, yön ve postur çeşitlilikleri kullanılarak bir çok yönden gelişim sağlanabilir. Çabukluk çalışmaları performansa bağlı olarak 2 –5 tekrar arası uygulama yapılabilir, W drill ve Yıldız çalışmalarında her tekrar arası 20 – 40 saniye dinlenme vermek uygun olmakla beraber, Diyagonal + Sprint çalışmasında her tekrar arası en az 60 saniye dinlenme uygun olacaktır.



Kaynakça

- 1- Kamar, A. (2008) "Sporda Yetenek Beceri ve Performans Testleri" Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- 2- Kamar, A. (2009) İ.Ü BESYO " Sportif Performans Analizi" Ders Notları.
- 3- Kamar, A. (2009) İ.Ü BESYO " Futbol İhtisas Uygulama" Ders Notları.

Denge, Koordinasyon, Beceri

Fizyoterapist İlhan Er
Fizyoterapist Mustafa Korkmaz

Tanımlar

Postür: Kelime olarak vücudun duruş vaziyeti ve durumu, pozisyon anlamına gelir. Postür, vücudun her kısmının kendisine bitişik segmente ve bütün vücuda oranla en uygun pozisyonda yerleştirilmesidir. Bir başka deyişle, vücudun her hareketinde eklemlerin aldığı pozisyonların birleşimi olarak tanımlanmaktadır.

Postüral Kontrol: Dururken veya hareket halindeyken vücudun duruşuna hakim olma durumudur.

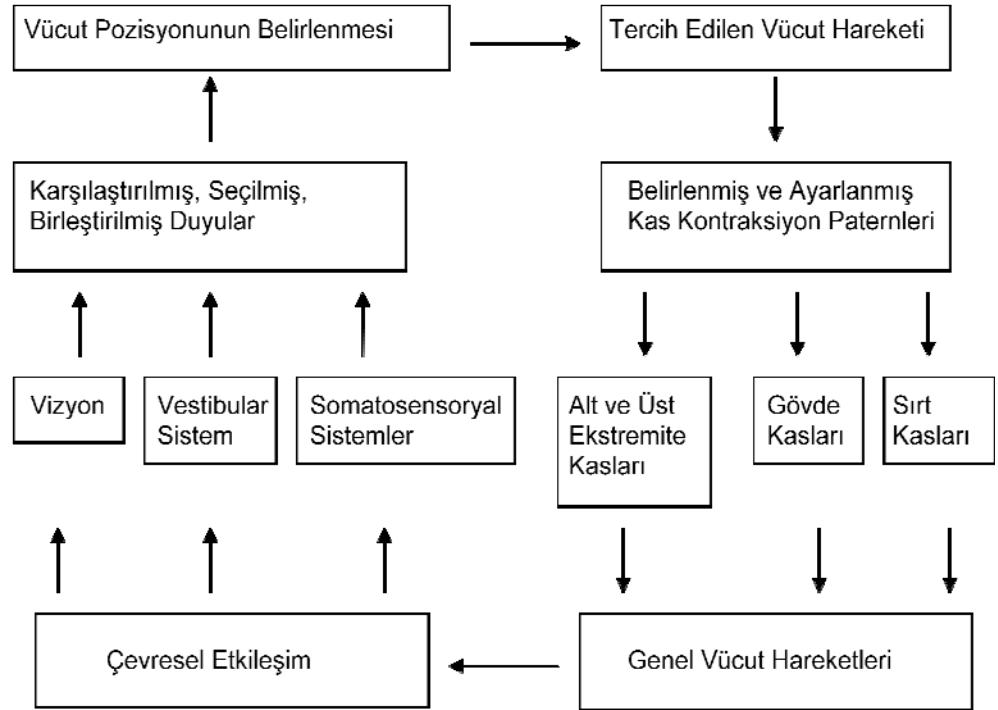
Denge: Kelime anlamı olarak, bir nesnenin veya bir insanın devrilmeden durma halidir. Vücut kütlelerinin yere düşmesini önleyen dinamiği anlatan genel bir terim olan denge, değişen durumlarda kişinin ağırlık merkezinin dayanma yüzeyi içinde tutulması, bu durumun devam ettirilmesi ve korunmasıdır. Kinezyolojik açıdan bakıldığında, gövdenin yerçekimi, internal ve eksternal kuvvetlerin etkisinde dizilimin korunabilmesi ve gövdeye etki eden kuvvetler toplamının sıfırlanabilmesidir.

Denge Kontrolü: Vücut dengesini sağlayabilme ve devam ettirebilme işlemidir. Normal ayakta duruş postüründe, sağlıklı insanlar vücutlarının değişik kısımlarında minimal hareketler yaparak denge kontrolünü sağlarlar. Dengenin sağlanması için vücut ağırlık merkezinin ayak tabanında uygun bir noktadan geçmesi gereklidir. Mesela ayakların birbirinden hafif ayrık durması sağ-sol dengesi için gereklidir. Omuzlar, kalçanın üzerinde baş ve gövde erekt olmalıdır. Ayakta durma sırasında dengenin sağlanması aynı zamanda bu postürden kollarla herhangi bir yerden destek almadan harekete geçmeyi de içermektedir. Bu da ön-arka sağ-sol yönlerinde dengeli bir ağırlık aktarımını gerektirir. Postüral aktivite denge ile ilişkilidir ve normal ayakta duruş fazında kas ve sinir sisteminin üst düzeyde bir aktivitesi söz konusu değildir.

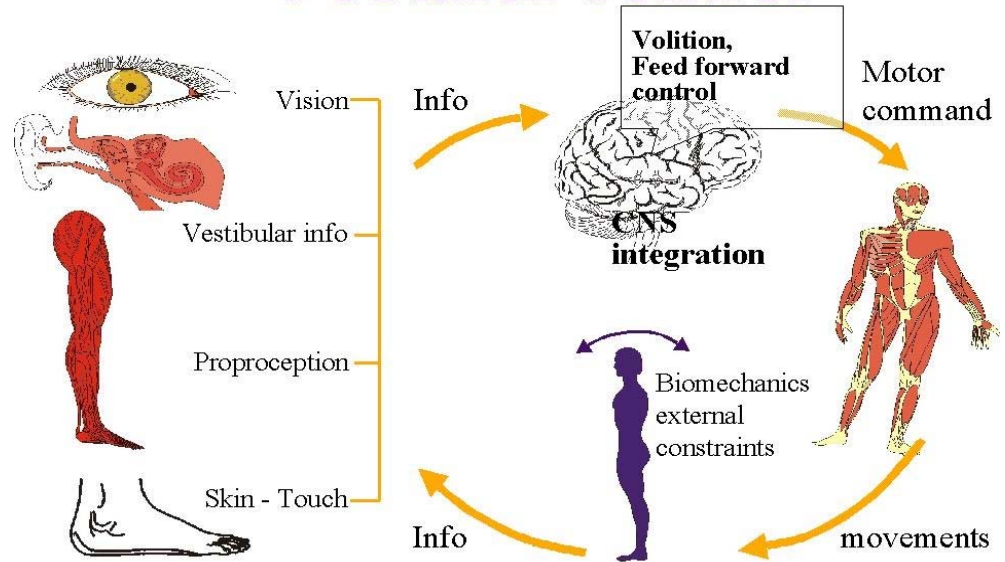
Spor Bilimi Açısından Denge

- **Statik Denge:** İnsanın vücudunun dengesini belli bir yerde ya da pozisyonda sağlama yeteneğidir (Örn; armut duruşu, planör duruşu).
- **Dinamik Denge:** Hareket ederken dengeyi sağlama yeteneğidir (Örn; arkaya ya da yan tarafa gidişte, denge ağacından yürümede olduğu gibi).
- **Objeyle Dengeleme:** Bir araçla hareket yaparken ya da ek bir araç kullanırken dengeyi sağlama yeteneğidir (Örn; top lobut gibi araçlarla sağlanan denge konumunda dinamik ve statik denge birlikte kullanılabilir).

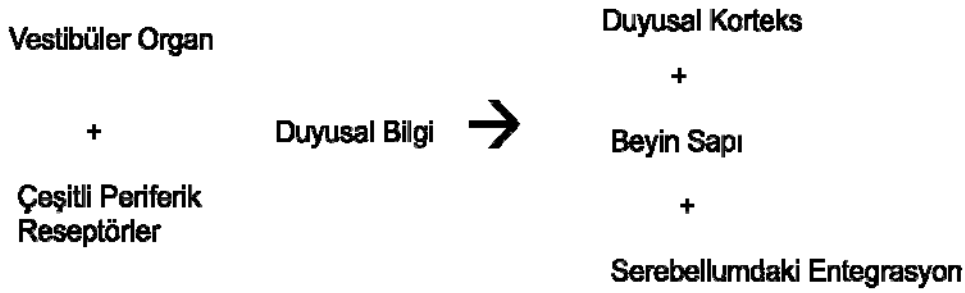
Denge Kontrol Süreci



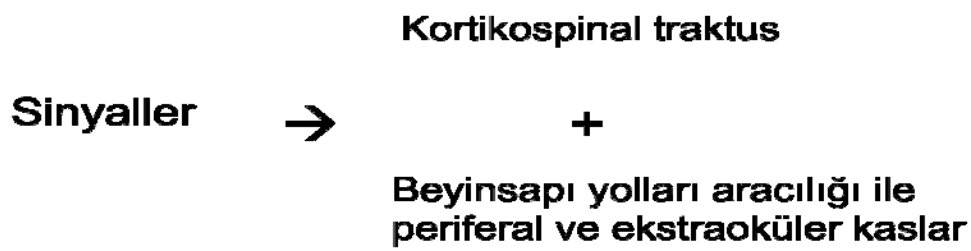
Postural control



Denge ve Postüral Kontrol Mekanizmasının Afferent Halkası



Denge ve Postural Kontrol Mekanizmasının Efferent Halkası

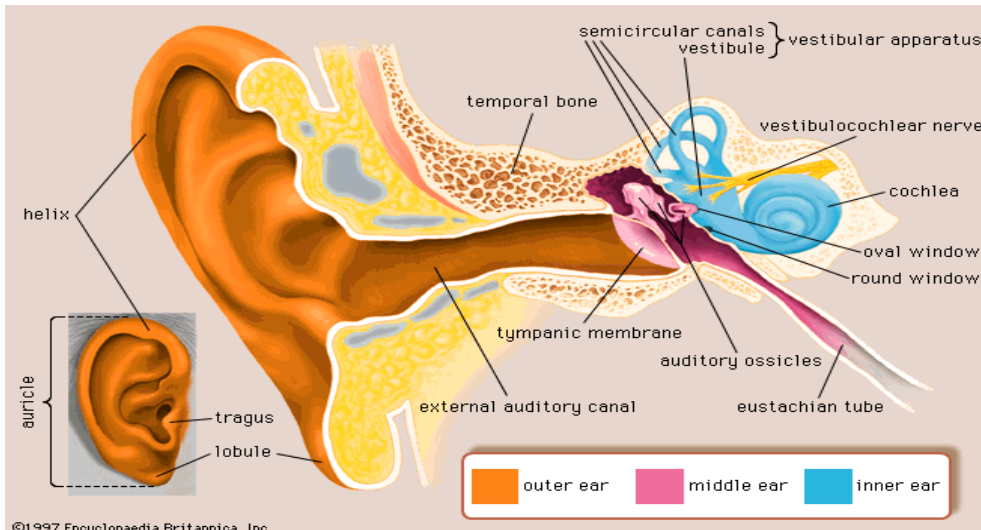


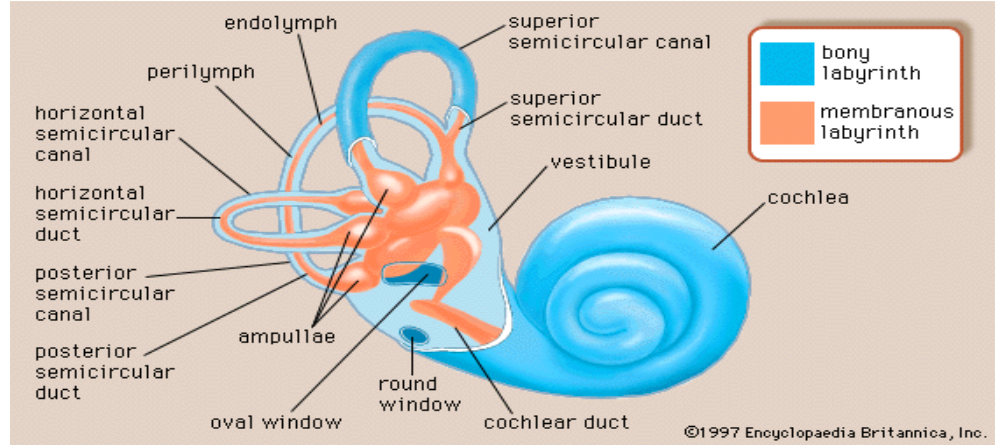
Vestibular Sistem

- Craniumun tabanında, temporal kemiğin içindeki kemik labirente bulunur
- Membranöz labirentin belli bölümleri tarafından oluşturulmuştur
- Endolenf ile dolu perilenf ile çevrilidir

Anatomik açıdan 4 başlıkta inceleyebiliriz:

1. Vestibüler organ
2. Vestibüler sinir
3. Vestibüler çekirdek kompleksi
4. Sekonder Vestibüler bağlantılar





VESTİBULAR ORGAN

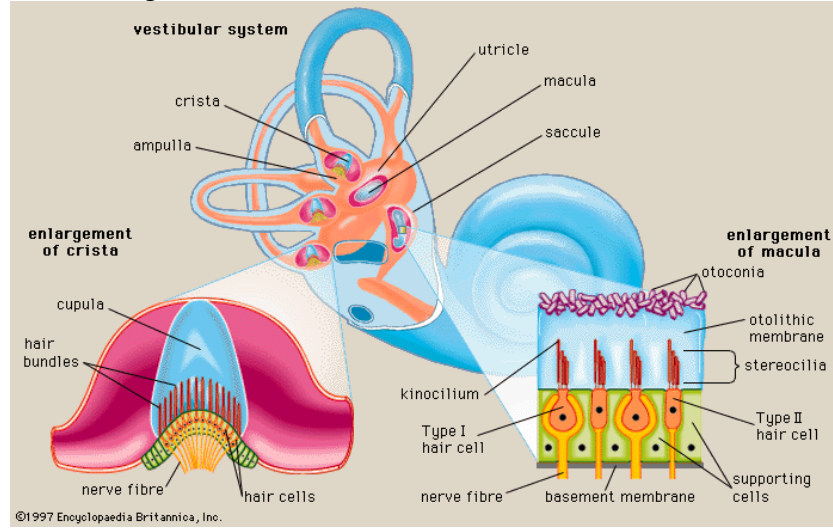
- SEMİSİRKÜLER KANALLAR

(anterior veya superior, posterior ve horizontal)

Kinetik Denge

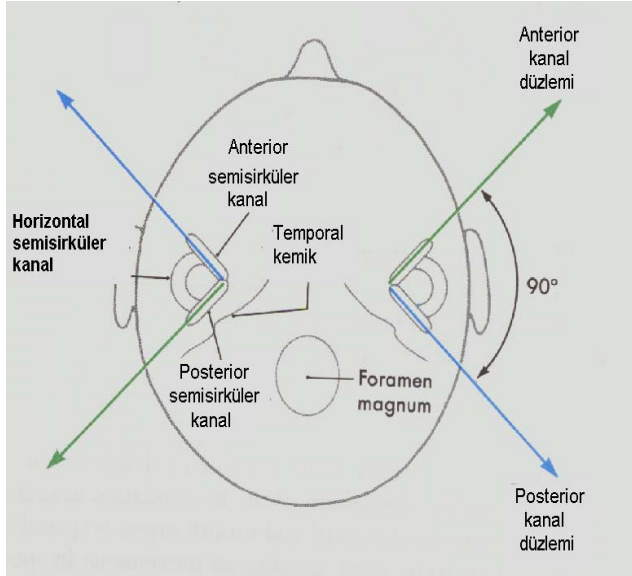
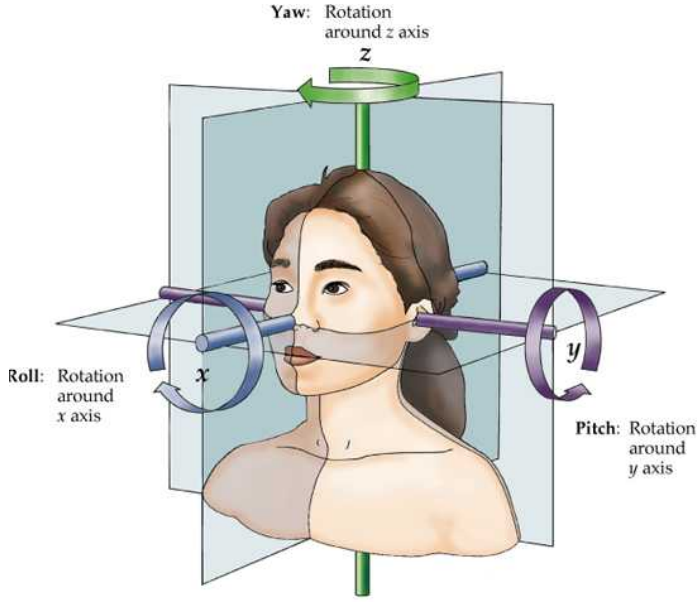
- UTRİKULUS VE SAKKULUS

Statik Denge



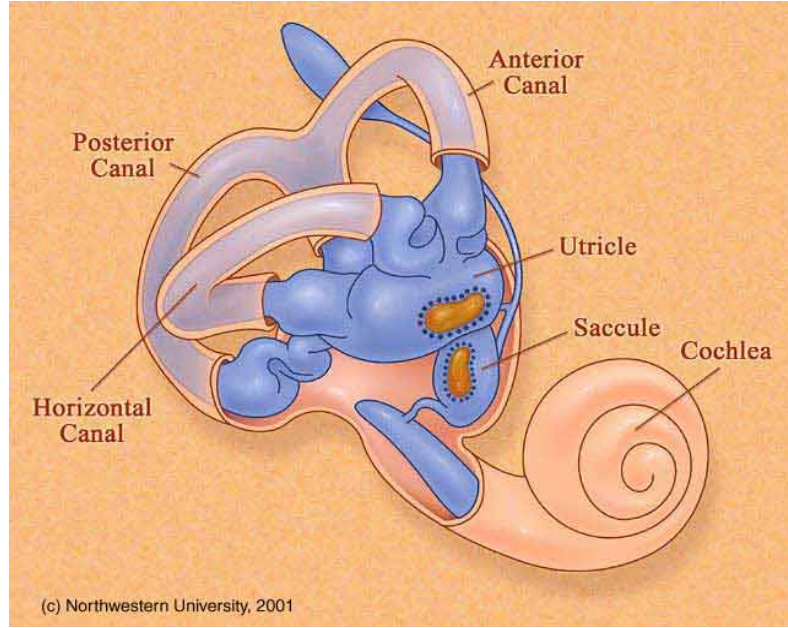
SEMİSİRKÜLER KANALLAR

- Kanallar bilateral yerleşmiştir
- Lateral kanallar horizontal düzlemde yer alırlar
- Anterior ve posterior kanallar ise vertikal düzlemde yer alırlar
- Endolenf ile doludur
- Sadece açısal hızlanmaya cevap verir



UTRİKULUS VE SAKKULUS

- Yerçekimine ve lineer hızlanmaya karşı başın durumunu algılar, statik dengenin devamını sağlar
- Genellikle utrikulus horizontal (yatay), sakkulus ise vertikal (dikey) hızlanmalara karşı daha duyarlıdır
- Başın öne - arkaya hareket etmesi ve yukarı – aşağı hareketi ile silyalı hücreler yerçekimindeki değişikliklere cevap verirler.

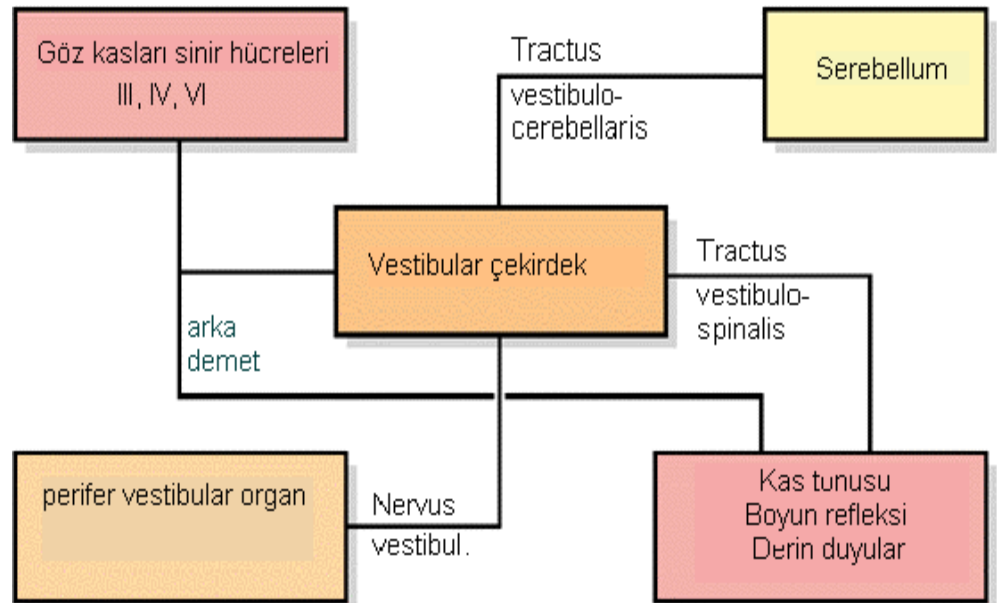


UTRİKULUS VE SAKKULUSUN GÖREVLERİ

- Kas tonusunu sağlamak
- Durum reflekslerini ayarlamak
- Hızlanma ve yavaşlama hareketlerinden organizmayı haberdar etmek

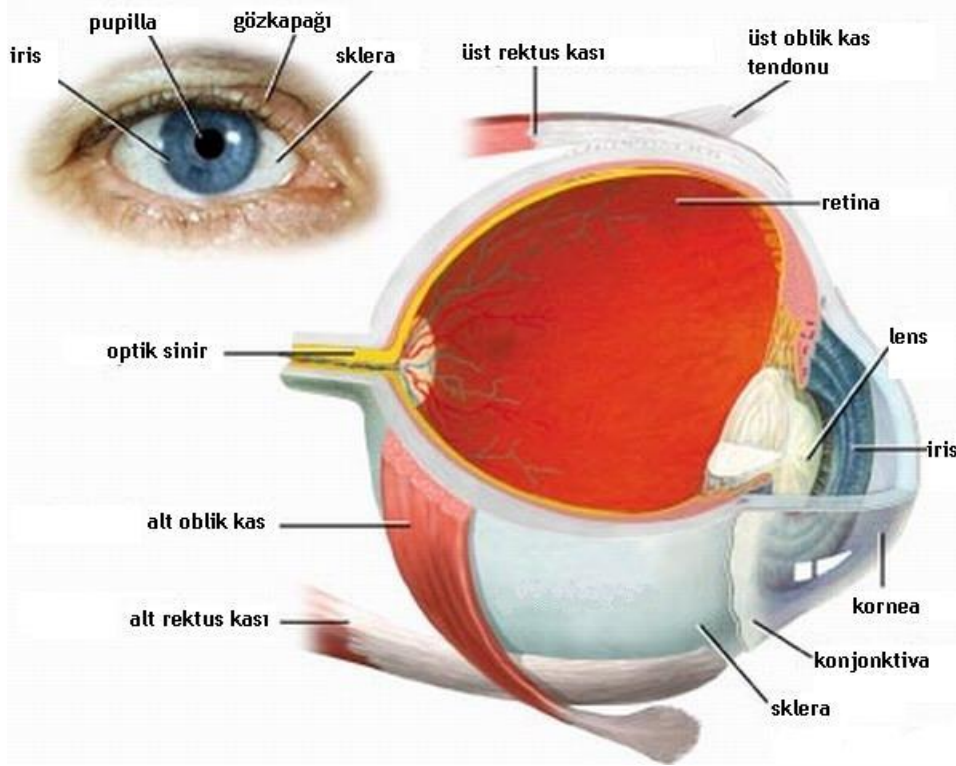
VESTİBULAR SİSTEMİN FONKSİYONLARI

- Başın pozisyonunu ve hareketlerini algılamak
- Baş hareketleri sırasında, göz hareketlerinin organizasyonu
- Baş hareketleri ile birlikte postürün oluşturulması
- Bütün fonksiyonlar subkortikal düzeyde gelişir



VİZÜEL SİSTEM

- Vizüel sistem nesneleri tanımak, tespit edebilmek için merkezi sistem, hareketin kontrolü için çevresel sistemdir.
- Dengenin sağlanmasında çok güçlü bir rolü olmasına rağmen diğer bilgileri destekleyici özelliği ön plandadır.
- Retinaya gelen görüntüler dengenin sağlanması için gerekli kas aktivitesinin başlatılmasını tetikler.
- Vücudun hafif dönme ya da doğrusal hareketleri bile retinadaki görüntüyü ani olarak kaydırır ve bu enformasyon denge merkezlerine ulaşır.
- Vestibular apareyleri tamamen haraplanmış şahısların birçoğunun gözleri açıkken, hareketleri yavaş yaptıkları takdirde, dengelerini hemen hemen normal olarak korudukları görülmüştür. Fakat gözler kapanır ya da hızlı hareket yapılırsa denge derhal kaybolur



PROPRİOSEPTİF SİSTEM

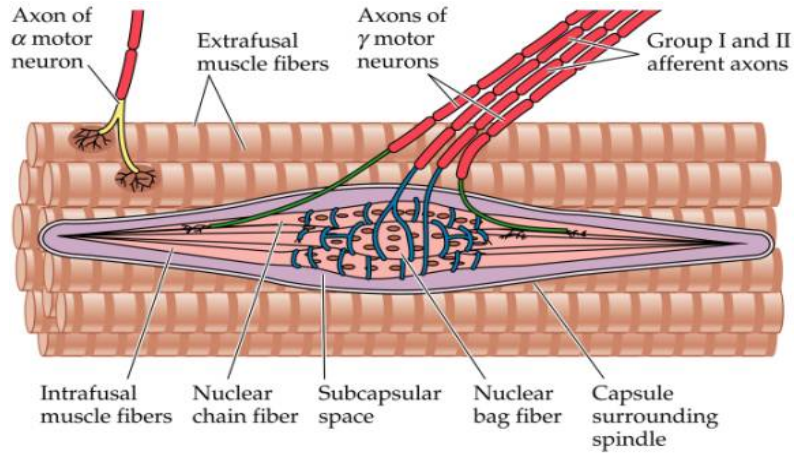
- Somatosensoryal sistemde vücut pozisyonuyla ilgili bilgileri proprioseptif ve ekstreoseptif reseptörler sağlarlar.
- Eklem kapsülleri, kaslar ve tendonlarda bulunur
- Vücudun ve gövdenin pozisyonları ve her bir kasın gerilimleriyle ilgili bilgileri iletir.
- Düşük eşikli, gerilmeyle aktive edilmiş mekanoreseptörlerdir.
- Afferent sinyalleri, merkezi olarak, görece kalın myelinli aksonlarda iletilir

PROPRIOSEPTÖRLER

- Kas içcikleri
- Eklem Reseptörleri
- Golgi Tendon Organları

KAS İĞCİĞİ

- Özelleşmiş kas liflerinden oluşan gerilmeye hassas yapılardır
- Bağ dokusundan bir kapsülle çevrelenmiştir
- Pozisyon ve hareketin algılanmasıyla ilgili bilinçli propriyosepsiyona katkıda bulunur
- Postürün kontrolünde önemli rol oynar



GOLGİ TENDON ORGANLARI

- Kas ve tendonların birleştiği yere yakın, tendonun içine yerleşmiş kapsüllü, duyuşal reseptörlerdir.
- Golgi tendon organı küçük kas demetinin yaptığı gerilme ile uyarılır.
- Golgi tendon organı kasın gerilmesi veya çekilmesi nedeniyle oluşan gerilme baskılarını hisseder.
- Gerilimi merkezlere bildirir
- Kas kasılması çok fazla olduğu zaman bunu engelleyici veya durdurucu yapılar olarak iş görürler.

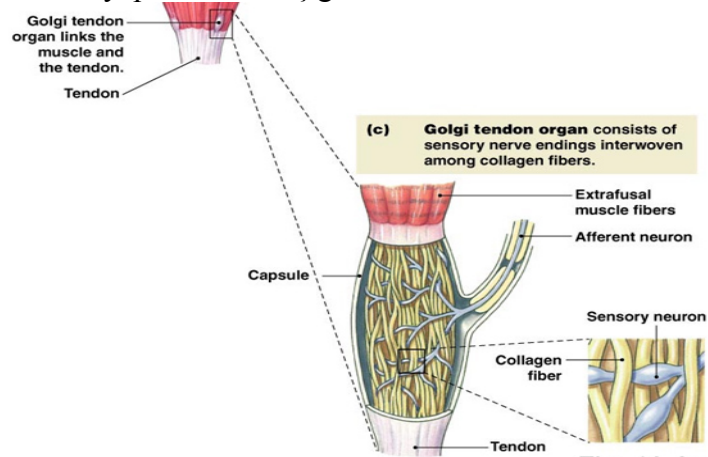
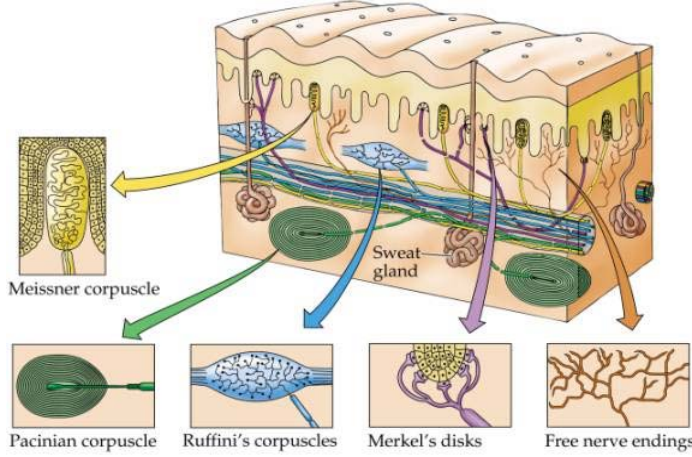


Fig. 13-3c

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

EKLEM KAPSÜLLERİ

- Primer olarak, eklem kapsülü ve eklemi çaprazlayan ligamentlerin içine yerleşmiş olan çeşitli Afferent reseptörlerdir
 - Lif tipine göre Grup II, III ve IV olmak üzere gruplara ayrılırlar.
 - Grup II afferentleri, yüksek hızlı iletim sağlayan geniş çaplı myelinli aksonlardır. Ruffini ve Pacinian korpuskülleri olmak üzere iki çeşit sinir sonlanması mevcuttur.
 - Grup III ve Grup IV afferentleri ise ince myelinli veya myelinsiz küçük çaplı aksonlar olup, daha yavaş uyarı iletimi sağlarlar.



RUFFİNİ KORPUSKÜLLERİ

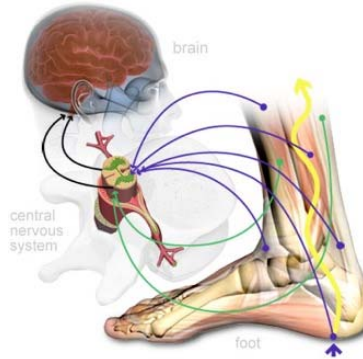
- Yavaş adapte olur
- Eklemi çevreleyen bağ dokusunun yer değiştirmesine yanıt verir
- Kapsülün ekstansiyon veya rotasyon gibi stres altında olduğu aşırı eklem hareketleri sırasında uyarılırlar.



Ruffini's corpuscle



Pacinian corpuscle



PACİNİAN KORPUSKÜLLERİ

- Kompresyona duyarlıdır
- Eklem hızlandığında veya yavaşladığında, oluşan yüksek hız değişimleri sırasında hızlıca adapte olurlar

EKSTEROSEPTİF DUYULAR

- Eksteroseptif duyular, deri ve vücut yüzeyinden gelen duyulardır.
- Ağrı, ısı, dokunma, basınç, hafif dokunma, titreşim şeklinde algılanırlar.

- Eksteroseptif duyular içerisinde sınıflandırılan ayak tabanından gelen basınç duyuları denge için MSS bilgileri iletir.
- Koşarken denge sağlanmasında etkilidir

DENGE KOORDİNASYON VE BECERİNİN KONTROL MERKEZLERİ

VENTROMEDİAL SİSTEM

- Tr. Reticulospinalis
- Tr. Vestibulospinalis
- Tr. Tectospinalis
- Tr. Cortikospinalis Lat.

TRAKTUS RETİKÜLOSPİNALİS

- Tüm spinal kord boyunca devam eder
- Postüral değişiklikleri içeren birçok denge, refleks ve motor hareket ile ilgilidir.

TRAKTUS RETİKÜLOSPİNALİS MEDİALİS

- Beyin sapının pons ve mesenseflondaki uyarıcı alanlarından başlar
- Spontan olarak fasilitatör aktivite doğurma özelliği
- Ekstansör antigravite kaslarında tonus artışı

TRAKTUS RETİKÜLOSPİNALİS LATERALİS

- İnhibitorik alan
- Aktive olması için üst merkezlerden uyarı alması gerekir

TRAKTUS VESTİBULOSPİNALİS MEDİALİS

- Semisirküler kanalların duyu uyarılarına (açısal baş hareketi) yanıt olarak postürel değişikliklere katkıda bulunur.
- Spinal kordda servikal aksiyel kasları innerve eder

TRAKTUS VESTİBULOSPİNALİS LATERALİS

- Graviteye göre oluşan baş pozisyonu değişikliklerine yanıt olarak özellikle alt ekstremitelerde yer çekimine karşı postüral motor aktiviteyi oluşturur.

VESTİBULAR ÇEKİRDEKLER

- 4. Ventrikül tabanında area vestibulariste yer alır
- Nukleus vestibularis superior, lateralis, medialis ve inferior adlarını alan 4 nöron grubu vestibular çekirdek grubunu oluşturur
- Büyük bölümü bulbusta, bir bölümü de ponsta bulunmaktadır.

VESTİBULOOKÜLER REFLEKS

- Vestibulooküler Refleks output nöronları, ekstraoküler kasları inerve eden okulomotor nukleusların motor nöronlarıdır.
- Başın hareketi sırasında gözlerin herhangi bir obje üzerinde odaklaşmasını sağlar.
- Açısal ve lineer akselerasyon sinyallerinin her ikisinde de Vestibulooküler Refleks kullanılmaktadır.

VESTİBULOSPİNAL REFLEKS

- Vestibulospinal Refleksin output nöronları iskelet kaslarını inerve eden spinal kord gri cevherinin ön boynuz hücreleridir
- Antigravite kaslarında koordineli hareketlerin oluşumundan sorumludur.
- Yerçekimli ortamlarda postür ve stabilitenin sürdürülmesini sağlar.

TRAKTUS TEKTOSPİNALİS

- İşitsel ve görsel uyarılarla aktive olur
- Baş-boyun kaslarının tonusunu kontrol eder

TRAKTUS KORTİKOSPİNALİS ANTERİÖR

- Bulbusta çaprazlaşmayan % 20 kadar piramidal lif ipsilateral olarak aşağı iner.
- Pyramislerden geçtiği halde bir extrapiramidal yol gibi davranır
- Çünkü antigravite ve extansör kaslara gider ve med.spi.in ventromedialinde sonlanır
- Extremitelerin bilateral hareketlerinden sorumludur

SEREBELLUM

- **Postür ve dengenin kontrolü**
- **Kas tonusunun düzenlenmesi**
- **Zamanlama**

KOORDİNASYON

- Koordinasyon, amaca yönelik bir harekette iskelet kasları ile merkezi sinir sisteminin uyum içerisinde çalışması, etkileşimi anlamında bir kavramdır.

KOORDİNASYON GELİŞİMİ

- Koordinatif yetenekler çok yönlü alıştırmalarla geliştirilebilir
- Yüklenmelerin dozu kademeli olarak artırılmalıdır.
- Yeni hareketler öğretilmelidir.
- Yeni hareketler öğretilirken çok sayıda değil yeterli sayıda öğretilmelidir.
- Yeni hareketler doğru teknikle öğretilmelidir.
- Yeni hareket seçiminde sporcunun yeteneği göz önünde tutulmalıdır.
- Bireysel farklılıklar unutulmamalıdır.
- Alıştırmaların sürati sürekli değiştirilmelidir.
- Dış koşullar değiştirilmelidir. Değişik alan, yardımcı hareketler, ağır top hafif top vs. uygulama alanının değiştirilmesi.
- Mekanik beceriler birleştirilmeli. Oyunların tekniklerin birleştirilmesi.
- Çalışmaların zaman karşı yapılması. Reaksiyon geliştirici hareketler yeri geldiğinde uygulanmalıdır.
- Komut değiştirilerek dışarıdan müdahale, kapalı göz, açık göz, yön değişikliği, ayna karşısında çalışma.
- Antrenman sonrası çalışmaların karmaşık şekilde yapılması.
- Hareketlerin uygulanması sırasında şekil değişikliği.hareket sırasında vücudun belli parçaları hareketi değiştirilir.

- Yorgunluk olduğunda dinlenme verilmelidir. Yorgun vücuda yapılmamalıdır.
- Günlük antrenmanın ana devrenin başlangıcında hareketlilik alıştırmaların arkasından yapılmalıdır. Isınma sonrası.
- Hareketler dış engellerle de yapılmalıdır. Rakip, zor yüzey vs
- her spor dalı için özel beceri alıştırmaları uygulanmalıdır.

KOORDİNASYON GELİŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN METODLAR

- Alışık olunmayan pozisyonda egzersize başlama
- Alışık olunmayan pozisyonda ve zıt kol ve bacakla becerileri yapma
- Hareketlerin yapılmasında tempo ve süratin değiştirilmesi
- Teknik beceri ve elamanların değiştirilmesi
- İlave hareketlerle egzersizin zorluğunu artırmak.
- Bilinenle yeni hareketin birleştirilmesi
- Rakibin (partnerin) karşı koyması yada direncin artırılması.
- Alışılmamış performans koşulları yaratmak
- İlgili ve ilgisiz sporları yapmak.

ÖZEL MOTOR BECERİLERİN ÖĞRENİLMESİ

- Ekstrapiramidal yol, uyarıların premotor alandan aşağıya doğru omuriliğin daha düşük seviyesindeki motor nöronlarına gönderildiği yoldur. Premotor alan ayrıca talamus, korpus striatum ve serebellum gibi birkaç subkortikal bağlantıya da sahiptir.
- Uyarının içindeki gereksiz bilgiler bu bölgeler tarafından ayıklanarak, uyarı kaslar tarafından daha anlaşılır bir hale getirilir. Böylece daha koordineli bir hareket (beceri) gerçekleştirilebilir.

Pliyometrik Çalışmalar

Teknik Direktör Cevat Güler

İstanbul Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu

PLİYOMETRİK ÇALIŞMA “Elastik kuvvet antrenmanı” reaktif antrenman “ eksantrik antrenman” gibi isimlerle anılmaktadır. Derinlik sıçraması ve darbe metodu gibi sınıflara da ayrılmaktadır. Pliyometrik antrenman kasın mümkün olan en kısa sürede maksimal kuvvete ulaşmasına olanak sağlar. Bu çalışmalar çabuk kuvvetin ön planda olduğu spor dalları için yararlıdır.

DARBE METODU

- Belirlenmiş yükseklikteki kasa üstüne sıçrama, aşağıya düşme ve tekrar sıçrama şeklinde yapılan çalışmadır. Yükseklikler 40-120 cm arasındadır.

PLİYOMETRİK ÇALIŞMALAR

- Pliyometrik antrenmanlar daha çok elastik kuvvetle ilgili olup kasın eksantrik kasılmasından sonra konsantrik kasılma ile kısa sürede yüksek miktarda kuvvetin hızlı şekilde uygulanmasını sağlamaktadır.
- Eksantrik kasılma, basma evresi ve konsantrik kasılma olarak üç evreden oluşur.
- Bu çalışmalar; dayanıklılık, kuvvet, esneklik, koordinasyon çalışmalarını yeterince çalışmış sporculara uygulanmalıdır.
- Hareket hızı düşük şiddetten yüksek şiddete, zıplama yüksekliği giderek artırılan yüklenme tercih edilmelidir.

PLİYOMETRİK ÇALIŞMALARDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR

- İyi ısınma
- Doğru basma temel olarak öğrenilmeli. Zıplama ve düşme ayakucu ile olmalı.
- Sadece vücut ağırlığı kullanılmalı.
- Yere düşme esnasında denge korunmalıdır.
- Çukur ve sert zeminde yapılmamalı.
- Yükseklikler bir yüksek bir düşük seviye yapılarak çalışma rutin ve ritmik olmaktan çıkarılır.

ÇALIŞMANIN ÖĞELERİ

ÇALIŞMANIN ŞİDDETİ

- Amaç maksimal şiddette çalışmaktır ancak sporcunun adaptasyon ve kuvvet durumu göz önünde tutularak şiddet giderek artırılmalıdır.

ÇALIŞMA - DİNLENME (sıklık)

- Yüklenme süresi 6 – 10 saniye olabilir. Tekrarlar arası 40 – 50 saniyelik dinlenme verilmeli dört tekrardan sonra 2-3 dakikalık set arası dinlenme verilmelidir.

TEKRAR SAYISI (kapsam)

- Yeni başlangıçta toplam 40- 50 tekrar sayısı yeterlidir. İlerlemiş çalışmalarda bir kas grubu için maksimal tekrar sayısı 120 ye kadar çıkarılabilir.

HAFTALIK ÇALIŞMA (frekans)

- Bir hafta içinde yapılan çalışmanın sayısı ve şiddetine göre değişmekle birlikte 2-3 kez planlanmalıdır. Yüksek eforla planlanmış iki çalışma arası 24- 48 saatlik dinlenme uygundur.

CİNSİYET VE YAŞ

- Genel atletik durumu çalışmaya hazır olan her iki cinsde bu çalışma uygulanabilir.
- Bayanlar için zıplanacak yükseklikler erkeklere göre daha düşük olarak planlanmalıdır.
- Puberte öncesi çocuklarda bu çalışmalar yüksek zıplamalar veya derin düşmeler şeklinde olmamalıdır. Bu dönemde günlük aktiviteler gibi daha düşük yüksekliklerle zıplamalar oyunusal formda olmalıdır. Tekrar sayısı az ve haftalık çalışma en fazla iki olmalıdır. Darbe metodu çalışmaları çocuklarda epifiz ve eklem yapıya zarar verebileceğinden uygulanmamalıdır.

PLİYOMETRİK ANTRENMAN GELİŞİMİ ÇEŞİTLEMELERİ, ÇEŞİTLEMELERİ

- **Yerinde sıçrama çalışmaları (jumps in place):** Sporcu olduğu yerde tek ayak çift ayak sıçrar ve aynı noktaya düşer. Çalışmaların şiddeti ve sayısı düşüktür, dinlenme süresi uzundur. Ayak ucu ile düşme esnasında denge kontrol edilir.
- **Durduğu yerden sıçramalar (standing jumps) :** Giderek artan eforla ileriye, geriye, sağa, sola tek ve çift ayakla yapılan çalışmadır. Burada vücut dengesinin hızlı şekilde sağlanması amaçlanır.
- **Sekmeler (bounds) :** Belirlenmiş yöne ve mesafeye sekerek, diz çekerek gitmek önce yavaş daha sonra hızlı şekilde yapılır.
- **Çok yönlü atlama ve sıçramalar (multiple hops and jumps):** Durarak sıçrama, ayakta sıçrama ile sekmelerin kombinasyonu olan

çalışmadır. Bu çalışma yapılırken komutla tek, çift ayak, sağa sola, ileriye geriye diye komutlarla reaksiyon için hazırlık yapılmış olur.

- **Gövde ve kollara yönelik çalışma:** Top fırlatma, yatay durumda kolları yana açma kapama. Yana top fırlatma, bar ile gövde döndürme. Baş üzerinden ve göğüsten top fırlatma. Küçük ağırlıklarla barfiks hareketi yapma.
- **Küçük yükseklikle çalışmalar:** 5 – 10 cm yükseklikler de ileriye, sağ yöne sol yöne çift ve tek ayakla yapılan çalışmalardır.
- **Orta yüksekliklerle çalışmalar:** 30 – 40 cm yüksekliklerde çalışma çift ayakla öne ve her iki yana çalışılabilir. Bu yükseklikte tek ayak çalışabilmek de mümkündür.
- **Yüksek engellerle çalışmalar:** 60 – 120 cm yüksekliklerde çalışma çift ayakla yapılan çalışmalardır. Bu yükseklikler ön hazırlık çalışmaları eksik olan sporcularda ciddi bel, diz ve ayak bileği problemlerine yol açabilir.
- **Kasa çalışmaları (box drills):** Çok yönlü atlama ve sıçramalar ile derinlik sıçramalarının kombinasyonudur.
- **Derinlik Sıçramaları (depth jumps):** Belirli yükseklikteki bir kasadan yere düşüş ve hemen ardından yine yüksek kasaya sıçrayış şeklinde yapılır.

PRATİK SAHA DENEYİMİ

- Sakatlık ya da uzun tatil dönemi geçirmiş sporcular için hemen yapılamayacak çalışmalardır.
- Dayanıklılık, esneklik, genel koordinasyon çalışmaları yapılmış. Kuvvet, sürat ve bunların devamlılıklarının çalışıldığı dönemde pliyometrik çalışmalara başlanabilir.
- Öncelikle kol, gövde, sırt, bel ve bacak için temel kuvvet çalışmalarının yapılmış olması gereklidir.
- Çalışma esnasında vücut dengesinin bozulması ve yorgunluğun başlaması gözlemlenmelidir. Bu gibi durumlarda çalışmaya devam edilmemelidir.

Spora Dönüş Çalışmaları

Teknik Direktör Cevat Güler

İstanbul Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu

Sporcu neden takım çalışmalarının dışında kalmıştır

- Sakatlık
- Uzun süren tatil
- Müsabaka men cezası
- Diğer faktörler

Sakatlık sebebi ile antrenmanlardan uzak kalmış ise

- Bu aşamada öncelikle doktor, fiziktedavi uzmanları tarafından tedavisi tamamlanmış olmalı
- Antrenmana başlayacak ise bu karar doktor tarafından verilmelidir.
- Genel olarak aerobik dayanıklılık, lokal olarak ise esneklik ve temel kuvvet çalışmaları tamamlanmış olmalıdır.

Uzun süren tatil

- Sporcunun müsabaka ve antrenmanlardan uzak kaldığı süre ne kadar gün, hafta.
- Aldığı kilo ne durumdadır?
- Tatilde yaptığı aktivite var mıdır, ne kadar sıklıkla?
- Uyku ve beslenme düzeninde değişiklik var mıdır?

Müسابakadan uzaklaşmak

- Kaç hafta müsabaka oynamamıştır?
- Bu dönemde takım ile yapılan antrenmandaki motivasyonu nasıldır (uzun süre müsabaka oynamayan oyuncunun antrenman motivasyonu düşebilir)
- Özel çalışma yapmaya yatkınlığı var mıdır?

Diğer faktörler

- Takım çalışmaları dışında bireysel çalışmalar (eksikliklere uygun) yapılamadığı için müsabaka performansın düşmesi.
- Psikolojik sorunlar. Aile sorunları, müsabakalarda sürekli oynayamama, transfer sorunları vs gibi.

Yukarıda belirtmeye çalıştığım faktörler sporcunun sahaya dönüş çalışmalarının süresini, antrenman süresini ve şeklini değiştirir.

- Sporcunun performans olarak ne kaybettiğinin bilinmesi gereklidir.
- Hangi aşamadayız onu belirlemek gereklidir.
- Uzun süre müsabakadan uzak kalan sporcuya test yaparak formda olduğu dönemdeki aerobik dayanıklılık, kuvvet, patlayıcı kuvvet,

sürat, esneklik, anaerobik dayanıklılık seviyesi, nerededir? Farklar var mıdır, bilinmelidir. Bu duruma göre antrenman planlanmalıdır.

Müşabakaya dönüş için planlanan antrenman içeriği şöyle olmalıdır:

- Aerobik dayanıklılık
- Esneklik
- Kuvvet
- Sürat
- Çabuk kuvvet
- Anaerobik dayanıklılık
- Patlayıcı kuvvet. Reaksiyonel çalışma
- Topla birlikte maksimum şidette olan hareketler.
- Gol ya da savunma alanında kaleye göre açısını çabuk tayin edebilmesi için özel çalışmalar
- Rakip oyuncunun hareketine maksimum hızla cevap vererek kaçması ya da mücadele etmesi
- Yüksek seviyede laktik asit ile çalışmaya devam edebilmeli.
- Yapılabildiği kadarı ile müşabaka şartlarında hareketlerin yapılması