

FİZYOLOJİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Fizyoloji: Canlı organizmalardaki hayati fonksiyonları, en küçük birim olan hücrelerden başlayarak, organlar ve sistemlerin çalışma ve birbirleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalıdır.

Egzersiz fizyolojisi: Hareketin ortak özelliği olan egzersiz, spor ve atletik performans gibi fiziksel aktivite ve düzenli egzersizlerin yanı sıra iş ve işle ilgili aktiviteler, boş zaman dahil olmak üzere günlük yaşamdaki hareket aktiviteleri, etkinlikler ve ev içerisinde yapılan hareket ve etkinlikler sonucunda ortaya çıkan adaptasyonların incelenmesini tanımlamak için kullanılan bir şemsiye terimdir

Spor Fizyolojisi: Egzersiz fizyolojisinde elde edilen bilgiler ve sonuçların, sporcuların sportif performanslarının artırılması ve iyileştirilmesi amacıyla antrenmanlarında, istirahatlerinde ve günlük diyet alımlarında kullanılması yöntemidir. Yani, spor fizyolojisi egzersiz fizyolojisi kaynaklı bir uygulamadır.

EGZERSİZ FİZYOLOJİSİNİN TARİHİ GELİŞİMİ

Eski Mısır, Hint ve Çin tarihsel olarak incelendiğinde egzersiz kelimesinin kullanıldığı görülmektedir. Var olan kaynaklara göre M.Ö. 460-377 yıllarında Hipokrat ve M.S. 129-216 yıllarında Claude Galen egzersizle ilgili ilk yorum ve tavsiyelerde bulunan hekimlerdir. Galen ilk egzersiz fizyoloğu olarak bilinmektedir. Günlük uyku, kas hareketi ve sağlıklı yiyeceklerin yenmesi ile ilgili tavsiyelerde bulunmuştur.

Suluk alıp vermeyi hızlandırmayan hareketlerin egzersiz olarak nitelendirilemeyeceğini ifade eden yine Galen' dir. M.S 980-1037 yıllarında yaşayan İbn-i Sina hareket ve egzersize çalışmalarında önemli bir yer vermiştir. 16-19. Yüzyıllar Fizyoloji biliminin gelişmesiyle birlikte 18. yüzyıl, egzersiz yapan bedenin nasıl bir adaptasyon bir uyum gösterdiği ile ilgili sorulara yavaş yavaş cevapların verildiği bir dönem olmaya başlamıştır. Laboratuvar ile ilgili çalışmalar ise 19. yüzyılda gerçekleştirilmiştir. Spor hekimliği ile ilgili ilk kitap Girolamo Mercuriale 16. Yüzyılda yazmıştır. Mercuriale (1530-1606) egzersizin, akciğerleri zorlayan ve vücut sağlığı için yapılması gerekliliğini vurgulayan kişidir.

Egzersiz fizyolojisi biliminin gelişimsel tarihine önemli bir katkı 1883 yılında Almanya'nın Magdeburg Üniversitesinde bisiklet ergometresi dizaynı ile gelmiştir.

Egzersiz Fizyolojisi tarihinin İlk Denemeleri

- 1789 yılında, Fransa'da dinlenme, yemek sonrası ve egzersiz esnasında oksijen alımını ölçme denemesi Lavosier ve Sequinin yapmışlardır,
- 1792 yılında Volta tetanus'u fizyolojik olarak açıklamıştır,
- 1847 yılında Almanya'da Von Helmholtz enerji dönüşüm yasasının izahını yapmıştır,
- 1894 yılında Rubner Almanya'da ilk olarak kalorimetre kullanarak köpeklerde enerji metabolizmasını ölçmüştür.
- Kas elektrik ölçümü Galvani tarafından yapılmıştır
- Volta (1792) – fizyolojik tetanus
- 1716-1794 yıllarında James Lind denizcilerde diyetleri ve immun sistemleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir
- 1813-1878 yıllarında Claude Bernard homeostasis ve egzersiz metabolizması kavramları açıklamıştır
- Edward Smith 1819-1874 yıllarında, kapalı devre spirometre ve proteinlerin yakıt olmadığını ilk açıklayan kişidir
- 1818-96 yıllarında Emil du Bois Reymond sinir kas fizyolojisi
- 1861-1947 yıllarında yaşamış olan Frederick Gowland Hopkins deneysel fizyoloji alanında Nobel ödülü almıştır
- 1870-1957 yıllarında yaşamış olan Francis Gano Benedict egzersiz sırasındaki ısı değişimi, metabolizma hızı ve bisiklet ergometresi üzerine çalışmalar yapmıştır
- 1855 yılında Amerika Birleşik Devletlerin'de dünya tarihinin ilk ilk egzersiz fizyolojisi makalesi olan, Byford, W.H. On the physiology of exercise. Am J Med Sci. 30:32-42, 1855, yayınlanmıştır
- 1888 yılında Dr. Lagrange tarafından yazılan egzersiz fizyolojisi kitabı ilk olarak yayınlanmıştır
- 1849-1924 yıllarında Harvard Üniversitesinde Dudley A. Sargent tarafından dikey olarak yaptırılan sıçrama testi yaptırılmıştır
- 1927 yılında Harvard Yorgunluk Laboratuvarı kurulmuştur ama 1947 yılında kapatılmıştır
- 1953 yılında Krebs ve Lipmann Nobel Ödülü almışlardır

- 1956 yılında Hellenbrandt & Houtz tarafından güç gelişimi ve aşırı yüklenme ifadeleri açıklanmıştır
- Balke B. tarafından 1970'li yıllarda Egzersiz Fizyolojisi (ACSM) sertifikasyon programını devreye sokulmuştur Türkiye'de Tarihçe Paris Olimpiyatları'na (1924) katılmaları için sporcu sağlık kontrolleri yapılırken o dönemin askeri biriminde görelî Dr. Sırrı Alıçlı sağlık kontrollerini yapmak üzere görevlendirilmiştir. Daha sonra, 1938 yılında Sağlık Dairesi Başkanlığı görevini yürütmüştür. Dr. Sırrı Alıçlı'nın sonraki döneminde spor hekimliği için çok önemli bir isim olan bir isim olan Dr. Raşit Serdengeçti bu göreve atanmıştır. Spor hekimliği ifadesini ilk olarak kullanan Dr. Raşit Serdengeçti'dir. Aynı zamanda kendisi "Beden Eğitimi ve Spor Fizyolojisi" ve "Spor Hekimliği" adlı iki kitabında yazarıdır. 1954 yılında Dr. Necati Akgün "Spor Fizyolojisi ve Sağlık El Bilgisi" adlı kitapları yazarak Türk egzersiz fizyolojisine katkı sağlamıştır. 1973 yılında Ege Üniversitesinde Spor Hekimliği Enstitüsünü kuran Necati Akgün yine aynı yıl ve aynı yerde Egzersiz Fizyolojisi Laboratuvarının kurulmasını da sağlayarak Türkiye'de bir ilk olarak egzersiz testlerinin yapılmasını sağlamıştır.

EGZERSİZ FİZYOLOJİSİNİN ESASLARI

Egzersiz fizyolojisindeki iki temel çalışma alanı, egzersizin akut dönem tepkileri ve vücudun çeşitli sistemlerinin kronik adaptasyonlarıyla vücudun buna nasıl tepki verdiği'dir. Fiziksel Aktivite, günlük hayat ritüellerinde kas iskelet sistemimizi çalıştırdığımız ve enerji formumuz olan ATP'yi kullanarak farklı şiddet ve yoğunlukta metabolizmamızı hızlandırarak gerçekleştirdiğimiz faaliyetler olarak tanımlanmaktadır.

Egzersiz, bireylerin bilinçli ve gönüllü olarak dahil olduğu, zindeliği ve sağlığı iyileştiren veya sürdüren yapılandırılmış bir hareket süreci olarak tanımlanmaktadır. Bir defalık yapılan egzersiz çalışmasına verilen yanıtlar akut yanıt olarak; belirli tekrarlarla yapılan ve organizmada egzersize adaptasyon gelişimini sağlayan yanıtlar ise kronik yanıt olarak tanımlanmaktadır.

Fiziksel Aktivite ve Egzersize Akut Yanıtlar

Vücut sistemlerinin akut yanıtları, tek bir fiziksel aktivite veya egzersize yanıt olarak meydana gelen olaylardır. Ne zaman bir birey fiziksel aktivite veya egzersizle uğraşıyorsa, yapılması gereken çok sayıda zorluk var demektir. Sağlıklı bir bireyde, vücudun çeşitli sistemleri bu duruma uygun bir şekilde yanıt vererek organizmayı dengede tutmayı başaracaktır.

Egzersiz sırasında ve egzersizin tamamlanmasının ardından organizmanın taleplerini karşılamak için koordineli olarak vücut iç ortamı dengelemeye çalışmaktadır. Bu sıcaklık artışının organizmaya zarar vermemesi için derideki yüzeysel kan damarları genişletilerek cilde gönderilen kan akışı artırılması sağlanarak organizma soğutulmaya çalışılacaktır.

Fiziksel Aktivite ve Egzersize Kronik Yanıtlar

Fiziksel aktivite ve egzersize kronik yanıt terimi, tekrarlanan düzenli fiziksel hareketlerle vücudun sistemlerinde meydana gelen adaptasyonları ifade etmektedir. Fiziksel aktivite veya egzersizin, düzenli olarak yeterli süre, sıklık ve yoğunlukta yapılıyor olması vücut sistemlerinin adaptasyonlarının olumlu yönde olacağını göstermektedir. Genellikle eğitim olarak adlandırılan bu uyarlamalar vücudun tepkisini iyileştirmenin birincil amacı olarak ortaya çıkmaktadır.

HOMEOSTAZİS

Ekstrasellüler Sıvı-İç Ortam İnsan vücudu yaklaşık olarak %60 sudan oluşmaktadır. Sahip olunan bu suyun da büyük bir kısmı intrasellüler sıvı (hücre içi sıvı) olarak isimlendirilmiştir. Geriye kalan bölüm ise hücrelerin dışında bulunmaktadır ve ekstrasellüler sıvı olarak adlandırılmıştır. Organizmada bulunan hücrelerin tamamı ekstrasellüler sıvının sayesinde statik koşullarda yaşamaya devam ederler, bu özelliğinden dolayı ekstrasellüler sıvı bedeninin iç ortamını oluşturur. 19. Yüzyıl Fransız fizyoloğu Claude Bernard bu iç ortamı yani ekstrasellüler sıvıyı milieu interieur olarak ifade etmiştir.

Ekstrasellüler sıvının iki komponenti vardır:

- İntersellüler sıvı (hücreler arası sıvı)
- Kan (plazma) İç ortamdaki sabit şartların devam edebilmesi için; iç ortamın vücutta taşınması ve karıştırılması, iç ortama sürekli besin maddesi ve oksijen sağlanması, iç ortamdaki atık maddelerin sürekli uzaklaştırılması gerekir.

Homeostazis Canlılığın devam edebilmesi hücrelerin, dokuların, organların ve sistemlerin sağlıklı çalışabilmeleri için iç ortamın belli şartlarda kararlı ve sabit veya değişmez olarak tutulması işine homeostazis adı verilmektedir. Kısaca iç ortamın sabit şartlarda devam ettirilmesidir. Örneğin solunum sistemi hücrelerinin ihtiyacı olan oksijeni sürekli sağlar.

Homeostazisin kontrolü, sinir sistemi ve hormonal sistem tarafından sağlanmaktadır. Bu iki sistem organizmadaki diğer sistemlere ait organ ve bezlerin çalışmasını düzenlemektedirler. Aynı zamanda davranışlarımızın oluşum ve şekillenmesi ve motive edilmesinden de sorumludurlar. Motive davranış ise, belirli bir amaca ulaşabilmek için gösterilen davranışlar olarak tanımlanır.

Örnek: aç kalınca yemek yemek, susuz kalınca su içmek gibi.

VÜCUDUN KONTROL SİSTEMLERİ

Organizmada sağlıklı kalmayı sağlayacak binlerce kontrol sistemi vardır. Ekstrasellüler sıvıda oksijen ve karbondioksit konsantrasyonlarının kontrolü, kan basıncının kontrol altında tutulması, kan glikozunun düzenlenmesi gibi. Bu kontrol sistemlerinden herhangi birinin yokluğu bir hastalık veya ölümlü

sonlanabilmektedir.

Kontrol Sistemlerinin Negatif (-) Feed- Back Özelliği

Vücudumuzdaki pek çok kontrol sisteminin negatif feed-back özelliği vardır. Düzenleyicinin cevabı, uyarının zıddına olduğu için sisteme negatif geri besleme devresi denir. Vücutta bulunan homeostatik mekanizmaların büyük çoğunluğu negatif geri besleme tipindedir.

Örneğin; vücut ısısı, kandaki glikoz miktarı ve bazı hormonların salgılanması bu yolla düzenlenir.

Kontrol Sistemlerinin Pozitif (+) Feed- Back Özelliği

Pozitif Feed- Back özellik, organizmada kararsızlık ve sabit şartların bozulmasına sebep olarak genellikle ölümlü sonuçlanmaktadır. Düzenleyicinin cevabının uyarıya aynı yönde olması sebebiyle Pozitif feed-back adı verilmiştir. Yani artan bir faktör sonuçta daha da artırılır. Organizma için faydalı pozitif feed-back' ler de vardır, bunlar:

- Kanın pıhtılaşması,
- Doğum olayı
- Aksiyon potansiyelinin oluşumu
- Ovulasyon
- Laktasyon (süt oluşumu) Faydalı pozitif feed-back devreler, genellikle bir başka negatif feed-back mekanizmanın parçası olarak çalıştıklarından faydalıdır. Homeostazisin kısmi bozuklukları hastalıklara, tam (ağır) bozuklukları ise ölümlere sebebiyet vermektedirler.

Adaptif Kontrol Sistemi

Organizmanın bazı davranışları o kadar hızlıdır ki, verilen cevap davranışı denetlemek için vücudun periferik bölümlerinden gelen sinyallerin beyne kadar lif boyunca gitmesi ve verilen yanıtın yeniden perifere taşınması için gerekli zaman yoktur.

Böyle durumlarda beyin ileri beslemeli (feed forward control) motor yanıtların verilmesini sağlar. Hareketle ilgili olarak beyne ulaştırılan duysal sinirler daha sonra, beyne yapılan hareketin yapılmak istenen hareket olup olmadığı konusunda bilgi verir. Eğer yapılan hareket yapılmak istenen hareket değilse, bir sonraki durumda kasa gönderilen ön beslemeli sinyaller düzeltilir. Bu tip kontrole adaptif kontrol denir ki gecikmiş bir negatif feed back sayılmaktadır.

Fizyolojinin Genel İlkeleri

- Sağlıklı olmak ve canlılığın sürdürülebilmesi için homeostazis çok önemlidir.
- Organizmadaki hücreler, organlar ve sistemler bir ahenk ve eşgüdüm içerisinde çalışmaktadırlar.
- Organizmadaki hücreler, organlar, dokular ve sistemler arasındaki ilişki ve bilgi aktarımı homeostazisin ana fonksiyonudur ve birbirinden haberdar edilerek bütünlük bir şekilde çalışması sağlanmaktadır.
- Organizmada hareket ve taşınma ile iç ortamda madde alış veriş ve enerji dengesi sağlanmakta ve canlılık devam ettirilmektedir.

HÜCRE

Karmaşık, çok hücreli ve kompleks organizmaların, en küçük en temel yapısal birimine HÜCRE denir. Hücreler, canlılıklarını devam ettiren yani yaşayan organizmaların yapısal ve fonksiyonel canlı birimleridir. Bir başka tanımla hücre; su, elektrolit, protein, lipid ve karbonhidratlardan oluşan organizmanın en küçük fonksiyonel birimidir. Hücre, ilk olarak 1665 yılında Robert Hooke tarafından keşfedilmiş ve “cellula” olarak isimlendirilmiştir. **HÜCRENİN KİMYASAL YAPISI**

Su: Hücrenin ana sıvı oluşumu sudur ve çoğu hücrenin %70-90'ı sudan oluşmaktadır (yağ hücreleri dışında). İntrasellüler sıvıya sitoplazma adı verilir. Sitoplazma, fiziksel olarak yarı geçirgen ve içinde birçok kimyasal madde bulunan sıvı olarak tanımlanmaktadır.

İyonlar: Hücrenin iç ortamındaki en önemli iyonlar potasyum, magnezyum, fosfat, sülfat, bikarbonat ve az miktarda sodyum, klor ve kalsiyumdur. İyonlar, hücre içi ve dışında cereyan eden pek çok hücrenel reaksiyon ve hücrenel kontrol mekanizmaları için elzemdirler.

Proteinler: Hücrelerde ikinci sırada en fazla bulunan maddedir. Hücre proteinleri fibröz (yapısal) proteinler ve enzim işlevi gören globüler proteinler olarak iki gruptan oluşurlar. Yapısal proteinler ki bunlar uzun ince filamentler halindedirler ve genellikle protein molekülünün polimeri olarak görev yaparlar ve suda erimezler. Filamentlerin yani yapısal proteinlerin organizmada en yaygın kullanımı kasların kontraktıl mekanizmasıdır. Globüler proteinler ise, hücrede enzim işlevi görmek üzere tek ya da birkaç protein molekülünden bir araya gelmesinden oluşmuş globüler yapılarıdır.

Lipidler: Lipidler suda çözünmeyen, yağ çözücülerde çözünen maddelerdir. Hücre deney yapılarının pek çoğunda bulunan fosfolipid ve kolesterol, en önemli lipidleri oluşturmaktadır.

Karbonhidratlar: Hücrelerde glikoprotein moleküllerinin yapısında bulunmaları dışında önemli işlevsel bir rolleri bulunmamasına rağmen, hücrelerin beslenmesinin sağlanmasında etkin rol alırlar.

Organizmadaki hücrelerin karbonhidrat depoları sınırlıdır.

HÜCRENİN FİZİKSEL YAPISI

Hücrenin fiziksel yapısını hücre zarı (Plazma Membranı) ve hücre organelleri oluşturmaktadır.

Plazma Membranı: Plazma membranı çift katlı fosfolipid tabaka ve bu tabakanın aralarında düzensiz olarak yerleşmiş olan protein moleküllerinden oluşmaktadır. Plazma membranının kalınlığı 75-100 angström (7,5-10 nm) aralığında değişen oldukça ince, kıvrılabilen esnek bir membrandır. Fosfolipid moleküllerin suda çözünen yani suyu seven (hidrofilik) kısımları zarın dışa bakan ve sitoplazmik yönünde yerleşmiş iken suyu sevmeyen yani su tarafından itilen (hidrofobik) kuyruk kısımları ise orta bölgeye yerleşmiştir.

Sitoplazma: Hücrenin sıvı ortamını oluşturan yapısına sitoplazma adı verilir. Bu yapının sıvı bölümüne ise sitosol denir. Sitoplazmanın, plazma membranının hemen alt tarafında aktinden oluşan mikrofamentler bulunur. Bunlar plazma membranına yarı katı jölemsi bir destek sağlarlar. Bu tabakaya korteks veya ektoplasma denilir. Korteks ile çekirdek arasındaki daha sıvı kısma ise endoplazma denir.

Mitokondri: Kendine özgü bir şekli ve çift katlı lipid proteininden oluşan bir membran ile kaplı özel bir organeldir. Besinlerle alınan, şekerler ve yağlar gibi maddelerin, oksijenli ortamda, son ürün olarak karbondioksit ve suya kadar yıkılarak adenosin trifosfat (ATP) sentezinin yapıldığı organellerdir.

Lizozom: Daire şeklinde, etrafında membranı olan ve intrasellüler ortamında hidrolitik (eritici -sindirici) pek çok enzimi olan özel organellerdir. Golgi: Golgi, yapı ve fonksiyon bakımından endoplazmik retikulum adlı organelle daha yakın ilişki içerisinde dirler. Endoplazmik retikulumda sentezlenen maddelerin paketlenmesi, vezikül içerisine alınması yani maddelerin bir membranla kaplanması görevini golgi yapmaktadır. Endoplazmik Retikulum: Membran yapısında pek çok tübüllerden (kanal) oluşan bir organeldir. Ribozom adlı organellerin bulunduğu tübüller granüllü endoplazmik retikulum adını alır ve burada protein sentezlenir. Ribozom bulunmayan tübüller ise düz endoplazmik retikulum olarak isimlendirilirler ve burada steroid hormon ve yağ asidi üretimi yapılır.

Nükleus: Nükleusun görevi, gen bütünlüğü ve gen ekspresyonunu düzenlemek ve böylece hücre fonksiyonlarını kontrol etmektir. **HÜCRE MEMBRANINDAN TAŞINMA**

Hücrelerin membranından madde taşınması temelde ikiye ayrılır.

1- Pasif Taşınma

2- Aktif Taşınma Pasif Taşınma Difüzyon: Konsantrasyon farkına bağlı olarak, yüksek konsantrasyondan düşük konsantrasyona madde geçişidir. Enerji gerektirmez. İyonların difüzyonunda

elektriksel fark da önemlidir. Gazlar ve su (ozmotik basınç), basınç farkına bağlı olarak difüzyona uğrarlar.

Basit difüzyon: Taşıyıcı protein gerektirmeyen difüzyon şeklidir. Konsantrasyon farkıyla difüzyon hızı doğru orantılıdır. Her iki tarafın konsantrasyonları eşitleninceye kadar difüzyon devam eder. Plazma membranının çift katlı lipid tabakasından yağda eriyen maddeler kolaylıkla difüzyona uğrar. Oksijen, karbondioksit, nitrojen, alkoller, kolesterolden sentezlenen hormonlar (aldosteron, kortizol, östrojen, progesteron, testosteron, kalsitriol (D vitamininin aktif şekli) lipid tabakasından kolaylıkla geçebilen maddelerdir. Hücre zarında bulunan proteinlerin bir kısmı kanal şeklinde olup, lipid tabakasından geçemeyen iyonların, suyun, üre ve gliserol gibi küçük moleküllerin geçişine olanak sağlarlar.

Hücre zarında iki tür protein kanal bulunur:

1) Kapısız kanallar: Sürekli açık bulunan kanallardır. Örnek: potasyum-sodyum sızma kanalları.

2) Kapılı kanallar: Bu kanallar özgündürler yani sadece belli bir iyonu geçirgendirler.

Bu kanalların iki türü vardır:

a) Voltaj kapılı kanallar: Bunlar, membran potansiyelinin belli değerlerinde açılan veya kapanan kapılara sahip kanallardır. Sinir ve kas hücrelerinde uyarı (aksiyon potansiyeli) oluşumu ve iletilmesinden sorumludurlar.

b) Ligand kapılı kanallar: Kendilerine bir kimyasal madde (nörotransmitter, hormon, vb.) bağlandığında açılan kapılara sahip kanallardır. Sinaptik ve nöromusküler iletilerin gerçekleşmesinde rol alırlar. Ozmoz (suyun net difüzyonu) Yarı geçirgen bir zarla ayrılmış farklı konsantrasyonlara sahip iki çözelti arasında, düşük konsantrasyonlu olan çözeltilerden yüksek konsantrasyonlu olana doğru suyun net difüzyonuna ozmoz denir. Vücut sıvılarının ortalama ozmolalitesi (veya ozmolaritesi) 290-300 miliozmol/L dir. Ozmotik basınçlarına göre çözeltiler: İzotonik çözelti: Ozmotik basıncı plazmanıninkine (kanın sıvı kısmı) eşit olan çözeltilerdir. Böyle bir çözelti içine konan eritrositlerde herhangi bir şekil (hacim) değişikliği olmaz.

Hipertonik çözelti: Ozmotik basıncı plazmanıninkinden yüksek olan çözeltilerdir. Böyle bir çözelti içine konan eritrositler su kaybederek büzülürler. Hipotonik çözelti: Ozmotik basıncı plazmanıninkinden düşük olan çözeltilerdir. Böyle bir çözelti içine konan eritrositler su alarak şişerler, hatta parçalanabilirler (hemoliz). Aktif Taşınma Konsantrasyon farkına zıt yönde ve enerji harcanarak gerçekleştirilen taşınma şeklidir.

Primer aktif taşınma: Burada, taşınmayı sağlayan bir taşıyıcı protein (pompa veya ATPaz) vardır. Bu proteinin hücre içindeki kısmı ATPaz özelliği gösterir. ATP' yi parçalayarak çıkan enerjiyi kullanmak suretiyle kendisine bağlanan molekül veya molekülleri taşır. Sekonder aktif taşınma: Aktif olarak (konsantrasyon farkına zıt yönde) taşınması gereken bazı maddeler, aktif olarak taşınan sodyum için harcanan enerjiden istifade edilerek (ilave bir enerji harcanmadan), sodyum ile birlikte veya zıt yönde taşınırlar.

Birlikte taşınma (kotransport- symport): Glikoz ve amino asitler vücut için çok değerlidirler. Bunların barsaklardan azami ölçüde emilmesi ve böbreklerden hiç atılmaması gerekir. Bu yüzden bu maddelerin barsaklardan emilmesi ve böbreklerden geri emilmesi aktif taşınmayla olmak zorundadır. Ancak bu taşınmalar zaten primer aktif olarak taşınmakta olan sodyumla birlikte gerçekleştirilerek enerji tasarrufu edilir. Zıt taşınma (antiport): Zıt taşınma olayındaki gibi Na^+-K^+ ATPaz' ın hücre içinde oluşturduğu elektrokimyasal gradientin etkisiyle, sodyum iyonu, taşıyıcı bir protein aracılığıyla lümen hücre içine girerken, aynı proteine içerden bağlanan başka bir madde (H^+ iyonu) zıt yönde lümen içine taşınır.

Endositoz ve Ekzositoz: Tek seferde miktarı fazla olan maddelerin intrasellüler ortama endositoz veya ekstrasellüler ortama ekzositoz taşınması işlemidir. Endositoz ile alınacak madde sıvı içerikli ise alınması işlemine pinositoz (içme), katı bir maddenin alımı söz konusu ise (bakteri, kanser hücresi gibi) intrasellüler ortama alınması işlemine fagositoz (yeme) adı verilmektedir.

HÜCRE ZARLARININ DİNLENİM POTANSİYELİ

Ekstrasellüler sıvıda sodyum ve klorür iyon konsantrasyonu daha yüksek muhafaza edilirken, potasyum iyon konsantrasyonu intrasellüler sıvıda daha yüksek olarak muhafaza edilmektedir. Bu şekilde bir iyon dağılımı, hücre membranının içi ile dışı arasında bir potansiyel farkı oluşturur. Genellikle bütün hücrelerde intrasellüler ortam, ekstrasellüle ortama kıyasla daha negatif bir potansiyele sahiptir. Hücrelerin olası bir aktivitede bulunmadıkları dönemde (Örneğin; Bir miyofibril kasılma yapmıyorsa, bir sinir hücresi ileti taşımıyorsa) oluşan bu potansiyel farkına "plazma membranının dinlenme potansiyeli" adı verilir ve (-) ile gösterilmektedir. Dinlenme potansiyeli hücreden hücreye değişen farklı bir değere sahiptir ve bu değer aralığı -9 ile -100 mV arasında değişmektedir.

AKSİYON POTANSİYELİ

Hücrenin elektriksel olarak membran potansiyelinin çok kısa bir süre içerisinde hızlıca ani yükselmesi ve azalmasıdır. Aksiyon potansiyeli üç bölümden oluşur. Bunlar;

- Depolarizasyon
- Repolarizasyon
- Hiperpolarizasyondur. Aksiyon potansiyelinin bu üç döneminin ortaya çıkmasından sorumlu olan

iyonlar ise sodyum ve potasyumdur.

ENERJİNİN TANIMI VE BİYOLOJİK ENERJİ DEVRİ

Bilimsel olarak enerji ve iş kavramları benzer anlamda kullanılsa da bilim adamları enerjiyi “iş yapabilme yeteneği”, iş kavramını ise “belli bir mesafede uygulanan kuvvet” olarak tanımlarlar. Yani enerji ve iş birbirinden ayrı düşünülmemeyen iki kavramdır. Doğada canlıların yaşam kaynağı enerjidir ve enerjinin 6 farklı biçimi vardır.

1. Isı enerjisi
2. Işık enerjisi
3. Kimyasal enerji
4. Mekanik enerji
5. Elektrik enerjisi
6. Nükleer enerji Dünyada canlıların temel enerji kaynağı güneştir (solar-radyasyon enerjisi). Aslında bir nükleer enerji olan güneş enerjisi dünyaya güneş ışığı veya ışık enerjisi olarak ulaşmaktadır.

ENERJİ, İŞ ve GÜÇ KAVRAMLARI

Enerji: İş yapabilme kapasitesidir. Enerji ölçü birimi olarak joule (j) ve kalori (cal) kullanılmaktadır.
İş: Bir kg ağırlığındaki yükün yer çekimine karşı 1 m yükseğe kaldırılması olarak tanımlanır. Yani iş bir mesafe boyunca uygulanan kuvvetin ürünüdür.

$İş = Kuvvet \times Kuvvet \text{ yönünde uygulanan mesafe} = kg \cdot m \text{ veya kalori olarak belirleyebiliriz.}$

Güç: Birim zamanda yapılan iş olarak ifade edilir. $Güç = İş / Zaman = (Kuvvet \times Mesafe) / Zaman = kgm/sn$
Mesafe/zaman hız kavramını belirlediğinden dolayı; $Güç = Kuvvet \times Hız =$ formülü ile de belirlenebilir.

ENERJİ VE ENZİMATİK AKTİVİTE

Enzimler kimyasal bileşiklerin parçalanmasını (katabolizma) hızlandıran katalizörlerdir. Kimyasal reaksiyonlar, reaksiyona giren moleküller yeterli başlangıç enerjisine sahip olduklarında meydana gelir. Enzimler, bir kimyasal reaksiyonun oluşmasına neden olmazlar ve bu reaksiyonlarla üretilen kullanılabilir enerji miktarını belirlemezler. Bunun yerine, reaksiyonu başlatmak için gereken aktivasyon enerjisini düşürerek kimyasal reaksiyonların hızını kontrol ederler.

Enzimlerin özellikleri:

- Enzimler yüksek molekül ağırlıklı proteinlerdir.
- Enzimler oldukça yüksek ve özgül katalitik güce sahip katalizörlerdir.
- Enzimler yüksek ısıda (40°C) etkisizleşirler.
- Enzim için ideal PH 7.0'dır. Bazı enzimler inhibitördür (engelleyici). İnhibitör adı verilen bazı maddeler enzim-substrat (ES) kompleksinin normal şekilde oluşmasına engel olarak enzimle katalizlenen reaksiyonların hızını azaltırlar.

Bazı enzimler ise aktivite gösterebilmeleri için protein olmayan gruba ihtiyaç duyarlar. Bu gruplar, magnezyum (Mg), çinko (Zn), mangan (Mn), demir (Fe) gibi kofaktörler veya nikotinamid adenin dinükleotit (NAD), flavin adenin dinükleotit (FAD), koenzim A (CoA) bazı vitaminler gibi koenzimlerdir. Koenzimler kompleks, nanoprotein organik maddelerdir. **ENERJİ SİSTEMLERİ**

Metabolik süreçlerin belirlenmesi fiziksel aktivitenin sınırlarını belirleme açısından oldukça önemlidir. Kasların mekanik çalışma gibi fizyolojik iş yapabilmesi için enerjiye ihtiyaçları vardır. Besinlerin parçalanmasıyla oluşan enerji doğrudan iş yapmaya yetmez. Bu enerji daha çok, tüm kas hücrelerinde depolanabilen adenosin trifosfat, kısaca ATP olarak bilinen başka bir kimyasal bileşiğin yapılmasında kullanılır ve kaynağını karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmasından alır.

Hücre fonksiyonlarını sadece bu bileşiğin parçalanmasıyla ortaya çıkan enerji aracılığıyla yerine getirebilmektedir. ATP'nin oluşması için 3 metabolik sistem vardır.

1. ATP- PC (fosfojen) sistem
2. Anaerobik glikoliz (laktik asit) sistem
3. Aerobik sistemlerdir. Bu sistemlerin amacı kasta mevcut olan ATP 'yi yeniden sentezlemektir Adenosin Trifosfat (ATP) Kasın kasılabilmesi için ana enerji kaynağı adenosin trifosfat (ATP)' dir. Kaslar, mekanik çalışarak fizyolojik bir iş yapabilmek için ATP' nin parçalanması ile oluşan enerjiyi kullanabilir.

ATP yapısal olarak, karmaşık bir bileşik olan adenosin ve üç fosfat grubundan oluşur. Bu bileşiğin kimyasal önemi fosfat gruplarından kaynaklanmaktadır. Uçtaki iki fosfat grubu arasında bağa yüksek enerji bağı denir. Bu bağlardan birisi koparak çözüldüğünde, diğer bir deyişle molekülden ayrıldığında

7 ila 12 kilokalori (7000-12000 kalori) arasında enerji açığa çıkar, bunun sonucunda da adenozin difosfat ve serbest bir fosfat (Pi) meydana gelir. ATP'nin parçalanmasıyla oluşan bu enerji kas hücrelerinin iş yapabilmeleri için kullanılabileceği tek enerji şeklidir. Anaerobik ve Aerobik Enerji Metabolizması

ATP'nin yeniden sentezlenmesi için sindirim sistemiyle alınan besinler aerobik ve anaerobik yolla metabolize edilmektedir. Organizmanın ihtiyaç duyduğu enerjinin oksijensiz ortamda bir dizi kimyasal reaksiyon ile elde edilmesine "anaerobik", oksijenli ortamda elde edilmesine "aerobik" metabolizma denir.

Anaerobik Enerji Metabolizması

A. ATP-PC (Fosfojen Sistem): Kreatin fosfat ya da fosfat-kreatin (PC), ATP gibi yüksek enerji bağı içeren ve kas hücrelerinde depolanan kimyasal bir bileşiktir. PC, ATP gibi parçalandığında kreatin ve fosfat iyonlarına ayrılarak yüksek miktarda enerji açığa çıkarır.

B. Anaerobik Glikoliz (Laktik Asit Sistem): Yoğun, kısa süreli egzersize devam etmek için kaslarda ATP'nin yenilenmesi hızlı bir şekilde devam etmelidir. Kaslardaki ATP'nin yenilenmesi amacıyla besinlerin (karbonhidratların) kısmen parçalandığı ve oksijensiz ortamda laktik aside dönüştüğü sisteme "anaerobik glikoliz" denir. Anaerobik glikoliz yoluyla enerji üretirken yalnızca glikoz kullanılır.

Karbonhidratlar insan vücudunda hemen kullanılabilir biçimde basit şeker olarak da bilinen glikoza dönüştürülerek veya daha sonra kullanılabilir biçimde glikojen olarak kas ve karaciğerde depo edilir. Kasta depolu olan glikojen parçalanarak glikoza dönüştürülür ve glikozdan enerji açığa çıkar. Tüm bu süreç oksijenin olmadığı bir ortamda gerçekleştiği için bu olaya "anaerobik glikoliz" ya da "laktik asit sistem" denir. Anaerobik glikoliz sonucunda laktik asit açığa çıkar. Aerobik Metabolizma

Vücudun enerji üretmek için oksijen yardımıyla besinleri parçaladığı sürece hücre solunumu denir. Oksijen gerekli olduğundan, bu aerobik bir süreçtir. Besin maddelerinin (karbonhidrat ve yağların) oksijenli ortamda bir dizi kimyasal reaksiyon sonucu su ve karbondioksit kadar parçalanmasıyla enerji edilmesine "aerobik sistem" denir. ATP'nin hücre sitoplazmasında meydana gelen anaerobik enerji üretiminin aksine, ATP'nin oksidatif üretimi mitokondri adı verilen özel hücre organellerinde gerçekleşir. Kaslar, uzun süreli aktivite sırasında ihtiyaç duyulan kuvveti sürekli olarak üretmek için sabit bir enerji kaynağına ihtiyaç duyar. Anaerobik ATP üretiminin aksine, oksidatif sistem daha yavaş ATP desteği sağlar; ancak çok daha büyük bir enerji üretme kapasitesine sahiptir, bu nedenle aerobik metabolizma, dayanıklılık aktiviteleri sırasında enerji üretiminin birincil yöntemidir.

Aerobik sistemdeki tepkimeler üç süreç içerir:

1. Aerobik glikoliz

2. Krebs döngüsü

3. Elektron taşıma sistemi Aerobik Glikoliz Oksijen varlığında glikojenin CO₂ ve H₂O'ya dönüştüğü aerobik sistemin ilk tepkimelerine glikoliz denir. Karbonhidrat metabolizmasında, glikoliz hem anaerobik hem de aerobik ATP üretiminde rol oynar. Oksijenin mevcut olup olmadığına bakılmaksızın glikoliz süreci aynıdır.

Krebs Döngüsü

Aerobik glikoliz sürecindeki son ürün olan pirüvik asit, asetil koenzim A (asetil-CoA) adı verilen bir bileşiğe dönüştürülerek (pirüvat oksidasyonu) krebs döngüsüne girer. Krebs döngüsünün temel molekülü sitrik asittir. Bu nedenle bu döngüye "sitrik asit döngüsü" de denir.

Elektron Taşıma Sistemi

Solunum ile alınan oksijen ile krebs döngüsünde pirüvik asitten koparılan hidrojen iyonları ve elektronların birleşmesi sonucu su oluşmaktadır. Bu reaksiyon dizisine "elektron taşıma sistemi" ya da "solunum zinciri" denir ve bu olaylar mitokondride meydana gelir.

Yağların Oksidasyonu

Yağlar, kasların enerji ihtiyaçlarının karşılanmasına önemli ölçüde katkıda bulunur. Kas ve karaciğer glikojen depoları yetişkin bir bireyde yaklaşık 2,500 kcal enerji sağlarken, kas liflerinde ve adiposit adı verilen yağ dokusu hücrelerinde depolanan yağlar, en az 70.000 ila 75.000 kcal enerji sağlayabilir. Yağlar organizmada trigliseritler, fosfolipitler ve kolesterol gibi birçok kimyasal bileşik olarak sınıflandırılabilir da ana enerji kaynağı olarak kullanılan türü trigliseritlerdir. Trigliseritler, yağ hücrelerinde, iskelet kası lifleri arasında ve içinde depo edilmektedir.

Depo yağlar enerji metabolizması için serbest yağ asitleri şeklinde aktif hücreye iletilmektedir.

Serbest yağ asitleri, yağ metabolizması için birincil enerji kaynağıdır. Trigliseritlerin enerji için kullanımındaki ilk aşama trigliseritlerin yağ asitleri ve gliserole hidrolizidir. Yağların oksidasyonuna lipoliz denir ve lipazlar olarak bilinen enzimler tarafından gerçekleştirilir. Proteinlerin Oksidasyonu Proteinler, dayanıklılık aktiviteleri ve yoğun antrenman sırasında enerji kaynağı olarak rol oynayan alternatiflerin sonucusudur. Proteinler birkaç farklı yoldan enerji sağlayabilirler. Proteinlerin yapı taşları amino asitlerdir. Amino asitlerden enerji elde edileceği zaman molekül deaminasyona uğrar ve geriye kalan karboksil grubu içeren karbon iskeleti (alfa-keto asitler) glikoliz, KREBS döngüsü basamaklarından girerek enerji üretmek amaçlı metabolize olurlar. Birçok aminoasit glikoza dönüştürülebilir ve glukoneojenik olarak adlandırılır. Glikoz daha sonra enerji üretmek için

kullanılabilir. Proteinler enerji için kullanıldıklarında öncelikle alanin, lösin, izolösin, valin, glutamin ve aspartat gibi amino asitlere indirgenerek enerji yollarına kolayca giren bir forma dönüşürler. Bu dönüşüm, amino asit molekülünden nitrojenin uzaklaştırılmasını (deaminasyon) gerektirir. Deaminasyon amino asitlerden amino gruplarının ayrılması anlamına gelir. Deaminasyon ile aminoasitlerin nitrojeni uzaklaştırıldığında, amonyak (NH₃) ile serbestleşir. Amonyak bir bazdır ve vücudun asit-baz dengesini bozabilir. Deaminasyon sırasında serbestleşen amonyak, tamamen üreye dönüştürülerek kan dolaşımına salınır ve idrarla atılır.

ENERJİ SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Enerji sistemleri birbirinden bağımsız çalışmaz ve hiçbir fiziksel aktivite tek bir enerji sistemi tarafından %100 desteklenmez. Bir kişi, en kısa sprintlerden (10 saniyeden az) dayanıklılık faaliyetlerine (30 dakikadan fazla) kadar mümkün olan en yüksek yoğunlukta egzersiz yaptığında, enerji sistemlerinin her biri vücudun toplam enerji ihtiyacını karşılamaya katkıda bulunur. Bir enerji sisteminin baskınlığından diğerine geçiş olduğu durumlar dışında, genellikle bir enerji sistemi enerji üretimine hakimdir. Örnek olarak, 10sn, 100 m'lik bir sprintte, ATP-PC sistemi baskın enerji sistemidir, ancak hem anaerobik glikolitik hem de oksidatif sistemler ihtiyaç duyulan enerjinin küçük bir kısmını sağlar. Diğer taraftan, 30 dakikalık, 10.000 m'lik bir koşuda, oksidatif sistem baskındır, ancak hem ATP-PC hem de anaerobik glikolitik sistemler de bir miktar enerjiye katkıda bulunur.

DİNLENME VE EGZERSİZDE AEROBİK ve ANAEROBİK ENERJİ KAYNAKLARI

Dinlenme ve egzersiz sırasında organizmada harcanan enerji miktarı farklıdır. Fiziksel aktivite yüksek düzeyde enerjiye ihtiyaç duyar. Dinlenirken, kaslar vücudun toplam enerji harcamasının yaklaşık % 20'sini oluştururken egzersiz sırasında, iskelet kaslarının harcadığı enerji, dinlenme değerinin 100 katından fazla artabilir. Dinlenme ve egzersize geçiş sırasında hangi biyoenerjetik yolların aktif olduğunu, hangi enerji sistemlerinin kullanıldığını belirleyen 3 önemli özellik vardır. Bunlar;

- Parçalanmış besinlerin türü,
- Enerji sistemlerinin her birinin egzersizdeki oransal rolü ve düzeyi, Kandaki laktik asit düzeyidir

DİNLENME (İSTİRAHATTE) VE ENERJİ METABOLİZMASI

Dinlenme koşullarında sağlıklı insan vücudu homeostazidedir (sabit ve değişmeyen iç ortam) ve bu nedenle vücudun enerji ihtiyacı da sabittir. Dinlenme halindeyken, vücut fonksiyonlarını sürdürmek için gereken enerjinin (ATP) neredeyse %100'ü aerobik metabolizma tarafından üretilir. Dinlenme koşullarında harcanan enerjinin 2/3'ü yağlardan 1/3 ise karbohidratlardan elde edilir. Proteinlerin katkısı ise dikkate alınmayacak kadar azdır.

EGZERSİZDE ENERJİ METABOLİZMASI

Egzersiz, vücudun enerji ihtiyacını büyük ölçüde artırır. Yüzme, koşu, bisiklet, sprint vb. gibi aktivitelerde enerji ihtiyacı istirahat düzeyinin 120 katı, maraton koşusunda istirahat düzeyinin 20-30 katı gibi bir düzeye çıkabilir (McArdle vd., 2010). Egzersiz için ihtiyaç duyulan ATP enerjisi ayrı ayrı hem aerobik hem anaerobik sistemle ya da bu sistemlerin kombinasyonları ile sağlanır. Egzersiz sırasında kullanılan ATP enerjisinin kaynağı egzersizin türü, sporcunun performans seviyesi ve sporcunun beslenme şekliyle yakından ilişkilidir. Kısa Süreli Yoğun Egzersizlerde Enerji Metabolizması Vücudun sürekli bir enerji (ATP) kaynağına ihtiyacı vardır ve istirahatte bu enerjinin büyük çoğunluğu aerobik enerji sistemi olan oksidatif fosforilasyon tarafından sağlanır. Aktivitedeki herhangi bir artış, enerji harcamasında bir artış gerektirir, bu değişim için istirahat metabolizma hızı hazır değildir. Yoğun egzersizin başlangıcında enerji ihtiyacı ya da ATP gereksinimi sadece aerobik sistem yoluyla elde edilemez. Bu sistemde, ATP üretimine ATP-PC sisteminin mi yoksa anaerobik glikolizin mi hâkim olduğu öncelikli olarak aktivitenin uzunluğuna bağlıdır. Örneğin, 50 metrelik bir koşuyu koşturmak için gereken enerji, esas olarak ATP-PC sisteminden gelir. Buna karşılık, 400 metrelik koşuyu (ortalama 55-65 saniye) tamamlamak için gereken enerji, ATP-PC sistemi, anaerobik glikoliz ve aerobik metabolizmanın bir kombinasyonundan gelir. Sporcularda maksimal aerobik kapasite erkeklerde dakikada 5 l. O₂, kadınlarda ise 3 l. O₂'dir. Bu oran sporcu olmayan (sedanter) erkeklere yaklaşık 3,2 l. O₂, kadınlarda ise 2,2 l. O₂'dir. Yani oksijen vücutta sınırlı miktarda bulunmaktadır ve bireysel farklılıklar göstermektedir. Kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizlerde organizmanın iş yapabilmesi için çok fazla enerjiye ihtiyacı vardır ancak yukarıda da belirtildiği gibi oksijen vücutta sınırlı miktardadır.

Örneğin 100 m koşusunda kullanılan enerji oksijen kullanarak üretme yoluna gidildiğinde dk. 'da en az 45 l. (her 10 sn. veya 100m'de 8 lt O₂) oksijen gerektirir (Fox vd., 2012). Yüksek şiddetli yoğun egzersizlerde glikoz ve glikojenin anaerobik süreci ile ATP yenilenirken laktik asit oluşur. İki ila on dakika süren aktivitelerde laktik asit önemli bir rol oynarken PC tüketimi ve ATP yenilenmesi oranı ise üç dakikadan az süren aktivitelerde oldukça önemlidir. Ağır antrenmanı hafifletmek için ya egzersizin şiddeti düşürülerek hafif bir tempoya indirilmeli ya da egzersize son verilmelidir. Laktik asit birikimi kanda ve kasta yüksek seviyelere ulaştığında birtakım enzimatik aktiviteleri engelleyerek glikojenin yıkım hızını yavaşlatır, asit ortam PH'ı düşürür ve kas kasılmasını engelleyerek yorgunluğa neden olur. Atletizm ve yüzmedeki sürat yarışlarında laktik asit düzeyi istirahat düzeyine göre (10 mg) yaklaşık 20 kat artar. Bu nedenle yüksek efor gerektiren branşlarda performansın artması sporcuların laktik asit toleransının yükseltilmesi ile mümkündür. Ancak bu şekilde sporcu artan laktik asit miktarına tahammül edebilir ve kas yorgunluğunun verdiği rahatsızlığa dayanabilir. Dolayısıyla, kandaki laktik asit miktarı, antrenman esnasında hangi enerji sisteminin baskın kullanıldığının bir göstergesidir. Eğer kanda laktik asit miktarı yüksekse anaerobik glikoliz, eğer düşükse aerobik sistem etkindir (Fox vd., 2012). Uzun Süreli Egzersizlerde Enerji Metabolizması 10 dakika veya daha uzun sürede yapılan tüm egzersizlerde enerjinin büyük bir kısmı aerobik yolla üretilir ve ana besin kaynağı karbohidratlar ve yağlardır. Kullanılan enerji kaynağının türü, egzersizin şiddeti ve süresine bağlıdır. Egzersizin şiddeti yükseldikçe kas glikojeninden daha fazla enerji yüzdesi elde edilirken, yağ oksidasyon yüzdesi azalır.

Şekil 4'te görüldüğü gibi yaklaşık %55-65 VO₂max'ta yağ asidi oksidasyonu, enerji üretiminin yaklaşık %50'sini oluşturur. Geri kalan enerji tedarigi, plazma glikozundan ve depolanmış glikojenden elde edilir (Ehrman vd., 2018).

Uzun süreli egzersizlerden sonra oluşan yorgunluk;

- Kas ve karaciğer glikojen depolarının kullanılmasına bağlı kandaki glikoz düzeyinin azalmasına,
- Vücut ısısındaki artışın dengelenebilmesi için gelişen terlemenin sonucunda su, elektrolit ve mineral kaybına,
- Psikolojik yorgunluğa (bıkkınlık),
- Genel fiziksel darbeler, iskelet kasında meydana gelen kas hasarı ve kas ağrısına bağlıdır (Günay vd., 2018).

Egzersiz Sırasında Aerobik ve Anaerobik Enerji Sistemleri Arasındaki İlişki

Egzersiz için ihtiyaç duyulan enerji, sadece tek bir biyoenerjetik yoldan sağlanamaz, birçok metabolik sistemin etkileşimi söz konusudur ve enerjinin hangi yoldan (aerobik, anaerobik) sağlandığını belirlemek oldukça zordur. Anaerobik enerji kaynakları, yüksek yoğunluklu, kısa süreli maksimum fiziksel aktivite gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulan ATP'nin çoğunu sağlarken, aerobik metabolizma, uzun süreli, düşük yoğunluklu fiziksel aktivite gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulan ATP'nin çoğunu sağlar.

EGZERSİZ VE ENERJİ DENGESİ

Egzersiz Yoğunluğu ve Yakıt Seçimi

Dinlenme halinde, insan vücudu tarafından kullanılan enerji, ağırlıklı olarak karbonhidrat ve yağların oksidasyonundan elde edilir. Kan glikozu, plazma içermeyen yağ asitleri, kas glikojeni ve kas içi trigliseritler, iskelet kaslarında enerji üretimi için ana substrat kaynaklarıdır. Amino asit oksidasyonu genellikle amino asit alımına göre ayarlandığından, proteinlerin kullanılabilir enerji havuzuna katkısı çok sınırlıdır. Fiziksel aktivite sırasında iskelet kaslarının kasılması, kas için artan enerji talebi ile sonuçlanır. Çalışan kasların hareketi sürdürebilmesi için gereken ek ATP enerjisi her bir yakıtın çeşitli formları ile sağlanır. Buna göre hem karbonhidratları hem de yağları okside eden metabolik yolların aynı anda aktive edilmesi gerekir. Düşük yoğunluklu egzersiz sırasında yağlar kas için birincil yakıt kaynağı iken (%30 VO₂max), yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında karbonhidratlar baskın yakıt kaynağıdır (%70 VO₂max). Egzersiz yoğunluğu arttıkça, yağdan karbonhidrat metabolizmasına ilerleyici bir kayma meydana gelir.

Bunun iki temel nedeni vardır.

- Kas lifi tipi
- Kandaki epinefrin düzeyi (Powers ve Howley, 1995) Kas lifi tipi kas glikojenolizinin düzenlenmesini belirlemede önemli bir faktördür. Egzersiz sırasında karbonhidrat metabolizmasını düzenleyen ikinci faktör de epinefrindir.

Egzersiz Süresi ve Yakıt Seçimi

Uzun süreli (yani 30 dakikadan fazla), orta yoğunlukta (%40 ila %60 VO₂max) egzersiz sırasında, yağların enerji üretimindeki payı artarken karbonhidratların payı azalır. Uzun süreli egzersizde enerji ihtiyacı trigliseritlerden oluşan serbest yağ asitleri (Free Fatty Acid- FFA) ve kas hücrelerinde depolanmış olan trigliseritlerden sağlanır. İstirahatte ve uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde temel enerji kaynağı lipaz enzimi ile trigliserit molekülünden sağlanan serbest yağ asitleridir. Yağların enerji kaynağı olarak kullanımı kanda glikoz düzeyinin düşmesine ve insülin hormonu azalırken glukagon hormonunun artışına bağlıdır.

Yağ/Karbonhidrat Metabolizmasının Etkileşimi

Kısa süreli egzersiz sırasında, kaslardaki glikojen depolarının veya kandaki glikoz düzeylerinin tükenmesi olası değildir. Ancak, uzun süreli egzersiz sırasında (örneğin, iki saatten fazla), kas ve karaciğer glikojen depoları çok düşük seviyelere ulaşabilir. Bu önemlidir çünkü kas ve kandaki karbonhidrat depolarının tükenmesi kas yorgunluğuna neden olur. Kısa süreli yoğun egzersizlerde enerji gereksinimi kas içi glikojenden, uzun süreli-orta şiddetteki egzersizlerde daha çok trigliserit yağlardan sağlanır. Jogging gibi hafif egzersizler ve istirahat halinde kas daha çok serbest yağ asitlerini kullanır. Egzersizin şiddeti arttıkça yağların yeterince enerji sağlayamaması nedeniyle karbonhidratlar kasın ana enerji gereksinimini karşılar.

Egzersiz Sırasında Karbonhidrat Kaynakları

Karbonhidrat hem kasta hem de karaciğerde glikojen olarak depolanır. Kas glikojen depoları, kas enerji metabolizması için doğrudan bir karbonhidrat kaynağı sağlarken, karaciğer glikojen depoları, kan glikoz düzeyini değiştirmenin bir aracı olarak hizmet eder. Düşük yoğunluklu egzersiz sırasında kan glikozu daha büyük rol oynarken, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında kas glikojeni birincil karbonhidrat kaynağıdır. Daha önce de belirtildiği gibi, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında artan glikojen kullanımı, hızlı kasılan liflerin kullanım oranı ve yüksek kan epinefrin seviyeleri nedeniyle artan glikojenoliz oranı ile ilişkilidir.

Egzersiz Sırasındaki Yağ Kaynakları

Yağın çoğu, adipositlerde (yağ hücreleri) trigliseritler şeklinde depolanırken bazıları kas hücrelerinde depolanır. Daha önce de belirtildiği gibi, egzersiz sırasında yağın bir substrat olarak rolünü belirleyen

ana faktör, kas hücresi için kullanılabilirliğidir. Metabolize olmak için trigliseritlerin FFA'ya (üç molekül) ve gliserole (bir molekül) indirgenmesi gerekir. FFA, asetil-CoA'ya dönüştürülebilir ve krebs döngüsüne girebilir. Hangi yağ depolarının yakıt kaynağı olarak kullanıldığı, egzersiz yoğunluğu ve süresine bağlı olarak değişir. Egzersiz Sırasında Protein Kaynakları Bir saatten daha kısa süreli egzersizler sırasında proteinlerin yakıt kaynağı olarak kullanım oranı %2 gibi bir düzeydeyken, uzun süreli egzersizler sırasında (üç ila beş saatlik süre), proteinlerin rolü az miktarda artarak, yakıt kaynağına toplam katkısı %5 ila %10'a ulaşabilmektedir.

ENERJİ ÜRETİMİ, ÇEŞİTLİLİĞİ VE SPOR AKTİVİTELERİ

Spor branşları, içerdiği hareket çeşitliliği, branşın temel özellikleri, aktivitenin süresi, şiddeti ve diğer özellikleri gibi birçok faktörlere bağlı olarak farklı metabolik özelliklere sahiptir. Antrenör ve Beden Eğitimi öğretmenlerinin esas amacı bu metabolik özelliklere göre sporcuları için gereken en etkili antrenman programını sağlayabilmektir. Hiçbir zaman tek bir enerji sistemi tüm ATP gereksinimini karşılamaz, egzersizin süresine ve şiddetine göre enerji sistemleri değişik oranlarda katkıda bulunurlar.

Egzersiz: Planlı, istemli, fiziksel uygunluk gibi unsurları geliştirmeyi planlayan sürekli aktiviteler olarak nitelendirilmiştir. Bir başka yaklaşımla günlük yaşam içinde kas ve eklemlerin kullanılmasıyla enerji harcamasına neden olan, kalp ve solunum hızını artıran, şiddetine göre yorgunluklarla sonuçlanan aktiviteler olarak tanımlanmıştır.

Toparlanma: Gerek egzersiz, gerekse antrenman ya da müsabaka içerisindeki yoğun yüklenmelerden sonra ortaya çıkan yorgunluğun en iyi derecede giderilmesi ve/veya antrenman veya maç öncesindeki fiziksel ve psikolojik duruma geri dönülebilmesi için bedensel ve ruhsal anlamdaki yenilenme sürecine toparlanma denir. Yoğunluğu yüksek aktivite veya hareketler sonrasında toparlanma sürecinin verimli olması hemen ardından yapılacak yoğunluğu yüksek bir aktiviteye teşebbüs öncesinde organizmayı özellikle fizyolojik anlamda hazır duruma getirmeye olanak sağlayacak bir zemin hazırlayacaktır. Toparlanma Sürecini Etkileyen Faktörler: Antrenman planlamalarında gerek antrenman içerisinde ve gerekse antrenmanlar arasında yüklenme ve dinlenme prensiplerine dikkat edilmelidir. Etkin bir toparlanma sürecinde etkili olan faktörler,

- Yaş, cinsiyet,
- Deneyim ve sağlık durumu, sakat veya yaralı olup olmama durumu,
- Egzersiz sonrası toparlanabilme kabiliyeti, aerobik güç,
- Genetik faktörler (kas lifi dağılımı),
- Yapılan alıştırmaların enerji ihtiyacı,
- Yaptığı spor branşının özellikleri ve ihtiyaçları,
- Benzer yüklenmeler ve aşırı antrenman,
- Beslenme durumu, İklimsel farklılıklar, yükseklik (çevresel etmenler) ve - Psikolojik etmenler şekilde sıralanabilir.

Oksijen Borçlanması: Egzersiz veya fiziksel yüklemeler sonrası vücudun istirahat şartlarındaki durumuna dönüncüye kadar fazladan alınan oksijen miktarını ifade eder. Kullanılan bu fazla (oksijen) O₂, organizmanın istirahat şartlarına bir an önce dönmesi için kullanılır. Oksijen borcu çalışmanın şiddeti göre değişkenlik gösterir. Hafif şiddetteki çalışmalarda sporcuların oksijen borçlanması az ya da hiç yokken, çalışmanın şiddeti arttıkça (orta-yüksek) oksijen borçlanmasında da artış meydana gelir. Alaktasid Oksijen Borcu: Kas fosfojenlerinin tekrar yenilenebilmeleri adına gerekli olan enerji için oksijen sağlanan bu süreçte, fazla oksijen tüketiminin gerçekleştiği ilk birkaç dakikalık dönemi kapsar. Laktik asidin uzaklaştırılması ile ilişkisi yoktur. Bu sebeple alaktasit oksijen borcu adı verilmektedir. Bu fazda hızlı toparlanma söz konusudur.

Laktasid Oksijen Borcu: Müsabaka, antrenman veya egzersiz esnasındaki yüklenmeler neticesinde tolere edilemeyen, kanda ve kaslarda biriken ve performans kısıtlılığına neden olan laktik asidin dönüştürülmesi ve uzaklaştırılması sürecidir. Laktasid oksijen borcunun büyük kısmı karaciğerde laktik asidin glikojene çevrilmesiyle ilgilidir. Laktik asit uzaklaştırılması için ortalama 1 saat ve ya daha fazla zaman gerekebilir. 25 dk içerisinde laktik asit uzaklaştırılma evresi yarılanmış olur. Myogloblin Oksijenasyonu (Yenilenmesi): Oksijen myogloblin depoları, kaslar için gerekli olan oksijeni en acil şekilde sağlayan yapılardır. Myogloblin iskelet kasında bulunan ve oksijenin kas hücresi içerisindeki mitokondriye taşınmasını sağlayan demir bileşiği içeren bir proteindir. Egzersiz esnasında oksijenin kastaki kısmi basıncı düşünce, myogloblin kendisine bağlı oksijeni serbest bırakır ve serbest bırakılan oksijen mitokondriye giderek orada kullanılır. Oksijen basıncı (PO₂) 10-15 mmhg'ye düşünce myogloblin oksijeni serbest bırakır. Dinlenme periyodunda bu olay tam ters şekilde gerçekleşir ve oksijenin kısmi basıncı yükselir, buna bağlı olarak da myogloblin oksijen ile dolar. Myoglobline bağlı olan oksijen düşük miktarda olsa bile, egzersizin başında erken laktik asit oluşumunu engeller ya da yavaşlatır. Bu durum aralıklı egzersizlerde çok önem arzeder. Enerji Kaynaklarını ve Yenilenmesi: Yapılan fiziksel aktivitelerin sınırlarını belirlemede son derece önemli ve birbirinden farklı olan üç metabolik sistem kullanılmaktadır. Bu sistemler;

- (1) fosfokreatin-kreatin sistemi,
- (2) glikojen-laktik asit sistemi,
- (3) aerobik sistem şeklindedir. Egzersiz sırasında harcanan enerji miktarı ve kaynağı, yapılan egzersizin türüne, süresine ve şiddetine göre değişiklik gösterir. Kısa Süreli Yüksek Şiddetli Egzersizlerde Enerji Metabolizması: Bu gruptaki egzersizlere, 100, 200, 400 metre gibi sürat koşuları, 50, 100 metre gibi yüzme, 800 metre koşu, şınav, barfiks, uzun atlama, yüksek atlama vb. gibi yüksek

şiddetteki egzersizler girer. Bu kapsama giren egzersiz veya hareket türlerindeki enerji temin metabolizması fosfokreatin-kreatin sistemi ve glikojen-laktik asit sistemi şeklindedir.

Uzun Süreli Egzersizlerde Enerji

Metabolizması: 10 dakika veya daha uzun bir sürede yapılan egzersizler bu kategoriye girmekte ve enerji aerobik yoldan sağlanmaktadır. Bu egzersizlerde ana besin kaynağı karbonhidratlar ve yağlardır. Yağlar ikinci derecede önemlidir. Bu kapsama giren egzersiz veya hareket türlerindeki enerji temin metabolizması aerobik sistemdir.

Kas Glikojenin Yenilenmesi: Yapılan çalışmalarda, uzun bir egzersizden sonra alınan yüksek karbonhidrat içerikli diyetlerde glikojen depolarının dolmasının daha hızlı olduğu bulunmuştur. İlk 30 dakika ile 2 saat arasında karbonhidrat alımı olmasa bile kas glikojen depoları önemli miktarda yenilenir. Karbonhidrat alımının olmadığı bir diyetten sonra 5 gün geçmiş olmasına rağmen çok az miktarda glikojenin yenilediği söz konusu iken, yüksek miktarda karbonhidrat alımında ise egzersizin süre ve şiddetine bağlı olarak glikojen depolarının tam anlamıyla 24 saatten 46 saate kadar dolabildiği belirtilmiştir.

Karaciğer Glikojenin Yenilenmesi: Karaciğer glikojenin başlıca kan glikoz düzeyinin korunmasında rol aldığı ve bu yüzden büyük miktarda diurnal değişimler gösterdiği, diyet ile karbonhidrat alımına da yüksek bağımlılığı olduğu bilinmektedir. Egzersiz sırasında karaciğer glikojen depoları, kas glikojen depoları ile aynı sürede yenilenir ve dolar.

Laktik Asidin Uzaklaştırılması: Egzersiz sonrası aktif toparlanma yöntemi ile yapılan hafif egzersizler sonucu laktik asidin kanda ve kasta, pasif dinlenmeye oranla daha fazla düştüğü bulunmuştur.

Toparlanma sürecinde oluşan laktik asidin büyük bir kısmı glikojene, kalan diğer kısmı ise, karaciğer glikojenine, kan glikozuna, proteine, CO₂ ve H₂O'ya dönüşür. Oksijen borçlanmasının yavaş kısmının % 50'si ilk 15 dk içinde, % 75'i 30 dk içinde ve % 95'i ise 1 saat içerisinde ödenir.

Toparlanma metotları

- Aktif toparlanma (Açma-germe; stretching)
- Pasif toparlanma
- Masaj
- Hidroterapi (Soğuk su uygulaması, Sıcak su uygulaması ve Kontrast su uygulaması)
- Reküpatif yöntemler (Yeterli uyku, Meditasyon, Yoga, Kendi kendini hipnoz etme ve gevşeme egzersizleri)

Kısa Süreli Yüksek Şiddetli Egzersizlerde Enerji Metabolizması: Bu gruptaki egzersizlere, 100, 200, 400 metre gibi sürat koşuları, 50, 100 metre gibi yüzme, 800 metre koşu, şnav, barfiks, uzun atlama, yüksek atlama vb. gibi yüksek şiddetteki egzersizler girer.

Uzun Süreli Egzersizlerde Enerji Metabolizması: 10 dakika veya daha uzun bir sürede yapılan egzersizler bu kategoriye girmekte ve enerji aerobik yoldan sağlanmaktadır. Bu egzersizlerde ana besin kaynağı karbonhidratlar ve yağlardır. Yağlar ikinci derecede önemlidir.

Kas Glikojenin Yenilenmesi: Yapılan çalışmalarda, uzun bir egzersizden sonra alınan yüksek karbonhidrat içerikli diyetlerde glikojen depolarının dolmasının daha hızlı olduğu bulunmuştur. İlk 30 dakika ile 2 saat arasında karbonhidrat alımı olmasa bile kas glikojen depoları önemli miktarda yenilenir. Karbonhidrat alımının olmadığı bir diyetten sonra 5 gün geçmiş olmasına rağmen çok az miktarda glikojenin yenilediği söz konusu iken, yüksek miktarda karbonhidrat alımında ise egzersizin süre ve şiddetine bağlı olarak glikojen depolarının tam anlamıyla 24 saatten 46 saate kadar dolabildiği belirtilmiştir.

Karaciğer Glikojenin Yenilenmesi: Karaciğer glikojenin başlıca kan glikoz düzeyinin korunmasında rol aldığı ve bu yüzden büyük miktarda diurnal değişimler gösterdiği, diyet ile karbonhidrat alımına da yüksek bağımlılığı olduğu bilinmektedir. Egzersiz sırasında karaciğer glikojen depoları, kas glikojen depoları ile aynı sürede yenilenir ve dolar.

Laktik Asidin Uzaklaştırılması: Egzersiz sonrası aktif toparlanma yöntemi ile yapılan hafif egzersizler sonucu laktik asidin kanda ve kasta, pasif dinlenmeye oranla daha fazla düştüğü bulunmuştur.

Toparlanma sürecinde oluşan laktik asidin büyük bir kısmı glikojene, kalan diğer kısmı ise, karaciğer glikojenine, kan glikozuna, proteine, CO₂ ve H₂O'ya dönüşür. Oksijen borçlanmasının yavaş kısmının % 50'si ilk 15 dk içinde, % 75'i 30 dk içinde ve % 95'i ise 1 saat içerisinde ödenir.

Toparlanma metotları

- Aktif toparlanma (Açma-germe; stretching)
- Pasif toparlanma
- Masaj
- Hidroterapi (Soğuk su uygulaması, sıcak su uygulaması ve kontrast su uygulaması)
- Reküpatif yöntemler (Yeterli uyku, meditasyon, yoga, kendi kendini hipnoz etme ve gevşeme egzersizleri)

Aktif Toparlanma: Aktif solunum, jogging, yürüyüş ve stretching uygulamaları şeklinde yapılır.

Pasif Toparlanma: Antrenman veya müsabaka sonrası sporcunun oturarak veya yatarak, fiziki bir aktivitede bulunmadan dinlenme şekli olarak tanımlanır.

Masaj: Masaj, vücuda yapılan mekanik uyarılar sonrasında bir dizi reaksiyon meydana getirir. Ağır

antrenmanlar sonucu, sakatlıkları önlemek, kas ağrısını azaltıp kas hasarının önüne geçmek, rahatlamak, kasların toparlanmasını sağlamak ve performans arttırmak için sporcular tarafından yaygın olarak tercih edilir.

Hidroterapi: Sıcak su ve soğuk su veya her ikisinin de aynı anda kullanımını git gide artmaktadır. Soğuk su uygulamasının performans üzerinde olumlu etkisinin olması yanısıra, oluşabilecek kas spazmı ve kas ağrı algısını azalttığı bilinmektedir. Sıcak banyo uygulamasının kan basıncı, kalp atım hızı değerleri üzerinde etkisinin olmadığı tespit edilen bir çalışmada, pasif dinlenme yönetime göre laktatın uzaklaştırılmasında daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Reküpatif Toparlanma Yöntemleri: Yeterli uyku, meditasyon, yoga, kendi kendini hipnoz etme ve gevşeme egzersizlerinden oluşan ruhsal boyutu da bu süreçte kullanan yöntem(ler)dir.

Yorgunluk: Kasal yorgunluk, egzersizin ya da antrenmanın şiddeti ile orantılı olup, kasın sık sık devamlı ya da tekrarlı kasılmalar sırasında yeterli gücü üretememesi ya da belirli bir gücü sürdürememesidir. Kas yorgunluğunda ATP edinimindeki yetersizliklere ek olarak kas sıcaklığı, kas lifi tipi, harekete dahil olan kas grupları, antrenman düzeyi, motivasyon gibi birçok faktör etkilidir.

SİNİR SİSTEMİ

Vücutumuz, eylemlerimizi, reflekslerimizi ve duyularımızı koordine eden ve oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan sinir sistemi olmadan çalışamazdı. Merkezi sinir sistemi dış dünyadan ve vücudun iç bölgelerinden duyuşal bilgiler alır. Bu bilgileri değerlendirir, yorumlar ve bu doğrultuda uygun tepkinin gösterilmesi noktasında karar verme merkezidir.

Sinir Sisteminin Yapısal Organizasyonu Sinir Sistemi,

Merkezi Sinir Sistemi (beyin ve omurilik) ve Periferik Sinir Sistemi (Çevresel sinirler) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

Periferik Sinir Sistemi kendi içerisinde Duyusal Sinir Sistemi ve Motor Sinir Sistemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Motor Sinir Sistemi, Somatik (iskelet kaslarını istemli bir şekilde uyarır) ve Otonomik (kalp kası ve düz kasları istemsiz bir şekilde uyarır) olmak üzere ikiye ayrılır. Otonomik Sinir Sistemi kendi içerisinde Sempatik (savaş ya da kaç sistemini uyarır) ve Parasempatik (dinlen ve beslen sistemini uyarır) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Merkezi Sinir Sistemi

(MSS) Merkezi sinir sistemi 2 ana parçadan oluşur: beyin ve omurilik. Ortalama bir erişkin beyni 1.300-1.400 gramdır. Beyin 100 milyar sinir hücresi (nöron) ve trilyonlarca "glia" denilen destek hücrelerinden oluşur. Omurilik ise yaklaşık olarak kadınlarda 43 cm erkeklerde ise 45 cm uzunluğunda ve 35-40 gram ağırlığındadır.

Periferik Sinir Sistemi (PSS) Periferik sinir sistemi 43 çift sinirden oluşmaktadır. Bu sinirlerin 12 çiftini kranial, 31 çiftini ise nervus spinalisler oluşturmaktadır. Periferik sinir sistemi afferent(duyu) ve efferent motor olmak üzere ikiye ayrılır. Efferent (motor) bölüm ise somatik ve otonom sinir sistemi olmak üzere iki fonksiyonel üniteye ayrılmaktadır.

Egzersizde Otonom ve Somatik Sinir Sistemi

Somatik sinir sistemi; çevreden aldığı uyarıları beyine iletir, bu doğrultuda hareket organizasyonu sağlar ve iskelet kaslarının amaca yönelik kasılması için uyarılar iletir. Egzersizin türüne, süresine ve şiddetine göre fiziksel olarak uygun cevabın oluşması için somatik sinir sistemi tarafından gerekli düzenlemeler yapılır, daha sonra iskelet kaslarının optimum düzeyde kasılması sağlanır. Egzersiz sırasında somatik sinir sisteminin aktivasyonu ile harekete geçen kaslardaki metabolik gereksinimlerin artması, otonom sinir sistemi için bir uyarı niteliği taşımaktadır. Vücudun bilinç dışında yürütülen istem dışı tüm işlevlerini düzenleyen otonom sinir sistemi parasempatik ve sempatik sinir sistemi olmak üzere iki bölüm halinde işlev görür.

Egzersiz, vücudun iç dengesini sağlayan ve bütün organ sistemlerini, hormonlarımızı yöneten otonom sinir sistemini doğrudan ve olumlu yönde etkiler. Her türlü fiziksel aktivite otonom sinir sistemini uyarmaktadır. Otonom sinir sistemi tüm yaşamsal fonksiyonlarımızı düzenler. Kan basıncı, vücut ısısı, vücudun su dengesi, kan şekeri, gibi yaşamsal öneme sahip ayarlamalar otonom sinir sistemi tarafından gerçekleştirilir

SİNİR HÜCRESİ (NÖRON)

Sinir dokusu nöron adı verilen sinir hücrelerinden oluşmuştur. Sinir sisteminin fonksiyonel ünitesi olan nöron bir hücre gövdesi (soma) ve iki türlü uzantıdan (dendrit ve akson) meydana gelir. İnsanın sinir sisteminin yaklaşık 1 trilyon nöron ve bu sayının 10*15 katı kadar glia hücreleri oluşturmaktadır. Sinaps ve Sinaptik İletici Nöronların birbirlerine bilgi aktarımı yaptıkları bölgelere sinaps, aralarındaki iletiye de sinaptik ileti denir. Sinaps iki nöronun birbiri ile bağlantı kurduğu ve impulsun bir nörondan diğerine aktarıldığı ya da aktarılmadığı (inhibe edildiği) yerdir. Sinirsel Uyarının Oluşması ve İletilmesi Sinir hücresi impuls (uyarı) deyim ile belirtilen elektriksel bir değişikliği iletmek için özelleşmiş bir hücredir. Sinir uyarısı negatif elektriksel bir dalgadır ve nöronların membranları boyunca iletilir. Sinir uyarısı sodyum(Na⁺), potasyum (K⁺) ve diğer iyonların interstisyel sıvı ve nöron içindeki yoğunluklarına bağlıdır. Her uyarın sinir hücresindeki impuls oluşturabilecek etkiye sahip değildir. İmpuls oluşturabilecek en az şiddetteki uyarana eşik uyarın değere de eşik değeri denir. Eğer bir nörona eşik ve eşik üstü uyarın uygulanırsa impuls meydana gelir. Nöronun uyarına tepki oluşturup, uyarıya (impuls) dönüşürme yeteneğine uyarılabilirlik (excitability) adı verilir. İstirahat Membran Potansiyeli Hücresinin iç ve dış ortamında negatif elektrik yükü taşıyan organik moleküller ve inorganik iyonlar bulunur. Canlı hücrelerinin membranında da bir gerilim potansiyel farkı ölçülebilir. Hücresinin uyarılmadığı zaman oluşan bu potansiyel farkına "İstirahat Membran Potansiyeli" adı verilir. Aksiyon

Potansiyeli Sinir uyarıldığı zaman yani impuls iletildiği sırada hücre zarının Na^{++} permeabilitesi 500 kat artar ve Na^{++} hızlı hücre içine girer. Uyarı yeterince şiddetli olursa aksiyon potansiyeli denilen sinir boyunca iletilen impuls oluşur. İskelet Kasının Uyarılması Kasa sinir aracılığıyla gelen uyarılar sinirden kasa sinir-kas bağlantısından geçer. Motor sinirin ucuna gelen uyarı bu ucun kalsiyuma geçirgenliği artırır ve kalsiyumun sinir hücresi içine girmesine neden olur. Hücre içindeki kalsiyum miktarının artması asetil kolin veziküllerinin ekzositozunu artırır.

Asetil kolin sinir kas bağlantısındaki boşluğu geçerek motor son plaktaki asetil kolin reseptörüne bağlanır. Asetil kolinin reseptörüne bağlanması zarın Na ve K iyonlarına geçirgenliğini değiştirir ve bunun sonucunda Na iyonları hücre içine girer , motor son plak potansiyeli meydana gelir. Bu lokal potansiyel komşu hücre zarını depolarize eder ve aksiyon potansiyeli başlar. Oluşan aksiyon potansiyeli her iki yönde kas hücre zarı boyunca iletilir ve kas kasılması ile ilgili süreçler başlar. Duyu ve Duyu reseptörleri Duyu, iç ve dış ortamda meydana gelen değişimin algılanmasıdır.

Vücudumuzda iç ve dış çevrede meydana gelen değişimler M.S.S'ye çok çeşitli duyuşal reseptörlerin aracılığı ile bildirilir. Bu reseptörler iç ve dış ortamdaki çeşitli enerji değişikliklerini (mekanik, fiziksel, kimyasal) nöronlarda aksiyon potansiyeli şekline dönüştüren çevirgeçlerdir. Duyular, stimulus ile oluşturulur, reseptörlerle impulsa dönüştürülerek M.S.S'ye gönderilir.

İSKELET KASLAR İŞLEV ve YAPISI

Hareket sisteminin önemli bir parçasını kas sistemimiz oluşturur. Bu bakımdan bir hareket sistemi zamanının kasların fizyolojik ve anatomik yapısını iyi bilmesi gerekmektedir. Spor bilimlerinde antrenman, fizyoterapide tedavi programlarının büyük bölümü kasların kuvvetlendirilmesi, aktive edilmesi, gevşetilmesi, esnetilmesi gibi egzersizleri kapsar. Kaslar vücutta iskelet sisteminin oluşturduğu segmentlerin birbirine göre hareket ettirilmesinden (osteokinematik ve artrokinematikler) sorumludur. Diğer hücrelerden ayrılan en önemli özelliği kasılabilirliği olan kaslar vücutta aktif kuvvet üretimini gerçekleştirirler, ayrıca eklemelerde yarattığı hareketler ile postural kontrol ve stabilizasyon sağlarlar. Doğal olarak kasların oluşturduğu içsel kuvvet, yerçekimi ve çevresel oluşan dışsal kuvvetlere direnç oluşturarak, postürün korunmasına, vücut hareketlerinin ortaya çıkmasını neden olur. Sporda bu dışsal kuvvetin miktarı ve süresi arttığı için sporcuların kas kuvvetinin branşa özgü olarak hem daha yüksek olması (maksimal kuvvet), hem daha uzun süre devam ettirilmesi (kassal dayanıklılık), hem de daha çabuk ortaya çıkması (güç) oldukça önemlidir. Kaslar genellikle tendonlar vasıtası ile kemiklere tutunurlar. Kaslar şekline, tutunma noktalarına, fibril dizilimlerine bağlı olarak tutundukları noktaları birbirlerine doğru yakınlaştırırlar.

Kas Yapısı

Kaslar tendonlar vasıtası ile kemiklere tutunmaktadır. Doğal olarak kas kontraksiyonda, iki ucundaki tendonları birbirine doğru çekmektedir. İskelet kaslarına bakıldığında üzerindeki liflerin birbirine paralel bir hatta dizildikleri görülmektedir. Bu yüzden iskelet kaslarına çizgili kas denilmektedir. Bu kaslar birbiri üzerine paralel yerleşmiş kas fibrilleridir ve kas kontraksiyonu gerçekleştiğinde bu hat doğrultusunda kas boyu kısalmaktadır. İskelet kasının yapısının anlaşılabilmesi için bütünden parçalarına ayırmak gerekmektedir. Bütün bir kas birçok fasikülden meydana gelmektedir. Kas bütününe etrafı epimisyum adı verilen fasya ile kaplanmıştır. Fasiküller ise epimisyum isimli bağ doku ile kaplıdır. İnce bir bağ dokusu tabakası olan endomisyum ise her bir kas lifini sarar ve onu komşu liflerden ayırır. Bu bağ dokular genel olarak fasya olarak adlandırılır, kassal yapıları sarıp, korur, destekler ve birbirinden ayırırlar. Her bir fasikül yaklaşık 150 kas lifi barındıran bir demettir. Kas lifleri ise uyarıldığında kuvvet oluşturan, uzun, çok çekirdekli kas hücreleridir. Kas hücresi, kas fibrili ya da kas lifi aynı terimdir. Her kas fibrilinin içerisinde miyofibril olarak adlandırılan ve yine içerisinde aktin ve miyozin miyoflanmentlerini (kasılabilir-kontraktıl elemanlar) bulduran kasılabilir yapılar bulunur. Miyofibriller yan yana dizilmiş sarkomerlerden oluşur. Sarkomer kasılabilir, kuvvet üretimi ve kontraksiyon gerçekleştiren en küçük iskelet kası birimidir. Sarkomer içerisindeki kalın (miyozin) ve ince (aktin) filamentler birbirleri üzerinde kayarlar, sarkomerin boyu kısalar ve kas kasılması gerçekleşir. Bu fizyolojik olay kayan filamentler teorisi olarak açıklanır.

Kontraktıl ve Kontraktıl Olmayan Proteinler

Kontraktıl olmayan proteinler (titin, nebulin gibi) kas kasılmasında direk rolü olmayan protein yapılarıdır fakat rolleri kas fonksiyonu için hayati öneme sahiptir. Sarkomer seviyesinde bile, aktin ve miyozin protein filamentlerinin konumlandırılması, bir arada tutulması ve sarkomer yapısını sağlamak için kontraktıl olmayan proteinlere ihtiyaç vardır. Kontraktıl proteinler, kas kasılma mekanizmasına öncelikle katkıda bulunurlar. Bunlar aktin, miyozin, troponin ve tropomiyozindir.

Kas Fibril Tipleri

Yavaş kasılan (tip I) ve hızlı kasılan (tip II) liflerin ana popülasyonları doğumdan kısa bir süre sonra belirlenir; bununla birlikte, yaşam süresi boyunca iki tip lif içinde küçük değişiklikler meydana gelebilir. Tip I lifler aynı zamanda yavaş kasılan veya kırmızı lifler olarak da adlandırılırlar. Bu, yalnızca zirve kuvvet üretimine yavaş bir hızda ulaşmaları değil aynı zamanda zirve kuvvetlerinin düşük olması anlamına gelir. Yine de tip I kas lifleri, zengin kan akımı alımları (bu yüzden kırmızı lif denilir) ve mükemmel mitokondriyal yoğunluğa sahip oldukları için oksidatif metabolizma için yüksek kapasiteye sahiptirler.

Tip II kas lifleri, çok hızlı kuvvet geliştirdikleri ve yüksek kuvvet üretme kabiliyeti gösterdikleri için hızlı kasılan lifler ve beyaz lifler olarak da adlandırılırlar. Ancak, tip I liflerin aksine, hızlı kasılan (veya tip II) lifler, bol miktarda mitokondri veya bol miktarda kan akışı göstermez, bu da kolayca yorulmalarına neden olur.

Kassal Kontraksiyonu

Kas lifi boyunca yan yana dizilmiş olan her sarkomerin bu şekilde kısılması sonucu ve bu durumun

birçok kas lifinde ortaya çıkması ile bir eklem hareketi gerçekleşmiş olur. Yukarıda oluşan sürecin meydana gelmesi için Ca^{++} iyonunun kas hücrelerinin sitozolüne salınması gerekmektedir. Ca^{++} iyonu düzenleyici protein troponin ile etkileşime girer. Bu sayede miyozin çapraz köprüleri aktin ile birleşir (aktomyozin kompleksi oluşur). Bu reaksiyon meydana geldiğinde, miyozin çapraz köprü başları aktini sarkomerin merkezine doğru çeker ve kuvvet üretilir, kasılma gerçekleşir. Gevşee esnasında sinir uyarımı kesilir, sarkoplazmik retikulumdan daha fazla Ca^{++} salınımı meydana gelmez ve bu organelin zarında bulunan Ca^{++} pompası, Ca^{++} 'ı sarkoplazmik retikuluma geri taşıyarak hücre içi Ca^{++} seviyelerini dinlenme halindeki seviyelere döndürür. Bu durumda sarkomer dinlenik uzunluğuna geri döner ve gevşemiş olur. Bir alfa-motor sinir hücresi ve onun innerve ettiği (stimüle ettiği-uyardığı) kas fibrillerinin tümüne motor ünite ismi verilir. Doğal olarak motor sinir hücresi elektriksel uyarıyı kasa aktardığında o motor üniteye ait tüm fibriller kontraksiyona uğrar. Her bir kas fibrili yalnızca bir motor nöron ile innerve edilir fakat bir motor nöron binlerce fibrili uyurabilir. Küçük kaslarda daha az sayıda motor ünite mevcutken büyük kaslarda bu sayı yüksektir. Örneğin parmağı kontrol eden kaslarda yaklaşık 120 motor ünite mevcuttur. Egzersiz şiddeti arttıkça Tip II fibril tipi ağırlıklı olan, daha yüksek kuvvet üretebilen fakat yüksek eşikle aktive olan büyük motor üniteler devreye girmeye başlar. Bu duruma Hanneman boyut prensibi denilmektedir. Kasal Terminoloji Hareket gerçekleştirilirken üstlendikleri kasılma görevleri, birbirileri ile olan ilişkileri, kasılma türleri vb. nedenlerden dolayı kas sistemi, spesifik bir terminolojiye sahiptir.

Orijin : Genellikle hareketsiz segment üzerinde kasın kemiğe tutunma noktasına verilen addır.

İnserisyo : Genellikle hareketli segment üzerinde kasın kemiğe tutunma noktasına verilen addır.

Proksimal ve Distal Tutunma Noktaları : Orijin ve inserisyo yerine kullanılan terimlerdir. Kasın orta hatta, mediale, core bölgeye, gövdeye yakın tutunma noktası proksimal tutunma noktası iken, gövdeden uzak, lateralde bulunan tutunma noktasına distal tutunma noktası denilir.

Agonist : Belirli bir hareketi yaptıran kas ve kas gruplarına agonist kaslar denir. Örneğin kalça eklemi fleksiyonunda kalça fleksörleri agonisttirler. Yani rektus femoris, iliopsoas, tensor fasya lata gibi kaslar kalça fleksiyonunda birlikte çalışırlar.

Antagonist : Eklemde agonislerin zıttı yönde hareket yaptıran kas ve kas gruplarına verilen isimdir.

Yukarıdaki örnekten devam edilirse; kalça fleksiyonunda çalışan kalça fleksörlerinin antagonistleri kalça ekstansörleridir. Kalçaya ekstansiyon yaptıran kaslar gluteus maksimus, hamstringler ve addüktör magnusun posterior lifleridir. Yukarıda agonist olarak çalışan kaslar kontraksiyona uğradıklarında antagonist kaslar gevşeyerek harekete izin verirler.

Stabilizör : Bazı durumlarda agonist ve antagonistlerin ko-kontraksiyonu (birlikte kasılması) gerçekleşmektedir. Bu durumda eklem izometrik bir kasılma ile stabilize edilmiş olur ve bu kaslar stabilizör olarak adlandırılır.

Sinerjist : Belirli bir eylemi gerçekleştirmek için birlikte çalışan kaslar sinerjist olarak bilinir.

Örneğin omuz abdüksiyonunda, skapulotorasik eklemde de yukarı rotasyon gerçekleşmektedir.

Skapulanın yukarı rotasyonunu trapezius kasının superior ve inferior lifleri ve serratus anterior kaslarının sinerjistik kontraksiyonu gerçekleştirir. Bu ilişki kuvvet birlikteliği (force couple) olarak da adlandırılır. Kas Aktivasyon Çeşitleri Aktif bir kas, dış yüke karşı koyarken aşağıdaki üç yoldan sadece birinde kuvvet üretiyordur;

1. Kısılma (konsantrik) : Kasın distal ve proksimal tutunma noktaları arası mesafesinin azaldığı, yani boyunun kısaldığı kasılma türüdür.

2. Uzamaya karşı koyma (eksantrik) : Eksantrik kasılma kas boyunun uzaması esnasında kuvvet üretmesidir. Aslında bu kasılma tipi dış yükün iç yükten fazla olduğu durumda kasın kontrollü şekilde uzamasıdır.

3. Sabit uzunlukta kalma (izometrik) : İzometrik diğer bir adıyla statik kasılma, kas boyunda ve eklem açısında bir değişim olmadan gerilim oluşması ve enerji harcanması olayıdır. İç ve dış kuvvetler birbirine eşittir. Kasların Şekli ve Biçimi Kasın fonksiyonel potansiyelini üç şey belirler; kas enine kesiti, kasın şekli ve kasın çekme hattı (yönü)

1.Kas Enine Kesiti: Bir kasın fizyolojik kesit alanı, kalınlığını açıklar. Kuvvet üretmek için mevcut olan kontraktıl elemanların sayısının ölçüsüdür. Bir kasın enine kesiti ne kadar büyükse (ne kadar hipertrofiye uğramışsa) kuvvet üretme potansiyeli o kadar yüksektir.

2.Kasın Şekli : Bir kasın şekli, kendine özgü hareketinin önemli bir belirleyicisidir. Uzun, kayış benzeri kaslar tipik olarak geniş eklem hareket aralıklarında ve hızlı hareket sağlayabilirken; kalın, kısa kaslar büyük kuvvetler üretme yeteneğine sahiptir. Kasların genel olarak dört temel şekilde gruplanır; 1.Fuziform (iğ şeklinde),

2.Kanatlı (pennate – kanat tüyü şeklinde) 3.Üçgen 4.Rhomboidal (paralel kenarlı – baklava biçiminde).

3.Kasın Çekme Hattı: Kas kuvvetleri eklem üzerinde bir vektör olarak tanımlanmaktadır, çünkü hem yönü hem de büyüklüğü vardır. Kasın kuvvet oluşturduğu yön çekme hattı olarak tanımlanır.

Uzunluk-Gerilim İlişkisi

Kas uzunluğu sarkomer uzunluğunu etkileyerek, kontraksiyonda aktif olarak kuvvet üretecek aktin-miyosin köprülerinin sayısını belirler. Bir kas aşırı uzun bir pozisyonda olduğunda, güç çıktısı

oluşturmak için sınırlı sayıda aktin-miyosin çapraz köprüsü mevcuttur. Bir kas azami ölçüde kısıtıldığında ise aktin filamentleri üzerindeki bağlanma bölgelerinin çoğu kapanır (H alanı daralır), kuvvet oluşturulabilecek çapraz köprülerin sayısı önemli ölçüde sınırlanır. Kasın en çok kuvvet üreteceği pozisyon optimal uzunluğudur. Ařırđ kısa veya uzun olması kuvvet üretimini düşürür. Buna kasın aktif uzunluk-gerilim ilişkisi denilir.

Kaslarda Kuvvet–Hız İlişkisi

Kuvvet-hız eğrisi, hareketin hızını değiştirmenin kasın kuvvet üretim yetenekleri üzerindeki etkisini gösterir. Konsantrik bir kasılma sırasında, kasılma hızı arttığa bir kas daha az kuvvet üretir. Bunun tersine eksantrik egzersizlerde hareket hızı arttığa üretilen kuvvet de artar. Bir kasın izometrik aktivasyonu esnasında ise, herhangi bir hızdaki konsantrik kasılmadan daha fazla kuvvet oluşur. İzometrik bir kasılmanın hızı sıfır olduğundan, hemen hemen tüm mevcut aktin-miyozin köprüleri oluşur.

KASSAL ADAPTASYON

İnsan organizmasındaki tüm sistemler gibi, iskelet kasları da fiziksel aktivite ve egzersizin oluşturduğu strese tepki gösterir ve belirli adaptasyonlar oluşturur.

Egzersize Akut Kassel Yanıt :

- Yakıt (substrat) kullanımını artar,
- Hüresel solunum, kas hücresi içerisinde oksijen kullanımını, karbondioksit üretimi artar,
- Motor ünitelerin ve onlara bağlı kas hücrelerinin aktivasyonu (işe alımı, devreye girme miktarı) artar,
- Isı artar,
- Enzim aktivitesi artar,
- Artık maddelerin miktarı ve uzaklaştırılması artar,
- Kassel yorgunluk ortaya çıkar

Egzersize Kronik Kassel Yanıt

Antrenmanın uzun sürede kaslar üzerinde yarattığı adaptasyon; egzersizin tipi, şiddeti, kapsamı gibi değişkenlerinden, kişinin cinsiyeti, yaşı, antrenman yaşı gibi özelliklere kadar çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Egzersize verilen kassel yanıt genellikle sinir sisteminin de adaptasyonu ile birlikte değerlendirilip, nöromüsküler adaptasyon olarak incelenmektedir. Kassel egzersizler özellikle kuvvet antrenmanları olarak ele alınırken, kuvvet artışında kasların yapısal ve moleküler değişiminin yanında sinir sisteminin kasları kullanma becerilerindeki değişimlerin de etkili olmasıdır. Kasın enine kesiti artmadan, direnç antrenmanına bağlı ilk haftalarda ortaya çıkan ilk adaptasyonun nedeni nöral adaptasyondur. Bu süreçte sinir sisteminin kasları daha fazla kuvvet üretmek için kullanabilme yetenekleri artar. Agonist - antagonist ilişkisi düzenlenir, koruyucu refleksler azalır, kas içi koordinasyon artar. Kas kuvveti artışının sonraki kısmı kassel hipertrofi kaynaklıdır. Kas hipertrofisi kasın enine ve uzunlaşmasına büyümesi, kesitinin artışıdır. Kaslar kullanılmadıklarında ise antrenman prensiplerinden geriye dönüş ilkesine bağlı olarak kuvvet, güç, dayanıklılık kaybı gözlenirken aynı zamanda atrofi (fiziki küçülme) de yaşarlar. Sinir sistemi tarafından motor ünitelerin işe alımı ile kas fibrilleri kuvvet üretmek için uyarılırlar. Bu tür egzersizlere artan yüklenmeli bir antrenman yaklaşımı ile sürekli maruz kalan kasların tepkisi, kas bütünü üzerindeki kesitsel stresi azaltmak için zamanla uyum sağlamak ve büyümek olacaktır. Sedanter bir birey için erken kassel adaptasyon hem hipertrofik, hem dayanıklılık, hem de kuvvet özelliklerinde gelişim ortaya koysa da, belirli adaptasyon düzeyine ulaşmış sporcularda branşa özgü kassel adaptasyonların ortaya çıkması için antrenman değişkenlerinin iyi planlanması gerekmektedir. Bu bakımdan kassel kuvvet, kassel dayanıklılık, güç ve hipertrofi antrenmanları farklı tekrar sayıları, dinlenme süreleri, şiddet ve sıklık öğeleri içermektedir.

Hipertrofik Yanıt

Bir kasın kuvveti, kesit alanıyla daha yakından ilişkili olduğundan, bir fibrili daha kuvvetli hale getirmek için büyütme, kas gücü çıkışı artırma için önemli bir adaptasyondur. Genel olarak kas liflerinin (hücrelerinin) sayısı, doğum sonrası büyüme sırasında veya farklı şiddet seviyelerinde direnç antrenman sonucu olarak artmaz. Fakat, mevcut hücrelerin ortalama kesit alanı, artan mekanik yüklemeye yanıt olarak büyüme sırasında ve yetişkin kasında önemli ölçüde artar. Kassel hipertrofi yalnızca enine kesit alanının artışı ile ilişkili değil aynı zamanda kasın uzaması ile de ilişkilidir. Yani kuvvet antrenmanı sonucu kas hücresi içerisinde seri (yan yana) sarkomer sayısı artar. Kassel hipertrofi egzersiz esnasında artan mekanik gerilim sonucu egzersiz sonrası hücrede anabolik sinyal yollarının tetiklenmesi ile protein sentezinin protein yıkımından fazla olması sonucunda ortaya çıkar. Fibril sayısı değişmez fakat fibriller içerisinde miyofibril sayısı artar. Bu durumda kuvvet artar. Direnç antrenmanı, kasılma türünden (izometrik, konsantrik, eksantrik) bağımsız olarak kuvvet kazanımlarına yol açabilir. Kas hipertrofisi sarkomer içerisinde miyofibrillerin yani kasılabilir elemanların artışı şeklinde miyofibriller hipertrofi olarak ve mitokondri, sarkoplazmik retikulum, t-tübül sistemi, enzim ve yakıt hacminde artış şeklinde sarkoplazmik hipertrofi şeklinde sınıflandırılmaktadır. Her iki tür hipertrofiye miyofibriller hipertrofiye daha fazla olacak şekilde bağ doku hipertrofisi de eşlik eder. Kas büyümesi hem Tip I hem de Tip II kas liflerinde meydana gelir. Ancak Tip II liflerin kuvvet antrenmanı ile büyüme potansiyeli daha yüksektir. Tip II lifleri kuvvet ve güç özellikleri ile bilindiğinden, boyutlarının daha fazla artması şaşırtıcı değildir. Kassel hipertrofi kasın enine kesiti şeklinde büyümesi olarak tanımlansa da, iskelet kası içerisinde neyin tam olarak

değiştğine göre bir sınıflandırma da yapılmaktadır. Bu sınıflandırma kasal hipertrofinin kuvvete olan etkisini daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Buna göre kas hipertrofisi sarkomer içerisindeki miyofibrillerin yani kasılabilir elemanların artışı şeklinde miyofibriller hipertrofi olarak ve mitokondri, sarkoplazmik retikulum, t-tübül sistemi, enzim ve yakıt hacminde artış şeklinde sarkoplazmik hipertrofi şeklinde sınıflandırılmaktadır. Her iki tür hipertrofiye miyofibriller hipertrofide daha fazla olacak şekilde bağ doku hipertrofisi de eşlik eder. İskelet kasında kuvvet antrenmanları ile meydana gelen akut stresin uzun sürede hipertrofi yarattığı bilinmektedir. Kas hipertrofisini gerçekleştirdiği düşünülen mekanizmalar mekanik gerilim, metabolik stres ve kas hasarı olarak sıralanmaktadır. Bunlardan direk etkili olanının antrenmanla oluşan mekanik gerilimin olduğu düşünülmektedir.

Kas Fibril Tipi Adaptasyonu

Dayanıklılık antrenmanı, iskelet kası adaptasyonu açısından direnç antrenmanı ile zıt gibi görünmektedir. Yüksek şiddetli, kısa süreli koşular, Tip Iİb liflerinin boyutunda bir azalma için bir uyarıcı gibi görünürken, düşük şiddetli, uzun süreli koşular, hem Tip I hem de Tip Iİb liflerinin boyutunda bir azalmaya neden olabilmektedir.

Tip I – Tip II kas fibril tipi değişimi hem kuvvet hem de aerobik egzersizlerle çok sınırlı gözükmektedir. Hem kuvvet hem de aerobik egzersizlerin Tip Iİb (hızlı glikolitik) kas liflerinin Tip Iİa (hızlı oksidatif-glikolitik ara lifler) kas liflerine dönüşümüne neden olduğu birçok çalışmada ortaya koyulmuştur. Kuvvet antrenmanları özellikle Tip Iİa fibrillerinin çapında artışa neden olmaktadır. Diğer Adaptasyonlar Dayanıklılık antrenmanı ile mitokondri, kılcal yoğunluğu, sarkoplazmik retikulum ve transvers tübül hacim yoğunluğu mitokondria sayısı miyofibriller hacimdeki değişimle orantılı olarak artar. Maksimal kuvvet antrenmanları tersi bir etkiye neden olur. Kasların kronik strese maruz kaldığı egzersizlerin kullandığı enerji sistemlerienzim aktivitelerinde açık şekilde kendini göstermektedir. Aerobik egzersizler aerobik enerji yollarındaki enzimleri, anaerobik egzersizler ise anaerobik enerji yollarındaki enzimlerin sayısını artırmaktadır. Hareket sisteminin önemli bir parçasını kas sistemimiz oluşturur. Bu bakımdan bir hareket sistemi uzmanının kasların fizyolojik ve anatomik yapısını iyi bilmesi gerekmektedir. Spor bilimlerinde antrenman, fizyoterapide tedavi programlarının büyük bölümü kasların kuvvetlendirilmesi, aktive edilmesi, gevşetilmesi, esnetilmesi gibi egzersizleri kapsar.

KALP VE DOLAŞIM SİSTEMİ

Kardiyovasküler sistem, kalp, atardamarlar, toplardamarlar ve kılcal damarlardan oluşur. Kalp ve damarlar, vücudun tüm bölgelerine yeterli kan akışını sağlamak için karmaşık bir şekilde birlikte çalışır. Kardiyovasküler sistemin düzenlenmesi, değişen kan hacmi, hormonlar, elektrolitler, ozmolarite, ilaçlar, adrenal bezler, böbrekler ve çok daha fazlasını içeren sayısız uyarıcı yoluyla gerçekleşir.

Kalbin Yapısı Göğüs boşluğunda iki akciğer arasında sola yatık şekilde bulunan kalp, içten dışa doğru; endokardiyum, miyokard, perikardiyum adı verilen üç farklı katmandan oluşur. Endokard bir sıra epitel hücrelerinden oluşur. Kasılma yetenekleri azdır ve impuls iletiminde özelleşmişlerdir. Perikard kalbi dıştan sarar ve bağ dokudan oluşur. Arası sıvı dolu iki tabakadan meydana gelmiştir ve sıvı sayesinde kalbin çalışması kolaylaştırılır. Miyokard olarak adlandırılan kalp kasları, iç odacıkları kaplayan tek hücreli endokard tabakası ile kalbi çevreleyen ve koruyan perikardın bir parçasını oluşturan dış epikard arasında yer alır. İskelet kasları gibi çizgili görünümü ve z çizgilerine sahip olmalarına karşın istem dışı (unvoluntary) çalışmaktadırlar. Histolojik olarak kalp kasları, kasılma işlevleriyle ilişkili benzersiz yapılara ve özelliklere sahip kardiyomiyosit adı verilen hücrelerden oluşur ve tüm vücutta yeterli doku ve organ perfüzyonunu sürdürmek için güç üretmesine izin veren farklı hücresel ve fizyolojik özelliklere sahiptir. Kardiyomiyositler, yalnızca kalp kasında bulunan çizgili, tek çekirdekli kas hücreleridir. İşlevsel olarak kalp kasları, her kalp atışı için elektrokimyasal gradyanlarla ve kasılma kuvveti oluşturma potansiyelleriyle donatılmıştır. Kompleks bir koroner damar sistemi, kardiyak lenfatikler ve otonomik inervasyon (sinir donatı sistemi) tarafından beslenen kardiyomiyositler, kalbin her odasının en kalın tabakasını kaplar. Kalbin odacıkları Kalbin dört odası vardır.

İki üst alıcı oda atriumlar (kulakçık) ve iki alt pompalama odası ventriküllerdir (karıncık). Sol karıncık, O₂ ile zenginleşmiş kanı kalpten aort adı verilen atardamar vasıtasıyla kan damarlarına ve sağ karıncık arteriapulmonalis adı verilen atardamar aracılığıyla CO₂ ile doymuş kanı oksijenlenmesi için akciğerlere gönderir. Sağ kulakçık, kalbe dönen vena cava superior ve vena cava inferior toplardamarlarından gelen CO₂ konsantrasyonu artmış kanı sağ karıncığa boşaltırken, sol kulakçık, akciğerlerde oksijenle zenginleştirilmiş kanı vena pulmonalis vasıtasıyla sol karıncığa boşaltır. Kalbin Beslenmesi ve Koroner Damarlar Kalbin kendi yapısında kalp kasını besleyen (arterler) ve kalp kasında oluşan metabolizma artıklarını toplayan (ven) damarlar bulunur. Ayrıca kalp kası içinde lenf damarları vardır. Kalp, aort damarının başlangıcından ayrılan ve kalp duvarının içine uzanan “koroner arterlerden” gelen kanla beslenir. Kalp Kasının Metabolizması İskelet kasının aksine, kalp kası anaerobik hücresel solunum yoluyla ihtiyaç duyduğu ATP'nin çok azını üretir. Normalde kalp kası total enerjinin % 1 'ini anaerobik metabolizma ile sağlar.

Hipoksia sırasında bu oran % 10 'a çıkabilir. Kalp kası, iskelet kası gibi, kasılma işini sağlamak için kimyasal enerji kullanır. Bu enerjinin yaklaşık %70 ila %90'ı normalde yağ asitlerinin oksidatif metabolizmasından elde edilir ve yaklaşık %10 ila %30'u diğer besinlerden (karbonhidrat, ketonlar, amino asitler), özellikle glikoz ve laktattan gelir. Kalbin Uyarı ve İletim Sistemi Kalbin ömür boyu atmasının nedeni, doğal ve ritmik bir elektriksel aktivitedir. Bu elektriksel aktivitenin kaynağı, otoritmik lifler olarak adlandırılan özel kalp kası liflerinden oluşan bir ağdır, çünkü bunlar kendiliğinden uyarılabilirler.

Kardiyak aksiyon potansiyelleri, aşağıdaki sırayla iletim sistemi boyunca yayılır:

- SA düğümünden çıkan sinyaller kulakçıklara yayılır.
- Sinyaller AV düğümünde bekletilir.
- HİS Demetleri sinyalleri kalbin uç noktalarına iletir.
- Purkinje iplikçikleri vasıtasıyla sinyaller karıncıklara yayılır. Kalbin Kasının Kasılması Kalp kası, kalp duvarlarında bulunan bir kas türüdür. İstemsiz çalışır. Bu mekanizma kalbin iç uyarımı sayesinde ve bu uyarımın esas iki ögesi bulunmaktadır. Bunlar atrio-ventriküler ve sinoatrial düğümlerdir. Kalp kasılma gücü ve kalp atım hızı otonom sistem tarafınca kontrol edilmektedir.

Bu sistem ise nörohumoral bir mekanizmadır. Hormonların da kalp atımı üzerine olan etkisi otonom sinir sistemi tarafından regüle edildiği gibi, epinefrin gibi hormonlar direkt olarak kalbin frekansını artırabilir. **Kardiyak Siklus ve Elektrokardiyografi (EKG)**

Bir kalp atımı sırasında kalpte meydana gelen elektiriksel ve mekanik değişikliklere (basınç ve

volume değişiklikleri) kardiyak siklus adı verilir. Kalp atımı sırasında miyokardiyumun kasılmasına sistol, gevşemesine ise diastol adı verilir. Elektrokardiografi, kalbin çalışması sırasında oluşan elektriksel aktivitenin vücut yüzeyine yerleştirilen elektrotlar ile kaydedilmesidir.

Atrial Sistol: Yaklaşık 0.1 saniye süren atrial sistol sırasında kulakçıklar kasılır. Aynı zamanda karıncıklar gevşer. Ventriküler Sistol: Yaklaşık 0,3 saniye süren ventriküler sistol sırasında ventriküller kasılır. Aynı zamanda, atrial diastolde atriumlar gevşer.

Gevşeme (diastol) dönemi: Yaklaşık 0,4 saniye süren gevşeme döneminde kulakçıklar ve karıncıklar gevşer. Kalp daha hızlı atarken, atrial sistol ve ventriküler sistol süreleri sadece çok az kısalırken, gevşeme periyodu süresinde çok daha fazla kısalma meydana gelir.

DOLAŞIM SİSTEMİ

Kan Damarları Ve Periferik Dolaşım

Sistemik (büyük) ve pulmoner (küçük) dolaşımın ikisine birden periferik dolaşım denilmektedir.

Periferik vasküler sistem (PVS), kalbin dışında bulunan tüm kan damarlarını içerir. Periferik vasküler sistem şu şekilde sınıflandırılır:

- Aort ve dalları
- Arterioller
- Kılcal damarlar

• Kanı kalbe geri getiren venüller ve venler Kan damarlarında sadece düz kas hücreleri bulunur. Kan damarlarında sadece düz kas hücreleri bulunur. Damarlar, kanda besin maddelerini organlara/dokulara taşır ve atıkları organlardan/dokulardan uzaklaştırır. Damar sisteminin birincil amacı ve rolü, vücudun oksijenlenmesine katılmasıdır. Periferik toplardamarlardan kalbe gelen oksijeni giderilmiş kan, sırasıyla kılcal damarlara, venüllere, toplardamarlara, kalbin sağ tarafına ve oradan da oksijenlenmesi için akciğerlere geri taşınır. Akciğerlerden gelen oksijenli kan, kalbin sol tarafına aorta, daha sonra arterlere, arteriollere ve son olarak da besin alışverişinin gerçekleştiği kılcal damarlara taşınır.

Oksijen ve besinlerin yüklenmesi ve boşaltılması çoğunlukla kılcal damarlarda meydana gelir.

Kan Dolaşımı Hayatta kalmak için iki dolaşım döngüsü çok önemlidir: pulmoner dolaşım ve sistemik dolaşım. Sistemik dolaşım döngüsü (büyük dolaşım), kanı sol ventrikülden aorta vücudun geri kalanına pompalayan dolaşım. Besinleri bağırsaklara ve hormonları endokrin bezlerine taşır. Atık maddelerin atılımı daha sonra böbrekler, bağırsaklar, akciğerler ve deri yoluyla gerçekleşir. Kan, üst ve alt vena kavadan sağ atriuma döner. Pulmoner dolaşım (küçük dolaşım) adı verilen diğer dolaşım, oksijeni giderilmiş kanı, sistemik dolaşıma dağılmadan önce oksijenle yeniden doyurulması için kalpten akciğerlere taşıyan sistemdir.

Vücudun alt yarısından gelen oksijeni alınmış kan, alt vena kavadan kalbe girerken, üst gövdeden gelen oksijeni alınmış kan, üst vena kava yoluyla kalbe iletilir. Hem üst vena kava hem de alt vena kava kanı sağ atriuma boşaltır. Kan, triküspit kapaktan sağ ventriküle akar. Daha sonra akciğerlere iletilmeden önce pulmoner kapaktan pulmoner artere akar. Kan, akciğerlerde karbondioksit saldırdığı ve oksijenle yenilendiği çok sayıda pulmoner kılcal damara ayrılır. Oksijen ile tamamen doyurulduktan sonra, pulmoner ven yoluyla sol atriuma ve daha sonra mitral kapaktan geçerek sol ventriküle taşınır. Sol karıncık, güçlü bir kasılma ile oksijenden zengin kanı aort kapağından aorta pompalar. Bu, sistemik dolaşımın başlangıcıdır. Kalbin Otonom Kontrolü Kalbin kasılması SA düğümü tarafından düzenlenmektedir. Ancak bazı şartlarda daha fazla veya daha az kana ihtiyaç duyulabilmektedir. Kalbin birçok düzenleme mekanizması (ısı, duygusal, kimyasal ve yaş gibi) olsa da asıl düzenleme mekanizması otonom sistemdir. Kalp aktivitesinin kontrolü otonom sinirler vasıtasıyla veya kalbe dönen venöz kan volumüne göre otoregülasyon mekanizması ile sağlanır. Kalp Debisi (Kardiyak Output -Kalp Dakika Hacmi) Kalp debisi (CO), bir dakikada kalp tarafından pompalanan kan miktarıdır ve kanın vücutta dolaştığı, özellikle beyne ve diğer hayati organlara kan akışını sağlayan mekanizmadır. Egzersiz sırasında olduğu gibi vücudun oksijen değişikliği talebi ve kalp debisi, hem kalp hızı (HR) hem de atım hacmi (SV) modüle edilerek değiştirilir. Sonuç olarak, kalp debisinin düzenlenmesi, otonom sinir sistemi, endokrin ve parakrin sinyal yollarını içeren karmaşık bir mekanizmaya tabidir. Kalp debisi = Atım hacmi x Kalp atım hızı (nabız) = lt/dk. Kalp debisi; kalbin atım hızı ve atım hacminin çarpımına eşittir. Kalbin her bir kasılmada periferik pompalayabildiği kan miktarı (stroke volume) 70 ml (bayan 50-70 ml), kalbin bir dakikada kasılma sayısı (atım hızı) ise 70 atım/dk'dır. Buna göre; Kalp debisi = Atım hacmi x kalp atım hızı = 70 ml x 70 atım/dk = 4.9 lt/dk' dır. Kalp atım hacmi, şu dört fizyolojik faktör tarafından kontrol edilir.

- Kalbin kan ile dolmasında etkili basınç,
- Karıncıkların diastol sırasında genişleyebilme yeteneği,
- Kalbin kasılma gücü,
- Arteriyel kan basıncı.

Özellikle egzersiz sırasında kalp debisinde gerekli artışı sağlayan fizyolojik faktörler ise;

- Kalbin kasılma gücü ve atım hacminin artışı,
- Kalp atım hızının artışıdır. Bu iki fizyolojik değişim sonucu kalbin karıncıklarına dolan kanın tamamı pompalanarak, her bir kalp atım sonunda daha fazla kan pompalanır.

Frank Starling Yasası ve Kalp Debisi İlişkisi Frank-Starling yasası,

Diastol sonu hacmi (EDV) ve atım hacmi (SV) arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bu yasa, kalbin kalp debisini venöz dönüşle eşitlemeye çalıştığını belirtir. Venöz dönüş arttıkça, sol ventrikülde, ventrikülün daha fazla gerilmesine yol açan daha büyük bir EDV oluşur. Ventrikülün daha fazla gerilmesi, daha büyük bir kasılma kuvvetine ve daha büyük bir SV'ye yol açar. Daha büyük bir atım hacmi daha büyük bir kalp debisine yol açar, böylece kalp debisini venöz dönüşle eşitler. Sonraki aşamada, ard yük, kanı ileri itmek için sol ventrikül basıncının aşması gereken basınçtır. Ortalama arter basıncı bunu en iyi göstermektedir. Ayrıca, ard yük, diastolik basınca eşdeğer olan aort kapağını açmak için gereken minimum basınç miktarı ile ölçülebilir. Bu nedenle, diastolik kan basıncı, ard yükü belirlemenin daha etkili yollarından biridir.

EGZERSİZE KALP ve DOLAŞIM ADAPTASYONU

Fiziksel egzersizlere dolaşım sisteminin uyumu yaş, cinsiyet ve kondisyon gibi çeşitli faktörlere bağılıdır. Egzersizde artan metabolik gereksinimler ise kalp atım sayısı, kalp atım hacmi ve kan akımının artışı ile sağlanabilmektedir.

Egzersiz ve Kalp Debisi

Egzersizde kasın yaptığı iş oksijen tüketimini artırır ve oksijen tüketimi de kas kan damarlarını genişleterek venöz dönüşü ve kalp dakika hacmini (kalp debisi) çoğaltır. Egzersiz esnasında venöz dönüşü arttıran birçok mekanizma vardır.

Bunlar:

- Kas pompalaması,
- solunum pompalaması ve
- venokonstriksiyondur.

Kas pompası: Ritmik kas kasılması sonucunda ortaya çıkan mekanik pompalama aktivitesidir. Kaslar kasıldığında, kasların venleri (toplardamar) kompreslenir ve kasların içindeki kan kalbe doğru gitmeye zorlanır. Kaslar gevşediğinde, kan tekrar toplardamarlara dolar ve daha sonraki kasılmada daha fazla kan kalbe doğru gitmeye zorlanır.

Solunum Pompası: Nefes alma esnasında intratorasik basıncın düşmesi, torasik toplardamarlardaki kanın kalbin sağına doğru gitmesini sağlar.

Venokonstriksiyon: Kaslardaki toplardamarların refleksif hareketi sonucu venöz dönüşü kolaylaşır.

Kalbin çalışma prensibine göre, atım hacmini ve kalp atım hızını artırılarak kalp debisi artar.

Sporcuların istirahat ve egzersizde atım hacimleri yüksektir.

Egzersize başlanması ile atım hacminde artış görülür. Maksimum atım hacmine Maks VO_2 , tüketiminin %40-50'sinde ulaşılır. Bu da 120-140 kalp atım hızında gerçekleşir. Sedanterlerde istihattan egzersize geçilmesi kalp atım hacminde az bir artışa neden olur. Sedanterlerde kalp debisi artışı daha çok kalp atım hızının artışına bağılıdır. Sporcularda ise kalp debisinin artışı hem atım hacminin hem de kalp atım hızının artışına bağılıdır. Ayrıca üst düzeyde sporcularda O_2 taşınmasını etkileyen faktör atım hacmidir. Sporcularda egzersizdeki kalp atım hacmi artışı istirahat atım hacminde %50-60'lık bir artışa karşılık gelir.

Kalp Atım Hızı ve Egzersiz

Kalp atım hızına kısaca nabız adı da verilmektedir. Kalbin bir dakikadaki vuruş sayısını veya kalbin 1 dakika içindeki sistol (kasılma) sayısını belirttiği gibi dakikadaki karıncık sistolüne ve aynı zamanda SA düğümünden çıkan uyarı sayısına eşittir. İstirahat esnasında kalp atım hızı kişiden kişiye farklılık gösterebilir. Aynı kişide ayrı zamanlarda yapılan incelemelerde bile farklılık gösterse de, 72 atım/dk ortalama kalp atım hızı olarak kabul edilebilir. Ancak, istirahat kalp atım hızı sporcularda daha düşüktür. Egzersizde ise kalp atım hızında meydana gelen artış spor yapmayanlarda daha fazladır.

Egzersizde kalp atım hızı egzersizin şiddetine bağılı olarak artış gösterir. Sporcuların kalp atım hızları maksimuma daha geç ulaşır. Bu yüzden sporcularda Maks VO_2 tüketimleri daha yüksektir.

Dolayısıyla mukavemet sporcularında görülen düşük kalp atım hızını (40 atım/dk) olağan bir durum olarak kabul etmek gerekir. Egzersizin başlaması ile birlikte artan KAH ve buna bağılı olarak kalp debisinde önce hızlı bir yükselme görülür. Egzersiz hafif veya orta şiddette ise KAH 30-60 sn içerisinde belirli bir seviyeye erişir ki buna metabolik denge durumu ya da steady state adı verilir.

KAH'nın yükselmesi durur ve bir plato oluşturulur. Bu durumda dokulara sağlanan O_2 ve besin maddeleri ile tüketilen miktarlar dengededir. Bu KAH ile egzersiz tamamlanır. Eğer egzersizin şiddeti yüksek ise (Bazal metabolik oranın 10 misli) KAH egzersizin sonuna kadar yükselir. Egzersiz sonrasında ilk 2-3 dk 'da KAH hemen hızla yavaşlar.

Kardiyovasküler Drift: Uzun süreli egzersizlerde kalp debisi aynı seviyede kalmak suretiyle atım

hacminin azalması ve kalp atım hızının artış göstermesine kardiyovasküler drift adı verilir. O_2 Taşıma Sistemi ve Kalp Debisi Oksijen suda az çözünen bir gazdır. Bu yüzden kan plazmasında %1.5 gibi küçük bir oranda bulunur. Geri kalan yaklaşık % 98.5 oksijen, eritrosit zarlarındaki hemoglobinin (Hb) ile taşınır.

Egzersizde yapılan iş, oksijen tüketimi ve kalp dakika hacmi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kasın yaptığı iş, oksijen tüketimini artırır ve oksijen tüketimi de kas kan damarlarını genişleterek venöz dönüşü ve kalp dakika hacmini çoğaltır. Normal antrenmansız kişide, kalp dakika hacminin dört katın

biraz üstüne çıkabilirken, iyi antrene edilmiş atlette ise altı kat yükselebildiği hatta bazı maratoncularda kalp dakika hacminin 35-40 litre/ dakika gibi normal dinlenme değerine göre 7-8 kat kadar artabildiği bildirilmiştir. O₂ taşıma kapasitesini etkileyen diğer bir faktör de A-VO₂'dir. A-VO₂ istirahatte; 20 ml- 15 ml = 5 ml O₂'dir. Çünkü kandaki O₂'nin %75'i kalbe kullanılmadan geri dönmektedir. Bu yüzden istirahatta A-VO₂ farkı 5ml/100 ml kandır.

Egzersizde ise egzersiz şiddeti ile A-VO₂ farkı arasında yüksek bir ilişki olduğu görülür. Hafif ve orta şiddetli egzersizlerde A-VO₂ farkı 15 ml/ 100 ml kan gibi bir düzeye çıkabilir. Maksimal egzersizlerde ise bu oran 17ml/100 ml kan'dır. Bu da kanda taşınan 100 ml O₂'nin %85'inin kasta tüketilebileceğini gösterir. Maks VO₂ ve Egzersiz İlişkisi Maks VO₂, aerobik metabolizmada maksimum oksijen tüketim hızını ifade eder. Sporcularda Maks VO₂ 'nin yüksek oluşunun en önemli etkeni olan kalbin atım hacmi ne kadar yüksek ise Maks VO₂'de o derece yüksektir.

Maks VO₂ 'deki artıştan sorumlu faktörler şunlardır:

- Dayanıklılık performansı genellikle mitokondrilerdeki oksidatif enzimlerin miktarının azalmasıyla sınırlanabilir. Dayanıklılık antrenmanı bu enzimlerin miktarının artırır.
- Dayanıklılık antrenmanını takiben kan volümü, kalp debisi, kanla aktif kasların perfüzyonu artar. Sporcu Kalbi Uzun süreli yoğun antrenman, kalpte aşırı yüklenmeye neden olur ve "sporcu kalbi (AH)" adı verilen sol ventrikül duvar kalınlığı, ventrikül ve atriumların kavite çapları ve kardiyak kütle artması gibi kalp odacıklarının morfolojik ve fonksiyonel kardiyovasküler adaptasyonları ile sonuçlanır. Egzersiz fizyolojisi izotonik (dinamik) ve izometrik (statik) olmak üzere iki ana egzersiz türü üzerine yoğunlaşmıştır. Dinamik egzersiz sol ventrikülde volüm yüklenmesine, statik egzersiz ise basınç yüklenmesine neden olur. Dinamik egzersiz kas kütlelerinde, oksijen tüketiminde, kalp debisinde, kalp atım hızında, kalp atım hacminde ve sistolik kan basıncında belirgin artışa, ortalama arteriyel basınçta orta derecede artışa ve diastolik kan basıncında azalmaya neden olur, total periferik direnç belirgin olarak azalır. Statik egzersiz ise kas kütlelerinde, oksijen tüketiminde, kalp debisinde ve kalp atım hızında hafif artışa, sistolik, diastolik ve ortalama arteriyel basınçta belirgin artışa neden olur, kalp atım hacmi ve total periferik direnç çok değişmez.

Sporcularda görülen büyük sol karıncık kavite miktarının (55-63 mm) ve septal kalınlığının (12 mm vedaha fazla), antrenmanlara adaptasyon sonucu gelişen fizyolojik hipertrofinin bir sonucu olduğunu ve hipertrofik kardiyomyopati den farklı olduğunu tanımlamak ve tespit etmek oldukça önemlidir. Egzersiz ve Kan Akımı Kan akımının kontrolü Dinlenme sırasında, kas kılcal damarlarının bir kısmında kan akışı çok azdır veya hiç yoktur. Ancak, yoğun egzersiz sırasında tüm kapillerler açılır. Bu hareketsiz kılcal damarlar ve arteriyoller, ağır egzersiz sırasında vazodilatasyonla oksijen ve diğer besinlerin kapillerlerden kasılan kas liflerine difüze olmaları gereken uzaklığı azaltarak, yüzey alanlarının bazen iki ile üç kat artmasını sağlarlar. İskelet kası aktivitesi sırasında görülen kas kan akımındaki büyük artışın en önemli nedenlerinden biri, kas dokularında oksijenin azalmasıdır.

Oksijen miktarındaki düşüş, hem oksijen yokluğunda arteriyol duvarları kasılmayı devam ettiremediğinden, hem de oksijen eksikliği vazodilatör maddelerin salgılanmasına yol açtığı için, bölgesel arteriyol vazodilatasyonuna sebep olur. Kas kan akımı İstirahat şartlarında total kalp debisinin sadece % 15-20'si gibi bir oranı iskelet kaslarına gönderilirken egzersizde, egzersizin ve şiddetine bağlı olarak bu oran % 80-85 gibi bir seviyeye ulaşmaktadır. Bazal düzeyde, iskelet kası kan akışı ortalama 3 ila 4 ml/dk/100 g kaktır. İyi kondisyona sahip sporcudaki ağır egzersiz sırasında, bu kan akışı 25 ila 50 kat artarak 100 ila 200 ml/dk/100 g kas miktarına kadar çıkabilir.

Egzersiz sırasında kasların gereksinim duyduğu büyük miktardaki kan akımını karşılayabilmek için dolaşım sisteminde üç önemli etki ortaya çıkar:

- Vücutta sempatik sinir sisteminin kütle deşarjı sonucu bütün dolaşımın uyarılması,
- Arter basıncının artması ve • Kalp debisinin artması. Egzersizin başında, beyinden yalnızca kaslara kasılmalarını sağlayan sinyaller iletilmekle kalmaz; aynı zamanda bazı sinyaller vazomotor merkeze iletilerek vücutta kütle sempatik deşarjı da başlatılır.

Eşzamanlı olarak, kalbe gelen parasempatik uyarılar azaltılır. Sonuçta, dolaşımda üç önemli etki ortaya çıkar.

- Birincisi, kalp üzerindeki sempatik etkinin artması ve kalbin normal parasempatik inhibisyonundan kurtulması sonucunda kalp atım hızında ve pompalama gücünde büyük bir artma olacak şekilde kalp uyarılır.
- İkincisi, aktif kaslarda bölgesel vazodilatör etkiler tarafından kuvvetli şekilde genişletilen arteriyoller dışında, perifer dolaşımdaki arteriyollerin çoğu güçlü şekilde kasılır. Böylece kalp, kasların gereksindiği artmış kan akımını sağlamak üzere uyarılır ve aynı anda vücudun çoğu kas dışı dokusuna olan kan akımı azaltılarak bu bölgelerin kanı geçici olarak kaslara "ödünç verilir".

Bu etki, kaslara fazladan dakikada 2 litre kan sağlar.

- Üçüncüsü, venlerin kas duvarları ve dolaşımın diğer depo bölgeleri güçlü biçimde kasılarak ortalama sistemik doluş basıncını büyük oranda artırır. Bu olay kanın kalbe venöz dönüşünü, dolayısıyla kalp debisini artıran en önemli faktörlerden biridir. Egzersiz ve Kan Basıncı Diastolik kan basıncı (DP), ventriküller gevşeyip dolarken, kalp döngüsünün başlangıcında bir arterdeki en düşük basınçtır. Sistolik

kan basıncı (SP), ventriküller kasılırken kalp döngüsünün sonunda bir arterdeki tepe basıncıdır. Direkt olarak atım hacmi ile ilgilidir ve atım hacmi arttıkça SP de artar. Aort elastik yapıda olduğu için esner ve ventriküler kasılmanın neden olduğu enerjiyi depolar ve sistolik basıncı düşürür. Nabız basıncı, SP ve DP arasındaki farktır. Egzersizde sempatik aktivite artışının en önemli etkilerinden biri, arter basıncını artırmasıdır. Bu artış, birçok uyarıcı etkiden kaynaklanır.

Bu etkiler arasında şunlar sayılabilir:

- Aktif kas dokusu hariç, vücuttaki dokuların çoğundaki arteriyollerin ve küçük arterlerin vazokonstriksiyonu,
- Kalbin pompa aktivitesinin artması ve
- Temelde venöz kasılmaya bağlı olarak ortalama sistemik doluş basıncındaki büyük artış. Birlikte çalışan bu etkiler, egzersiz sırasında neredeyse her zaman arter basıncını arttırır. Bu artış, egzersizin gerçekleştirildiği koşullara bağlı olarak 20 mm Hg kadar küçük, 80 mm Hg kadar büyük olabilir. Kişi egzersizi gergin koşullar altında yapıyor, ama yalnızca birkaç kasını kullanıyorsa, sempatik sinir cevabı yine tüm vücutta etkili olur. Yalnızca birkaç aktif kasta vazodilatasyon ortaya çıkarken, vücudun başka yerlerindeki başlıca net etki vazokonstriksiyondur ve ortalama arter basıncı 170 mm Hg'ye kadar çıkabilir. Koşu ya da yüzme gibi bütün vücudun katıldığı bir egzersizi yapan kişide, aktif büyük kas kütlelerinde aynı anda meydana gelen aşırı vazodilatasyondan dolayı arter basıncındaki artış sıklıkla sadece 20-40 mm Hg'dir. Maraton koşucuları üzerinde yapılan çalışmalardan, kas kan akışının dinlenme sırasında tüm vücut için 1 L/dk'dan maksimum aktivite sırasında 20 L/dk'nın üzerine çıkabileceğini biliyoruz. Burada asıl etken arter basıncıdır. Arter basıncının (ağır egzersiz sırasında genellikle olduğu gibi) %30 oranında arttığını dikkate alındığında bu %30'luk artış, kanı kas dokusu damarlarına %30 oranda daha büyük güçle itecektir. Bu etkiye ek olarak, kan damarlarının duvarlarını gererek bölgesel olarak salınan vazodilatörler ve daha yüksek kan basıncı, toplam kas kan akımını normalin 20 katından fazlasına artırabilir.

SOLUNUM SİSTEMİ ORGANLARI

Solunum sistemi burnu, burun boşluğunu, sinüsleri, farenks, gırtlak, soluk borusu, bronş ağacı ve akciğerleri içerir. Üst solunum yolu, göğüs kafesinin dışındaki solunum organlarını içerir; alt solunum yolu, göğüs kafesi içindeki solunum organlarını içerir. Burun Burun kemik ve kıkırdak tarafından desteklenir. Burun delikleri hava için giriş sağlar. Burun Boşluğu Burun boşluğu, burnun arkasında bir boşluktur. Medial olarak nazal septum tarafından bölünür. Burun konkalari, boşluğu geçiş yollarına böler ve mukoza zarının yüzey alanını artırmaya yardımcı olur. Mukoza zarı gelen havayı filtreler, ısıtır ve nemlendirir. Mukusta sıkışan partiküller siliyer hareketle farenkse taşınır ve yutulur. Sinüsler Sinüsler, kafatasının kemiklerinde burun boşluğuna açılan boşluklardır. Burun boşluğunun astarı ile sürekli olan mukoza zarı ile kaplıdır.

Farinks

Farinks, ağzın arkasında ve burun boşluğu ile gırtlak arasında bulunur. Hava ve yiyecek için ortak bir geçit görevi görür. Vokal sesler oluşturmaya yardımcı olur. Larinks Larinks, trakeanın tepesinde bir genişlemedir. Hava için bir geçiş yolu görevi görür ve yabancı cisimlerin trakeaya girmesini önlemeye yardımcı olur. Kas ve kıkırdaktan oluşur; bu kıkırdaklardan bazıları tek, bazıları ise çifttir. Üzerinden hava geçerken titreşerek ses üreten ses tellerini içerir. Bir sesin perdesi, kablolarındaki gerilim ile ilgilidir. Bir sesin yoğunluğu, kabloların üzerinden geçen havanın kuvveti ile ilgilidir. Glottis ve epiglot, yiyecek ve sıvının trakeaya girmesini önlemeye yardımcı olur.

Soluk Borusu (trakea) Trakea, yemek borusunun önündeki göğüs boşluğuna uzanır. Sağ ve sol bronşlara ayrılır. Mukoza astarı gelen havayı filtrelemeye devam eder. Duvar, tamamlanmamış kıkırdak halkalar tarafından desteklenir.

Bronşial Ağaç Bronş ağacı, trakeadan hava keselerine giden dallı hava yollarından oluşur. Bronş ağacının dalları, birincil bronşları, lobar bronşları, segmental bronşları, bronşiyoller, alveolar kanalları, alveolar keseleri ve alveollerini içerir.

Solunum tüplerinin yapısı: Tüpler dallandıkça duvarlardaki kıkırdak miktarı azalır ve kas tabakası daha belirgin hale gelir. Duvarlardaki elastik lifler solunum mekanizmasına yardımcı olur. Tüpler giderek küçüldükçe epitel astarı yalancı çok katlı ve siliyerden küboidal ve basit skuamöze değişir. Solunum tüplerinin işlevleri, havanın dağılımını ve alveolar hava ile kan arasında gaz alışverişini içerir.

Akciğerler Sol ve sağ akciğerler mediasten tarafından ayrılır ve diyafram ve göğüs kafesi ile çevrilidir. Viseral plevra akciğerlerin yüzeyine bağlıdır; parietal plevra göğüs boşluğunu çizer. Sağ akciğerde üç lob, sol akciğerde iki lob bulunur. Her lob, alveolar kanallar, alveolar keseler, alveoller, sinirler, kan damarları ve bağ dokuları içeren lobüllerden oluşur.

SOLUNUMUN MEKANİĞİ

İnspirasyon ve ekspiratuar hareketlere göğüs boşluğunun büyüklüğündeki değişiklikler eşlik eder.

İnspirasyon Hava, atmosferik basınçla akciğerlere girmeye zorlanır. İnspirasyon, alveolar içi basınç düştüğünde gerçekleşir. Diyafram aşağı doğru hareket ettiğinde alveolar basınç azalır ve göğüs kafesi yukarı ve dışı doğru hareket eder. Akciğerlerin genişlemesine, plevral zarları bir arada tutan yüzey gerilimi yardımcı olur. Sürfaktan alveollerdeki yüzey gerilimini azaltır.

Ekspirasyon

Ekspirasyon kuvvetleri, dokuların elastik geri tepmesinden ve alveollerdeki yüzey geriliminden gelir. Göğüs kafesini aşağı ve içe doğru çeken ve karın organlarını içe doğru sıkıştıran göğüs ve karın duvarı kasları ekspirasyona yardımcı olabilir.

Solunum Hava Hacimleri ve Kapasiteleri

İstirahat solunum sırasında normalde içeri ve dışarı hareket eden hava miktarı tidal volümdür.

Solunabilecek ek hava, inspiratuar rezerv volümüdür; dışarı atılabilen ek hava, ekspiratuar rezerv volümüdür. Residüel hava akciğerlerde kalır ve yeni solunan hava ile karıştırılır. İnspiratuar kapasite, bir kişinin tidal volümünün solunmasını takiben soluyabileceği maksimum hava hacmidir. Fonksiyonel rezidüel kapasite, tidal hacmin çıkarılmasından sonra akciğerlerde kalan hava hacmidir. Vital kapasite, bir kişinin mümkün olan en derin nefesi aldıktan sonra soluyabileceği maksimum hava miktarıdır. Toplam akciğer kapasitesi, vital kapasite artı residual hava hacmine eşittir. Anatomik ve alveolar ölü boşluklardaki hava gaz değişimi için uygun değildir.

Pulmoner Ventilasyon

Pulmoner ventilasyon, gazın akciğerlere girip çıkmasını ifade eder. Dakikada havalandırılan gaz

miktarı, nefes alma sıklığı (f) ile nefes başına hareket ettirilen gaz miktarının (tidal volüm) çarpımıdır. Dakika ventilasyonu, spontan ve mekanik şişirmelerle birlikte bir dakika boyunca iletilen toplam hacmin toplamıdır. İstirahat sırasında, MDV (maksimum dakika ventilasyonu) , cinsiyet ve vücut büyüklüğüne göre farklılıklar gösterir. İstirahat sırasında, ortalama solunum volümü 0.50 L (500 ml) solunum frekansı ise yaklaşık 12 soluk/dak"tır. Bu durumda, maksimum dakika ventilasyonu yaklaşık 6 L/dak olur. **SOLUNUM KONTROLÜ**

Normal solunum ritmik ve istemsizdir, ancak solunum kasları gönüllü olarak kontrol edilebilir.

Solunum Merkezi Solunum merkezi beyin sapında bulunur ve medulla oblongata ve ponsun kısımlarını içerir. Medüller ritmik alan iki grup nöron içerir. Dorsal solunum grubu, solunumun temel ritminden sorumludur. Ventral solunum grubu, kuvvetli nefes alma sırasında inspiratuar ve ekspiratuar hareketleri artırır. Pnömotaksik alan solunum hızını düzenler.

Solunumu Etkileyen Faktörler

Solunum, belirli kimyasallardan, akciğer dokularının gerilmesinden ve kişinin duygusal durumundan etkilenir. Kemosensitif alanlar solunum merkezi ile ilişkilidir. Karbondioksit su ile birleşerek karbonik asit oluşturur ve bu da hidrojen iyonlarını serbest bırakır. Kemosensitif alanlar esas olarak hidrojen iyonlarından etkilenir. Bu bölgelerin uyarılması solunum hızının artmasına neden olur. Bazı arterlerin karotis ve aort gövdelerinde kemoreseptörler vardır. Bu kemoreseptörler, düşük oksijen konsantrasyonuna duyarlıdır. Oksijen konsantrasyonu düşük olduğunda, solunum hızı artar. Akciğer dokularını gererek bir şişirme refleksi tetiklenir. Bu refleks inspiratuar hareketlerin süresini azaltır. Bu, zorlu solunum sırasında akciğerlerin aşırı şişmesini önler. Hiperventilasyon, karbondioksit konsantrasyonunun azalmasına neden olur, ancak bu, sualtı yüzme ile ilişkili olduğunda çok tehlikelidir. **ALVEOLER GAZ DEĞİŞİMLERİ**

Alveollerde hava ile kan arasındaki gaz alışverişi gerçekleşir. Alveol Alveoller, alveolar kanalların uzak uçlarında kümelenmiş küçük hava keseleridir. Bazı alveoller, geçişler engellendiğinde hava için alternatif yollar sağlayan bitişik hava keselerine açıklıklara sahiptir. Solunum Zarı Solunum zarı alveolar ve kılcal duvarlardan oluşur. Gaz alışverişi bu duvarlardan gerçekleşir. Solunum Zarında Difüzyon Bir gazın kısmi basıncı, o gazın bir karışım gazlarındaki konsantrasyonu veya bir sıvıda çözülmüş gaz konsantrasyonu ile belirlenir. Gazlar, daha yüksek kısmi basınç bölgelerinden daha düşük kısmi basınç bölgelerine doğru yayılır. Oksijen alveolar havadan kana geçer; karbondioksit kandan alveolar havaya yayılır.

GAZLARIN TAŞINMASI

Kan, gazları akciğerler ve vücut hücreleri arasında taşır. Oksijenin Taşınması Oksijen esas olarak hemoglobin molekülleri ile birlikte taşınır. Ortaya çıkan oksihemoglobin nispeten kararsızdır ve oksijenini PO₂'nin düşük olduğu bölgelerde serbest bırakır. Kandaki karbondioksit konsantrasyonu arttıkça, kan daha asidik hale geldikçe ve kan sıcaklığı arttıkça daha fazla oksijen salınır.

Karbonmonoksit

Yakıtların eksik yanması sonucu karbon monoksit oluşur. Hemoglobin ile oksijenden daha kolay birleşir ve kararlı bir bileşik oluşturur. Karbon monoksit toksiktir çünkü birleştiği hemoglobin artık oksijen taşınması için mevcut değildir.

Karbondioksitin Taşınması

Karbondioksit ya hemoglobine bağlı olarak ya da bir bikarbonat iyonu olarak çözelti içinde taşınabilir. Çoğu karbondioksit bikarbonat iyonları şeklinde taşınır. Bir enzim olan karbonik anhidraz, karbon dioksit ve su arasındaki reaksiyonu karbonik asit oluşturmak için hızlandırır. Karbonik asit, hidrojen iyonlarını ve bikarbonat iyonlarını serbest bırakmak için ayrışır.

EGZERSİZDE SOLUNUM SİSTEMİ ADAPTASYONU

Nefes alma oranları, daha yüksek yoğunluklu antrenmanla artar (bu, daha çok anaerobik kondisyon ve kassal dayanıklılık antrenmanından veya daha yüksek yoğunluklu aerobik kondisyon antrenmanından bir uyarlama). Bu, gaz değişimini artırarak akciğerlere daha fazla havanın girip çıkmasını sağlar. Akciğerler, daha fazla miktarda havanın içeri ve dışarı hareket etmesini sağlayarak genişleme yeteneklerini artırır (bu, kardiyovasküler sistemdeki atım hacmindeki artışa benzer bir adaptasyondur). Diyafram ve interkostal kasların gücü ve dayanıklılığı artar. Bu, daha az yorgunlukla daha uzun süre daha fazla hava soluma yeteneğinin artmasıyla sonuçlanır. Aerobik antrenman, solunum kaslarının dayanıklılığını artırma eğilimindedir. Anaerobik antrenman, solunum kaslarının boyutunu ve gücünü artırma eğilimindedir.

EGZERSİZDE VENTİLASYON

Ventilasyon değişiklikleri yalnızca egzersiz esnasında değil, egzersizin başlamasından önce ve bitiminden sonra da farklılıklar gösterir.

Egzersizden önce; Ventilasyon artışı egzersizden hemen önce başlar. Bu artışın sebebinin serebral korteksten yani beyin kabuğundan çıkan uyarılar olduğu sanılmaktadır. Egzersiz sırasında; Egzersizin başlamasıyla ventilasyonda iki ana değişiklik oluşur. İlk birkaç sn de hızlı artış gözlenir. Bu hızlı artışı yavaş artış takip eder. Eğer yüklenme maksimal şiddetin altında ise (submaksimal) artış kararlı düzeye (steady state) ulaşana dek devam eder. Maksimal egzersizlerde kararlı düzey oluşmayıp ventilasyon artışı egzersiz sonlanıncaya kadar devam eder. Bu değişikliklerden başlıca egzersiz sırasında üretilen CO₂ olmak üzere kimyasal uyarılar sorumludur.

Egzersiz sonrasında; Egzersiz bitirilince ventilasyonda da hızlı bir düşüş görülür. Bu kas ve eklem reseptörlerindeki motor aktivitelerin sonlanması sebebiyledir. Ani düşüşün ardından yavaş ve dereceli bir düşüş olur.

Uzun Süreli Egzersize Ventilasyon Cevabı

Egzersize verilen solunum cevabına bakarsak, yine birazdan bahsedeceğimiz belirli bir egzersiz yoğunluğunda ve artan egzersizde uzun süreli bir egzersize bakabiliriz. Gördüğümüz gibi, belirli bir egzersiz yoğunluğunda ventilasyonda başlangıçta hızlı bir artış ve ardından ventilasyonda yavaş yukarı doğru bir hareket olur. Büyük ölçüde solunum frekansındaki yavaş kayma nedeniyle. Zaman içinde kardiyovasküler sistemde gördüğümüz kalp hızı artışına benzer. Hızlı artış, nöral kontrol mekanizmalarının bir miktar katılımını ima eder ve daha yavaş ayarlamalar muhtemelen nöral modifikasyonlarının kombinasyonunu yansıtır.

Artan Egzersize Ventilasyon Cevabı

Düşük egzersiz yoğunluklarında oldukça doğrusal bir artış ve ardından doğrusal olmayan bir aşama ve ardından yüksek egzersiz yoğunluklarında çok keskin bir artış görebilirsiniz. Bu üstel bir artış olarak modellendi ve bazıları bunun gerçekten sürekli bir üstel fonksiyon olduğunu ve eşik fenomeni göstermediğini savundu. Öte yandan, bazı araştırmacılar ventilasyona katkıda bulunan çeşitli biyolojik süreçleri yansıtan ayrı eşikler olduğunu tartışmışlardır. Özellikle, daha düşük yoğunluklarda, buradaki ilk kırılmanın, laktik asit üretiminin başlamasından kaynaklandığı varsayılmaktadır ve bu asidin tamponlanması, kas içindeki metabolik süreçlerden ziyade tamponlamadan türetilen CO₂'de bir artışa yol açar. Bazıları bunu anaerobik eşik olarak adlandırdı ve tüm bu adlandırma ve altta yatan mekanizmalar hakkında çok fazla tartışma oldu. Artan egzersiz sırasında gerçekten bir anaerobik eşik olup olmadığı konusunda çok fazla tartışma olduğunu söylemek yeterli. Daha yüksek egzersiz yoğunluklarında, ya tamponlama ya da metabolik üretimden CO₂ üzerinde ve üzerinde ventilasyonu uyaran ek faktörler vardır.

EGZERSİZDE SOLUNUM SİSTEMİ CEVABI

Hafif Orta Şiddette Kısa Süreli Egzersizler Solunum dakika volümündeki artma başlangıçta tidal volümdeki ani artışa bağlıdır, daha ağır egzersiz yüklerinde solunum frekansındaki artış daha önemlidir. Egzersizde tidal volüm ölü boşluğa göre daha fazla arttığı için alveoler ventilasyon VE'ye göre daha fazla artar. Egzersizin başlarında metabolizmadaki artış kadar hızlı artmamasına rağmen, alveoler ventilasyonun miktarı PAO₂ ve PaO₂'yi (Parsiyel Arteriyel Oksijen Basıncı) istirahat seviyelerinde tutmaya yeterlidir. Buna karşılık egzersiz sırasında plazma O₂, CO₂ ve pH düzeylerinde meydana gelen küçük oynamalar kemoreseptörleri etkileyebilir ve böylece ventilasyonun düzenlenmesini gerçekleştirir. Aerobik gücün (VO₂max) yaklaşık %55'ine gelinceye kadar ventilatuvar

eşitlik değeri (1 litre oksijen tüketimi için gerekli olan VE) 20-25'tir. Çocuklarda ventilatuvar eşitlik değeri daha yüksektir (30-32 gibi). 3 egzersiz tipi de ventilatuvar eşitlik değerini etkiler.

Uzun Süren Ağır Egzersizler

Kararlı duruma ulaşmak daha uzun zaman alır. VE'de, tidal volümde, solunum sıklığında ve ölü boşluk/idal volüm oranında değişiklikler oluşur. PAO₂'de değişme olmaksızın PaO₂ bir miktar azalır. Hiperventilasyona bağlı olarak PaCO₂ de azalır. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Maksimal Egzersizler İyi antrenmanlı sporcularda solunum frekansı dakikada 60'a kadar çıkabilir. Kişi solunum derinliğini ve frekansını spontan olarak dengeleyerek ventilasyonun optimal etkinlikte olmasını sağlar. İyi antrenmanlı sporcular egzersizde maksimal istemli ventilasyonlarının (MVV) %95'ini, antrenmansız kişiler ise sadece %60-70'ini kullanabilirler. Uzun süren egzersizlerden sonra diyafram ve diğer solunum kaslarında yorgunluk oluşabilir. Oluşan hiperventilasyon alveoler PO₂'nin değişmemesini sağlar, arteriyel PO₂ ise 95-100 mmHg'den 85-90 mmHg'ye düşer. Antrenmansız kişilerde PaO₂ istirahat düzeyinden en fazla 10-12 mmHg daha düşüktür. İyi antrenmanlı erkek dayanıklılık sporcularının %40-50'sinde ise maksimale çok yakın egzersizlerde PaO₂ değeri istirahat düzeyinin 30-40 mmHg altına düşebilir. Egzersize bağlı hipoksemi adı verilen bu durumun kadın sporcularda da görüldüğü en az 10 yıldır bilinmektedir. Egzersize bağlı hipokseminin derecesi kişiden kişiye farklılaşır. Egzersize bağlı hipokseminin yetersiz hiperventilasyon, pulmoner kapillerlerdeki eritrosit geçiş zamanının gaz değişimi için gerekenden kısa olması ve ventilasyon-perfüzyon eşleşmesindeki problemler sonucunda oluştuğu düşünülmektedir. Şiddeti düzenli olarak artan maksimal egzersizlerde kas PO₂'sinde 10-20 mmHg'ye ulaşan progressif bir azalma vardır. Alveoler hiperventilasyon PCO₂'nin daha da azalmasına neden olur. Zorlu egzersizlerde ventilatuvar eşitlik değeri 35-40'a kadar çıkar.

EGZERSİZDE SOLUNUMUN DÜZENLENMESİ

Solunum merkezi aşağıda belirtilen durumlara göre solunumu düzenlemektedir. Akciğer gerilme reseptörleri, proprioreseptörlerden gelen afferent uyarılar, kanda H⁺iyonu artışı, aort kavisinde ve karatid arterde bulunan kimyasal reseptörlerden kandaki PCO₂, PO₂ ve PH'da meydana gelen değişiklikler ile oluşan afferent uyarılar, deri ve vücut ısısında oluşan değişimler, hormonal ve sinirsel etkiler ile solunum düzenlenmektedir.

Ventilasyon ve Anaerobik Eşik Konsept,

belirtildiği gibi, giderek artan egzersiz yoğunluğu sırasında hem laktat hem de ventilasyon değişiklikleri ile tanımlanmıştır. Ventilasyonun iş yükü ve CO₂ üretimi ile lineer bir artıştan ayrıldığı nokta ventilatör eşiği (Tvent) olarak belirlenmiş ve kanda laktat birikiminin hızlandığı nokta laktat eşiği (Tlact) olarak adlandırılmıştır. Anaerobik metabolizmada (glikoliz) bir artış, kanda ve kaslarda laktik asit birikmesine neden olur. Laktik asit, kas yorgunluğunun başlıca şüpheli nedenidir. Bu, ayrıca antrenmanlı ve antrenmansız bireyler için anaerobik eşiğin farklı olması gerçeği, sporcu koşullarına uygulamalarına ilgi uyandırmıştır. Anaerobik eşiği belirlemenin bir yolu, sabit bir döngü veya koşu bandında gerçekleştirilenler gibi sürekli ve giderek artan iş yükleri sırasında kan laktik asidini periyodik olarak ölçmektir. Ancak bu teknik, hasta için rahatsız edici olabilecek ve kan örneklerinin kimyasal analizi için belirli bir süre gerektiren birden fazla kan örneği alınmasını gerektirir. Ventilasyon eşiği ve laktat eşiği tesadüfi ve ilişkili ise, anaerobik eşiği belirlemek için, örneğin dakika ventilasyonu ve gaz değişimi değişkenlerindeki karbondioksit üretimi ve oksijenin solunum eşdeğerindeki (Vebpts/VO₂) değişiklikleri gözlemleyebilmek gibi nispeten basit, invaziv olmayan bir tekniğe sahip olmak iyi olacaktır. Ventilasyon ve Aerobik Performans Şimdiye kadar ventilasyonun aerobik performansı sınırladığına dair bilgi olmasa da bazı özel durumlar dışında ventilasyon aerobik performansı sınırlayıcı faktör olmadığı ifade edilir. Yaşlı bireylerdeki düşük ventilasyonun maksimal oksijen alımını kısıtlayabileceği gibi yükseltiye bağlı olarak ortaya çıkan hipoksik şartlarda ventilasyon için aerobik performansı kısıtlayıcı bir faktör teşkil etmektedir. Bunlara rağmen genel olarak ventilasyonun aerobik performansı sınırlamadığı kabul edilmektedir. **EGZERSİZDE**

AKCİĞER HACİM VE KAPSİTELERİ

Egzersizde tidal volüm artar. Maksimal bir egzersizde bu artış 5.6 kat gibi bir düzeye çıkabilir. İstirahat düzeyinde 500 ml olan tidal volüm 2.5-3 lt'ye ulaşır. Solunum frekansı da artarak dakikada 40-50'ye kadar ulaşır. Böylece yaklaşık istirahatte 6 lt/dk olan solunum dakika hacmi egzersizde 150 lt/dk'nın üzerine çıkar. Egzersizde soluk alma yedek hacmi (IRV) azalırken, soluk verme yedek hacminde (ERV) çok az bir değişme görülür veya aynı kalır. Residual volüm (tortu hacmi) artarken, total akciğer kapasitesi (TLC) çok az bir azalma gösterir. Soluk alma kapasitesi (IC) ve fonksiyonel tortu hacmi (FRC) artış gösterir.

PERFORMANSI SINIRLANDIRAN SOLUNUM FAKTÖRLERİ

Solunum kasları, ağır egzersiz sırasında vücudun toplam oksijen tüketiminin %10'unu ve kalp debisinin %15'ini oluşturabilir. Pulmoner ventilasyon, bazı elit dayanıklılık sporcularında performansı sınırlayabilmesine rağmen, maksimum çaba sırasında bile performans için genellikle sınırlayıcı bir faktör değildir. Solunum kasları, uzun süreli aktivite sırasında yorgunluğu önlemek için iyi tasarlanmıştır. Hava yolu direnci ve gaz difüzyonu, deniz seviyesinde egzersiz yapan normal, sağlıklı bireylerde genellikle performansı sınırlamaz. Solunum sistemi, çeşitli kısıtlayıcı veya obstrüktif

solunum bozuklukları olan kişilerde performansı sınırlayabilir.

SOLUNUMDA ASİT BAZ DENGESİ

Aşırı H^+ , kas kontraktilitesini ve ATP üretimini bozar. Asit-baz dengesinin korunmasında solunum ve böbrek sistemleri ayrılmaz bir rol oynar. Böbrek sistemi, H^+ sekresyonu yoluyla asit-baz dengesinin daha uzun süreli korunmasında rol oynar. H^+ konsantrasyonu artmaya başladığında, solunum merkezi solunumu artırarak yanıt verir. Karbondioksitin uzaklaştırılması, H^+ konsantrasyonlarını azaltmak için önemli bir araçtır. Karbondioksit öncelikle bikarbonata bağlı olarak taşınır. Akciğerlere ulaştığında tekrar karbondioksit oluşur ve dışarı verilir. Karbon dioksit veya laktat birikiminden dolayı H^+ konsantrasyonu artmaya başladığında, bikarbonat iyonu asidozun önlenmesi için H^+ 'ni tamponlayabilir.

ENDOKRİN SİSTEM

Endokrin sistem endokrin bezler olarak adlandırılan doku ve organlardan oluşmuştur. Bu bezler hormon olarak adlandırılan kimyasal maddeleri sentezleyip salgırlar. Vücutta bulunan salgı bezleri iki ana başlıkta toplanır; endokrin ve ekzokrin bezler. Endokrin bez hormon salgılayan bezdir, doğrudan salgısını boşaltacağı bir kanalı olmayıp salgısını hücre dışı sıvısı aracılığıyla kan dolaşımına verir. Ekzokrin bez ise diğer salgıları yapan bezlerdir ve bunların salgılarını boşalttıkları özel kanalları vardır. Hormonlar haberci molekülüdür ve birinci haberci olarak kabul edilirler. İkinci haberciler ise hormonların aktive ettiği hücre içi molekülüdür. Ancak ikinci haberci sistemini her hormon kullanmaz. Steroit yapılı hormonlar hücre zarını kolayca geçebildikleri için ikinci haberci sistemine ihtiyaç duymazlar. Hormonların etki gösterecekleri hücrelere hedef hücre denir. Hormonlar etkilerini hedef hücrelerin; hücre membranında, sitoplazmasında veya çekirdeğin içindeki reseptörleri aracılığıyla gösterir. Hormon Salgısının Kontrolü Hormonal sekresyonlar genellikle negatif feedback sistemler ile kontrol edilir ve bir endokrin bez aktivitesi 3 yolla uyarılır.

1-Hormonal uyarılma: Hormonlar birbirlerinin sekresyonunu etkileyerek uyarılma.

Örneğin arka hipofizden salınan ACTH hormonunun kan yoluyla gelerek böbreküstü bezlerden glukokortikoid salınımını uyarması veya kandaki glukokortikoid düzeylerinin hipotalamusta ACTH salgısı üzerinde negatif geri bildirim mekanizması ile salgıyı inhibe edici etkisi.

2-Humoral uyarılma: Kanda, safrada ve diğer vücut sıvılarından bazı iyonların ve besin öğelerinin değişmesi hormon salgısını uyarır.

Örneğin bir yemek sonrası kan glikoz konsantrasyonlarındaki yükselmenin pankreas bezinden insülin hormonu salgısını uyarması.

3-Nöral uyarılma; Sinir sisteminin bazı hormonların salgısı üzerinde etkileri vardır.

Örneğin otonom sempatik sinir sisteminin böbreküstü bezi medüllasında katekolamin salgısını uyarması.

Hormon Etki Mekanizmaları

Hormonlar kan dolaşımına verince, kanın ulaştığı her yere gidebilirler. Ancak hormonlar, yalnızca belirli bir hormona özgü reseptörü olan hücreler üzerine etkili olabilir. Bu özel reseptöre sahip hücrelere hedef hücre ya da daha genel olarak hedef doku veya hedef organ denir. Peptid ve amin asit yapılı hormonlar yağda çözünmezler, bu sebeple de hücrelerin membranlarını geçemezler. Bu tür hormonların reseptörleri hücre membranının dış yüzeyindedir. Hormonun reseptörü ile birleşmesi hücre içinde, ikincil haberci denilen bir bileşiğin oluşmasına neden olur. Hormonun hücre içinde etkisini, ikincil haberci denilen bu bileşikler gösterir. İkincil haberciler hücre içinde daha önceden programlanmış aktiviteleri hızlandırır ya da inhibe ederler. Bu aktiviteler, bir enzimin etkisini veya protein sentezini değiştirmek ya da, bir membran kanalını açmak veya kapamaktır.

ENDOKRİN BEZLER VE HORMONLARI

Endokrin sistem ile sinir sistemi arasında yakın ilişki vardır. Bu ilişkinin iyi kavranabilmesi için beyin bir bölgesi olan hipotalamus ile hipofiz bezi arasındaki ilişkinin incelenmesi gereklidir.

Hipofiz bezi kan damarları ve sinir lifleri ile hipotalamusa bağlantılıdır. Homeostazisin devamı için gerekli pek çok otonom fonksiyonun düzenlenmesinde merkez rol oynayan hipotalamus,

adenohipofizden salgılanan hormonların salgılanmasını düzenleyen salgılatıcı (releasing) ve salgıyı durdurucu (inhibiting) hormonlar salgılayarak endokrin sistem üzerinde de etkilere sahiptir. Paratiroid

Bezler Paratiroid bezler tiroid bezinin arkasında bulunan küçük bezlerdir. Parat hormon (paratiroid hormon) (PTH) salgırlar. PTH kalsitoninin tersi etkilere sahiptir. Kan kalsiyum düzeylerini artırır,

fosfat düzeylerini azaltır. Kan kalsiyum miktarı azaldığı zaman PTH artar. Böbrek Üstü Bezleri (Adrenal Bezler) Adrenal bezler böbreğin üst ucunda lokalize olmuşlardır. Her bir adrenal bez iki farklı bezin bileşiminden oluşmuştur; medülla (iç bölümü), adrenal medülla, korteks (dış bölüm,

medüllanın çevresi), adrenal korteks Adrenal Korteks; **Glukokortikoidler**

Glukokortikoidler 2 tiptir; Kortizol ve Kortikosteron. Glukokortikoid etkinin % 95 i kortizole aittir.

Glukokortikoidler, glukoneogenezi (karbonhidrat dışındaki kaynaklardan karaciğerde glikoz sentezlenmesi) uyarır. Allerjik reaksiyonları ve inflamatuvar cevapları baskılar.

Adrenal Korteks; Mineralokortikoidler En önemli mineralokortikoid aldosterondur. Aldosteron sodyum, potasyum kaybı ve geri Emilimi aracılığıyla mineral dengesini kontrol eder. Mineralokortikoid aktivite ter, tükrük, idrar ve mide salgısı gibi sıvılarda sodyum geri Emilimini dolayısıyla da su geri Emilimini artırmaktır.

Adrenal Korteks; Gonadokortikoidler Gonadokortikoidler cinsiyet organlarını etkilerler, fakat etkileri hafiftir. Bu hormonlar androjenler ve östrojenlerdir. Az miktarda salınır. Kadınlarda fazla salınımı virilizasyon ve hirsutizm oluşturur. Adrenal Medülla Adrenal medülladan epinefrin (adrenalin) ve norepinefrin (noradrenalin) salgılanır. Epinefrin ve norepinefrin sempatik sinir sistemine benzer etki yaparlar. Hormonal etki daha uzun sürer. Medülla hormonları stres hormonlarıdır.

Pankreas

Pankreas sindirim kanalına enzim salgılayan egzokrin bir bez ve kana hormon salgılayan endokrin bir organ olarak işlev görür. Hormonlar pankreasın endokrin bölümündeki pankreatik adacıklarda sentezlenir, depolanır ve salgılanır. Pankreasın endokrin salgıları glukagon ve insüldür. Glukagon Glukagon glikojenolizi, glikoneogenezi ve keton cisimcikleri sentezini uyarır. Genel etki plazma glikoz ve keton düzeylerini artırmaktır ki bu postabsorptif dönemde hipoglisemiyi önlemek için önemlidir. İnsülin İnsülin glukagonun tersi etkilere sahiptir. Tüm dokulara glikoz girişini artırarak kan glikoz düzeylerini düşürür. Glikozun glikojene çevrilmesini (glikogenez) uyararak depo edilmesini sağlar. Dokulara amino asit girişini de uyarır. Karaciğer ve yağ dokusunda trigliserit sentezini uyarır. Gonadlar: Cinsiyet Bezleri Gonadlar kadında overler erkekte ise testislerdir. Gonadlar üreme fonksiyonlarını kontrol eden hormonlar salgırlar. Erkeklerde ana cinsiyet hormonu testosteron, ckadınlarda ise östrojen, progesteron, relaxindir.

Testosteron

Testosteron FSH ve LH ile birlikte spermatogenezi (sperm üretimi) uyarır. Erkek cinsiyet organlarının gelişimi ve devamlılığı için gereklidir. İkincil cinsiyet özelliklerinin gelişimini uyarır. Bunlar; yüzde ve pubik bölgede kıllanma, larinkste genişleme, sesin kalınlaşması ve kaslılığın artmasıdır. Androjenik ve anabolik etkilere sahiptir. Östrojenle Overlerden salgılanırlar. Kadınlarda menstruel siklus, meme bezlerinin gelişimi ve ikincil cinsiyet özelliklerinin düzenlenmesine katkıda bulunur. Üreme organlarında endometriyum, serviks ve vajina üzerinde proliferatif etkiler sergiler. Foliküllerin gelişmesini kolaylaştırır, fallop tüplerinin hareketini artırır. Uterus kan akımını artırır, miyometriyumun uyarılma eşiğini düşürür, oksitosine duyarlılığını artırır.

Progesteron

Progesteron da meme bezlerinin gelişimini ve menstruel siklusu düzenler, ayrıca gebelikte plasenta oluşumuna katkıda bulunur. Sindirim Sistemi Organları Sindirim sistemi Gastrin, Sekretin, Kolesistokinin, Ghrelin, Peptid YY (PYY), Pankreatik polipeptid(PP) , Glukagon Benzeri Peptid (GLP1), Oxyntomodulin (OXM)ve Nöropeptid YY hormonları salgılanır. Yağ Dokusu Yağ dokusu adipokinler olarak bilinen maddeleri salgılar. Bunların en bilinenleri leptin, adiponektin ve rezistindir. Leptin: Adipoz doku tarafından sentezlenir ve kana salınır. Kana salınan leptin, KBB(Kan beyin bariyeri)'ni geçer ve hipotalamusa ulaşır, çeşitli hipotalamik nükleuslardaki spesifik leptin reseptörlerine bağlanarak yiyecek alımını azaltır, enerji kullanımını artırır Adiponektin: Adiponektin, insülin duyarlılığını artırır, anti-enflamatuar ve antiaterojenik özelliklere sahiptir.

Rezistin: LDL kolesterolü yükseltir, Kalp hastalığı riskini artırır. Resistinin glikoz homeostazisine, lipid metabolizmasına ve insülinin etkilerine katıldığı insulin duyarlılığı üzerine etkisi baz alındığında resistinin adiposity-obesite-insülin direnciyle ilgili patojenik dizilimin yönlendiricisi olduğu düşünülmektedir Kas Dokusu Yarım asır önce araştırmacılar, kontraksiyonlar nedeniyle oluşan artmış glikoz ihtiyacına yanıt olarak kas hücrelerinden salınan hormonal bir faktör tanımlamışlar. Daha sonrasında yapılan çalışmalar bu faktörün tek olmadığı kas hücrelerinden çok sayıda hormonal etkisi olan faktörün salındığını göstermiştir. 2003 yılında endokrin etkisi olan bu sitokin ve peptidlerin “ miyokin” olarak sınıflandırılması önerilmiştir. Bugün kaslardan 100 den fazla myokin salındığı ileri sürülmektedir.

EGZERSİZDE ENDOKRİN SİSTEM DEĞİŞİKLİKLERİ

Egzersiz fizyolojik olarak organizmanın homeostatik dengelerini bozan bir stressördür. Bir kontrol ve düzenleme sistemi olana endokrin sistem, egzersizin oluşturduğu stres ile başa çıkılmasına yardımcı olan, diğer bir ifadeyle homeostazisin sürdürülmesine katkı veren bir sistemdir. Egzersiz Sırasında Glikoz Homeostazisi Egzersiz sırasında çalışan kaslara enerji gereklidir. Kas hücre içi enerji depoları sınırlıdır. Egzersiz sırasında kas glikojeni glikojenoliz ile hızla tükenir. Glikojenoliz egzersiz yoğunluğu ile ilgilidir. Yüksek yoğunluklu egzersiz, daha fazla ve daha hızlı glikojen tükenmesi ile sonuçlanır. Plazma epinefrini glikojenolizin güçlü bir uyarıcısıdır. Bu nedenle, yüksek yoğunluklu egzersizde plazma epinefrininde daha büyük artışlar oluşur. Kas, egzersiz sırasında, özellikle de uzun süreli egzersiz sırasında kandan glikoz veya yağ asidi olarak enerji kaynakları alır.

Adrenokortikotropik Hormon (ACTH) ve Egzersiz

Hipofiz bezinden salgılanan ACTH yağ dokudan yağ asidi mobilizasyonunu ve glikoneogenezi artırır, protein katabolizmasını uyararak kan glikoz regülasyonunun düzenlenmesine katkıda bulunur. Egzersiz ACTH salgısını artırır. ACTH artışı, egzersiz şiddeti ile ilişkilidir. Egzersiz aerobik kapasitenin % 25 ini geçerse egzersizin süresi ve şiddeti ile orantılı olarak artar.

Büyüme Hormonu (BH) ve Egzersiz

Egzersiz ile BH nun kandaki düzeyleri artar ve egzersiz şiddeti arttıkça artış da daha belirgin olur. Maksimal bir egzersiz çalışmasında dinlenme değerinin 25 katı kadar artabilir. BH egzersizde hemen artmaz, dereceli olarak artar. Egzersize BH cevabı bireyin fitnes düzeyiyle de yakından ilişkilidir. Egzersiz ve Kortizol Böbreküstü bezi korteksinden salgılanan kortizol uzun süreli açlıkta ve uzun süreli egzersizde çeşitli mekanizmalar ile kan glikozunun sabit düzeylerde tutulmasına katkıda bulunur.

Düzenli Egzersizin Katekolamin Salgısına Etkisi

Uzun süreli düzenli egzersiz çalışması belirli bir iş yüküne verilen katekolamin cevabını lineer bir şekilde azaltır. Egzersiz çalışması maksimal bir egzersize plazma katekolamin cevabının antrene bireylerde sedanterlerden daha yüksek olmasına neden olur. Katekolamin salgılama kapasitesinin düzenli egzersiz ile artması kardiyovasküler ve metabolik sistem fonksiyonlarını artırarak egzersiz performansının artışına yardım eder. İnsülin-Glukagon ve Egzersiz Glikoz ve serbest yağ asitlerinin her ikisi de enerji için gerekli olduklarından egzersiz anında egzersizin şiddeti ile orantılı olarak; glukagon konsantrasyonları artarken, insülin konsantrasyonları düşer. Çünkü egzersiz anında en önemli olaylardan birisi kan glikoz konsantrasyonlarının sabit tutulmasıdır.

Egzersiz Sırasında Artan Vücut Isısı Nedeniyle Su ve Elektrolit Kayıplarının Önlenmesi

Kasılma beraberinde yüksek oranlarda ısı ürettiğinden (harcanan enerjinin yaklaşık % 60 ı), özellikle sıcak havada vücut ısı artışı uzun süreli egzersizlerde performansı sınırlayan en önemli etken haline gelir. Artan vücut ısısının terleme yoluyla düşürülmesi beraberinde su ve elektrolit kayıplarına yol açar. Bu kayıpların minimal düzeyde tutulmasında da endokrin sistem önemli rol oynar. Bu noktada hipotalamus-hipofiz-böbrek üstü bezi eksenini ve böbreklerden salgılanan hormonlar bu düzenlemede rol alır. Antidiüretik Hormon (ADH) ve Egzersiz Antidiüretik terimi idrar atılımını azaltan etkiyi tarif etmek için kullanılır. ADH diğer adıyla vazopressinin ana görevi vücut sıvı dengesinin düzenlenmesine katkıda bulunmaktır. ADH'nin hedef organı böbreklerdir. Böbreklerde toplayıcı kanallarda su geri emilimini artırarak, idrar yoluyla su atılımını azaltır. Dehidrasyon ve koma gibi plazma sıvı miktarının azaldığı durumlarda ADH salgısı artar. Renin-Anjiyotensin-Aldosterone ve Egzersiz Plazma sıvı kaybına bağlı olarak böbrek kan akımının azalması böbreklerden renin hormon salgısının artışına yol açar. Renin karaciğerden salınan anjiyotensinojeni anjiyotensin I e dönüştürür. Anjiyotensin I akciğerlerde bulunan konverting enzim tarafından anjiyotensin II ye dönüştürülür. Anjiyotensin II arteriyoller üzerinde güçlü vazokonstriktör etkilere sahip bir hormondur.

Egzersizde Kalp-Dolaşım ve Solunum Sistemi Fonksiyonlarındaki Artış

İhtiyacı ve Kanın Dokularda Yeniden Dağıtımının Sağlanması

Egzersizde artan sempatik sinir sistemi aktivitesi ve böbrek üstü bezlerinden salgılanan katekolaminler senkronize etki ile hem kalp dolaşım sistemi, hem de solunum sistemi üzerinde yukarıda açıklanan etkiler oluşturarak aktif dokulara daha fazla kan oksijen gönderilmesini sağlarlar.

YÜKSEK İRTİFADA TARİHSEL GÖZLEMLER

Hipobarik hipoksinin deniz seviyesinde yaşayanlar üzerindeki negatif etkileri uzun süredir bilinen bir konudur. Güney Amerika'nın istilası dönemlerinde İspanyol istilacıların yüksekte yaşayan Güney Amerika yerlileri karşısında çabuk yorulmaları ve fiziksel performanslarının düşüklüğü buna bir örnektir. Yüksek irtifanın organizma üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalara 1878 yılında başlanılmış ise de, yüksek irtifa konusu 1968 yılında yapılan Mexico City olimpiyatları ve 1970 FIFA Dünya Kupası sonrası sporda en önemli konulardan biri haline gelmiştir.

YÜKSEK İRTİFA NEDİR?

Havanın belirli bir ağırlığı vardır. Atmosfer ya da barometrik basınç, havanın bu özgül ağırlığına bağlı olarak dünya üzerinde herhangi bir noktada farklı basınç düzeylerine sahiptir. Deniz seviyesinde standart barometrik basınç 760 mmHg'dır. Bu basınç ve havanın yoğunluğu, deniz seviyesinden yükseldikçe azalır. Dünyanın en yüksek noktasında atmosfer basıncı sadece 250 mmHg olarak ölçülmüştür. Atmosfer basıncının farklı yükseltilerde değişim göstermiş olmasına rağmen havadaki solunan gazların oranları deniz seviyesinden yükseltiye çıkıldıkça sabit seyretmeye devam eder. Dünya üzerinde herhangi bir irtifa düzeyinde her zaman karbondioksit %0,03, oksijen %20,93 ve nitrojen de % 79,04 oranındadır. Yüksek İrtifada Yerleşim 5.500-6.000 metrenin üzerindeki aşırı rakımlarda iki yıldan fazla yaşayan insanlarla ilgili hiçbir kayıt yoktur. Şu anda dünyanın en yüksek kalıcı yerleşim yeri, Güney Peru'da, 5100 m yüksekliğe kadar, 40 yıldan uzun süredir var olan ve 7000'den fazla kişinin yaşadığı bir maden köyü olan La Rinconada'dır.

Fiziksel Performansın Etkilendiği Yükseklikler

1500 m ve daha yükseklerde fiziksel performans olumsuz etkilenmekte ve yüksekliğin artışına bağlı olarak ta etkilerde artış görülmektedir. Çok yüksek irtifada fiziksel performans ve V02'de max %60'dan daha fazla azalma görülmektedir. Genel olarak 1500 metreden sonra çıkılan her 300 m'de maxV02'de % 3-3.5 oranında azalma olduğu söylenebilir.

Düşük Atmosfer Basıncı ve Düşük PO2

Yüksek irtifada performansı sınırlayan en önemli kavram düşük atmosfer basıncına bağlı olarak ortaya çıkan düşük oksijen parsiyel basıncıdır(PO2). Parsiyel basınç, yüksek irtifa fizyolojisi terminolojisinde önemli bir kavramdır ve atmosfer havasını oluşturan gazların her birinin basıncını ifade eder. Bir hava karışımını oluşturan gazların her birinin tek başına oluşturdukları basınca parsiyel basınç denir ve gazın difüzyonu parsiyel basınç ile doğru orantılıdır.

Hemoglobin Doygunluğunun İrtifa ile ilişkisi Yükselti arttıkça PO2 azaldığı için hemoglobinin doyunluğu da azalır. Hemoglobinin doyunluğunun azalması dokulara taşınan oksijen miktarını azaltarak hipoksiye neden olur. Bu irtifada gözlenen ve organizmayı etkileyen en önemli olaydır. İrtifada Ortam Sıcaklığı, Nem ve Güneş Radyasyonu Etkisi Güneş radyasyonunun yoğunluğu iki nedenden dolayı yüksek irtifada artar. İlk olarak, yüksek irtifada, ışık dünyaya ulaşmadan önce daha az atmosfer tabakası geçer. Bu nedenle yüksek irtifada güneş radyasyonu, özellikle ultraviyole ışınları, atmosfer tarafından daha az emilir. İkincisi, atmosferdeki su, normalde güneş radyasyonunu önemli miktarda emer, bu nedenle yüksek irtifada havadaki düşük su buharı da güneş ışınlarının oluşturduğu radyasyona maruziyeti artırır.

YÜKSEK İRTİFA VE ATLETİK PERFORMANS

Yüksek irtifa sporcularda performans üzerinde iki farklı etki üretir. Birincisi, 400 metreye kadar sprint, uzun atlama, üç adım atlama gibi patlayıcı güç üretiminin hakim olduğu sporlar açısından genellikle atletik performansı iyileştirici etkidir. Bunun nedeni atmosfer basıncındaki azalma nedeniyle yerleşikimi etkisinin ve rüzgar direncinin azalmasıdır. İkincisi ise dayanıklılık tipi sporlarda (800 metreden uzun yarışlar), PO2 de azalma nedeniyle performansı düşürücü etkidir. Yüksekliklere çıkıldıkça hemoglobinin oksijen doyunluğu (saturasyonu) % 98'den %87'ye düşmesi organizmayı anlamlı düzeyde etkilemese de (3048 m 'ye kadar), saturasyonun %65 gibi bir düzeye inmesi ile hipoksinin etkileri belirginleşmeye başlar ve dayanıklılık performansı azalır. Bu durum 1500 metreden sonra çıkılan her 300 m'de max V02'de % 3-3.5 azalma şekline genellenebilir.

YÜKSEK İRTİFA UYUM

Yüksekliğe belli bir dereceye kadar uyum sağlanabilir. Buna yüksekliğe aklimatizasyon denir. Yüksek irtifa aklimatizasyonu kısa süreli ve uzun süreli uyumlar şeklinde gerçekleşir. Yükseltiye uyum açısından ne kadar uzun süre yükseltide kalınırsa performansta da o derecede anlamlı iyileşmeler

gerçekleşir. Ancak hiç bir zaman deniz düzeyine ulaşamaz. Kısa Süreli Uyumlar Solunumsal değişimler; yüksek rakıma çıkıldıktan saniyeler sonra, hem istirahat hem de egzersiz sırasında, PaO₂ düşüklüğü ve PaCO₂ yüksekliğine bağlı arkus aorta ve karotid sinüste kemoreseptör organlar aracılığı ile merkezi sinir sistemindeki solunum merkezi uyarılır ve ventilasyon artışı olur. Solunum merkezinin uyarılmasıyla solunum frekansı ve derinliği artırılır. Bu da, solunum dakika hacmini artırır. Böylece düşük PO₂ kompanse edilmeye çalışılır. Solunum dakika hacmindeki bu artışa hiperventilasyon denir. Yükseklikte meydana gelen solunum artışı egzersizdeki gibi değildir. Ventilasyon artışı ilk olarak tidal volüm ve solunum frekansı artışı ile ilişkilidir. Bunun sonucunda kandaki PCO₂ azalır ve kan pH'ı artar. Hiperventilasyon PCO₂'yi azaltarak pH artışına yol açar. Bu durum solunumsal alkalozu neden olur ki bu da kanın asit-baz dengesini bozar. Kardiyovasküler değişimler; yüksek rakımda solunum sistemi gittikçe artan şekilde strese maruz kaldığı için kardiyovasküler sistemde de benzer şekilde PaO₂'deki azalmayı kompanse etmek için dikkat çekici değişimler meydana gelir.

Hipoksinin egzersiz sırasında oksijen taşınması ve kullanılması üzerine etkilerini tartışırken Fick denkleminin dikkate alınması gerekir. Fick denklemine göre üzere oksijen tüketim (VO₂) hızı dokulara ulaşan kan akımı (kardiyak output) ve dokuların oksijeni kullanmasının ((a-v)O₂ farkı) bir sonucudur. Deniz seviyesindeki VO_{2max}'nin %50'sine eşdeğer şiddette olan submaksimal bir egzersizin yüksekte yapılması sırasında VO₂'deki artışa katkıda bulunan kalp debisi artışı, deniz seviyesi değerleri ile kıyaslandığında atım hacmindeki düşme nedeniyle daha ziyade kalp atım hızındaki artma ile sağlanır. Kalp atım hızı ve atım hacmi; Yükseltide sempatik sinir sistemi uyarılır, norepinefrin ve epinefrin salgısı artar. Aynı zamanda parasempatik aktivite gerilemesinin de olduğu araştırmalarda gösterilmiştir. Bunların neticesinde de kalp hızında bir yükselme olur.

Kardiyak output; şu ana kadar verilen bilgiler azalmış PaO₂'den dolayı belirli bir kan hacminde kaslara taşınan oksijen miktarının yükseltide sınırlandırıldığına işaret etmektedir. Mantıksal olarak da bunu kompanse etmek için kaslara taşınan kan hacminin artması gerekir. İstirahat ve submaksimal egzersiz sırasında bu kardiyak output artışı ile sağlanır. Kardiyak output yukarıda da belirtildiği gibi kalp atım hızı ve atım hacminin çarpımına eşittir. Bunlardan biri veya ikisinin artışı kardiyak output'u arttıracaktır. Genel olarak kalp hızındaki artış atım hacmindeki azalmadan daha belirgin olduğu için netice itibariyle kardiyak output'ta bir yükselme gözlenir. (A-V)O₂ farkı;

Yaklaşık 1-3 hafta sonra meydana gelen aklimatizasyon ile belli bir iş için gerekli olan kardiyak output ilk günlerdekine göre azalma gösterir. Bunun nedeni olarak beta adrenerejik uyarıya kalbin yanıtının azalmaya başlaması ve/veya vagal tonusun artışına bağlı kalp hızı azalması gösterilmiştir. Dokuların oksijeni kullanmaya devam edebilmesi için kardiyak output'taki azalmayı kompanse edebilmek amacı ile kaslar oksijeni kandan daha fazla çekmeye başlarlar. Bunu da (a-v)O₂ farkını yükselterek yaparlar. Egzersiz sırasında kaslar tarafından oksijenin kullanılması birkaç etmene bağlıdır. Bunlar oksijenin taşınma hızı ve lokal kas akımıdır. Diğer bir etmen de kapillerden kas hücrelerine oksijenin difüzyonudur. Son bir faktör de kas hücrelerinin mitokondriyal oksidatif kapasitesidir. Hematolojik değişimler; yüksek irtifaya çıkıldığında iki önemli değişiklik ortaya çıkar; (1) Başlangıçta plazma volümünde düşüş (2), hemogloblin ve eritrosit oluşumundaki artış izler.

Yüksek İrtifaya Uzun Süreli Uyumlar

Asit-Baz dengesinin sağlanması; yükseltide hiperventilasyon sonucu organizmaya daha fazla O₂ sağlanırken, organizmadan da daha fazla CO₂ atılımı gerçekleştirilir. Bunun sonucu olarak ta arter kanında CO₂ miktarı azalmakta ve alkali maddelerin miktarı artmaktadır. Hematokrit düzeyinde meydana gelen artışlar; yükseltiye çıkışla birlikte plazma hacminin azalmasına bağlı olarak kan hücrelerinin sayısı ve hacminde göreceli bir artış görülür. Ancak bu kanın oksijen taşıma kapasitesini artırmaz. Hipoksiye bağlı olarak böbreklerden salınan eritropoietin hormonu salgısının artışı eritropoizesize neden olunur. Böylece kırmızı kemik iliğinde kırmızı kan hücrelerinin (eritrosit) yapımı ile birlikte kan hücrelerinde artış görülür. Özellikle ilk 2-3 günde bu artışlar görülmeye başlanır ve irtifada kalış süresince de artış devam eder. Dokuda meydana gelen değişiklikler; hipoksida kasın O₂ kullanma düzeyi de arttırılmaya çalışılır. Bunun için kas dokusundaki kılcal damar sayısında, mitokondri yoğunluğunda, oksidatif enzim aktivitesinde ve kandan dokuya O₂ diffüzyon yeteneğinde meydana gelen artışlarla dokularda daha fazla O₂'nin kullanılması sağlanılır. Ayrıca yüksek irtifada barometrik basıncın düşmesi ile PO₂'nin de düşmesi HbO₂ saturasyonunu da azaltır. Böylece oksijenin hemoglobline bağlanma eğiliminin azalması ile HbO₂ ayrışma eğrisi sağa kaymakta ve oksijen dokuya daha kolay bırakılmaktadır. Yüksek İrtifaya Uyum Süreleri Genel olarak yükseltiye uyum için kalınan süre bireysel özelliklere bağlıdır. Ancak 2300 m'ye kadar olan yüksekliklere uyum için 2 hafta ve 2300 m'den sonraki her 610 (4572 m'ye kadar) ek bir hafta süreye ihtiyaç duyulur. Ayrıca gerçekte bazı insanların hiçbir zaman zaman yüksekliğe aklimatize olamadıkları ve bunun sonucu olarak da dağ veya irtifa hastalıklarına yakalandıkları belirtilmektedir. **YÜKSEK İRTİFA VE ANTRENMAN**

Üst düzey sporcularda yapılan çalışmalarda yüksek irtifada yapılan antrenmanlardan sonra deniz seviyesine dönüşte, eski düzeylerinden daha iyi performans gösteremedikleri gözlenmiştir. O halde yüksek irtifa antrenmanları üst düzey sporculardan daha ziyade elit olmayan kondisyonu düşük sporculara veya sporcu olmayan insanlara uygulanmalıdır. Ayrıca yükseklik antrenmanları ile

sporcularda maxVO2 bakımından bir artış elde edilmemesine rağmen, yükseklik antrenmanlarının genel dayanıklılığı arttırdığı kabul edilmekte ve yararlı olabileceğine inanılmaktadır.

YÜKSEK İRTİFA ANTRENMAN TEKNOLOJİSİ

Son yıllarda ise fiziksel performans üzerindeki etkilerinden dolayı yükselti antrenmanlarının simüle edilmesini içeren farklı cihazlar ya da yöntemler kullanılmaya başlanmıştır ve bu sayede yüksek irtifa antrenmanlarının etkisi yaratılmaya çalışılmıştır. Ekipman maliyeti ve ulaşım gibi imkânların kısıtlılığı nedeniyle yükseltiye çıkılarak oluşturulacak hipoksik ortamın sağlanamadığı durumlarda, deniz seviyesinde benzer adaptasyonlar için alternatif ortamlar oluşturulacak cihazlar geliştirilmiştir. Cihazların temel amacı alveoler oksijen seviyesini azaltmaktır. Kullanılan yöntemler ikiye ayrılır; düşük oksijen basınç farklarından yararlanılan ve düşük oksijen yüzdesini taklit eden normobarik ortamlardır. Bu geliştirilen teknolojiler maske, kabin ve oda temelli olarak kullanılmaktadır.

YÜKSEK İRTİFA ANTRENMAN METOTLARI

Geleneksel 'yüksekte yaşa-yüksekte antrenman yap' antrenman yaklaşımı 1968 Mexico City Olimpiyatları'ndan sonra popüler olmuştur. Bu yöntem hemoglobin miktarını arttırmada faydalıdır, ancak kronik yüksek-yükseltiye maruz bırakılma sonrası oluşan yan etkilerden ve devamında ortaya çıkan antrenman şiddetindeki kısıtlılıklardan dolayı performans üzerine etkinliği hala tartışmalıdır.

Oksijen taşıma kapasitesini arttırmak ve kronik yükseltinin olası yan etkilerini en aza indirmek için 'yüksekte yaşa-alçakta antrenman yap' yaklaşımını ortaya atmıştır. Benzer şekilde 'alçakta yaşa - yüksekte antrenman yap' antrenman yaklaşımları da tercih edilmektedir. Bu yöntemlerin hangisinin en etkili olduğu konusunda birbiri ile çelişkili sonuçlar vardır. Genel olarak, 'yüksekte yaşa - yüksekte antrenman yap' ve 'yüksekte yaşa - alçakta antrenman yap' yaklaşımlarına göre 'alçakta yaşa-yüksekte antrenman yap' yaklaşımının dayanıklılık sporcularında deniz seviyesindeki antrenmanlardan daha fazla performans artışı sağlamayacağı fikri kabul görmektedir.