

***ORTA VE YÜKSEK İRTİFADA
EGZERSİZİN ETKİLERİ***

PROF.DR.MİTAT KOZ

Tarihsel gözlemler

- Hipobarik hipoksinin ovada yaşayanlar üzerindeki negatif etkileri uzun süredir bilinir.
- İspanyol istilacıların yüksekte yaşayan Güney Amerika yerlileri karşısında çabuk yorulmaları ve fiziksel performanslarının düşüklüğü gözlemi.

Yüksek İrtifa ve Performans İlişkisi

Ne zaman incelenmeye başlanmıştır

- **Yüksek irtifanın organizma üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalara 1878 yılında başlanılmış ise de,**
- **yüksek irtifa konusu 1968 yılında yapılan Mexico olimpiyatları ile sporda en önemli konulardan biri haline gelmiştir.**

Yükselti-irtifa nedir ?

- **1000 m ve üzerindeki rakımlar yükseklik (yükselti) olarak kabul edilmektedir.**

Yüksek irtifa sınıflama

- near sea level(deniz seviyesi) (0–500 m),
- low altitude(düşük) (500–2000 m),
- moderate altitude (orta) (2000–3000 m),
- high altitude(yüksek) (3000–5500m)
- extreme altitude(çok yüksek) (5500–8848 m).

Fiziksel performans hangi yüksekliklerde etkilenir ?

- 1500 m ve daha yükseklerde fiziksel performans olumsuz etkilenmekte ve yüksekliğin artışına bağlı olarak ta etkilerde artış görülmektedir.
- Çok yüksek irtifada fiziksel performans ve V_{O_2} 'de max %60'dan daha fazla azalma görülmektedir.
- 1500 metreden sonra çıkılan her 300 m'de max V_{O_2} 'de % 3-3.5 azalma görülür.

Performansı etkileyen ortam koşullarının altında yatan temel faktörler ve kavramlar

- Atmosfer basıncı**
- Hemogloblin doygunluğu**

Atmosfer ve Atmosfer Basıncı

- **Atmosfer dünyanın etrafını çepeçevre saran hava ortamı olarak tanımlanır.**
- **Değişik oranlarda gaz, su buharı ve yerçekimi tarafından tutulan partiküllerden oluşur.**
- **Bu gazlardan %71'i hidrojen, %20.9'u oksijenden oluşur.**

- **Atmosfer basıncı, dünya yüzeyine baskı yaratan atmosferik gazların ağırlığının toplamıdır.**
- **Bu kuvvet yerçekimi tarafından moleküllerin dünyaya çekilmesi ile oluşur ve irtifa çıkıldıkça yerçekiminin azalan etkisiyle atmosferik basınçta azalır.**
- **Deniz seviyesinde Dalton yasasına göre; atmosfer basıncı 760 mmhg iken solunan havadaki P_{O2} 149 mmhg'dir.**

- **Solunan havadaki P02 alveollerde 100 mmhg'ye düşerek arteriyel kana geçmekte ve bu şekilde dokulara taşınmaktadır .**
- **Yüksek irtifada ise azalan atmosfer basıncı nedeniyle havadaki O2 oranı, (%20.1) aynı kaldığından dolayı atmosferik P02 ve Alveolar P02'nin azalmasına neden olur .**
- **Örneğin, deniz düzeyinde 149 mmhg olan P02 3048 m yükseklikte 107 mmhg basıncına düşer.**

Hipoksia

- Alveolar P_{O2}'ninde bu etkiye bağılı olarak 60 mmhg gibi bir düzeye inmesi
- düşük alveol ve arteriyel kan P_{O2} 'si nedeniyle, organizmada dokunun yeterince O₂ alamama durumu olarak tanımlanan **hipoksiya** neden olur ve bu da performansın azalması ile sonuçlanır.

Hipoksia (Oksijen Eksikliği)

- Doku yüzeyinde O₂ eksikliği olarak tanımlanır.
- Anoksi ise nadiren oluşan ve dokuda hiç O₂'nin kalmaması durumudur .

Yüksek İrtifanın Etkileri

- Hemoglobinin oksijenle doyumu (saturasyonu) % 98'den %87'ye düşmesi organizmayı anlamlı düzeyde etkilemese de (3048 m 'ye kadar) saturasyonun %65 gibi bir düzeye inmesi ile hipoksianın etkileri belirginleşmeye başlar.**

Hipoksianın organizmaya etkileri nelere bağlıdır ?

- **Hipoksianın organizmaya etkileri**
 - yükseklik düzeyine,
 - yükseliğe çıkış hızına,
 - kalış süresine,
 - ortam sıcaklığına
 - yapılan egzersizlere,
 - kişisel faktörlere göre değişebilir .

Hipoksianın etkileri-1

- **P02'nin 35 mmhg ya düşmesi ile beyin fonksiyonlarında bozulma görülür.**
- **Bu durum 4000 m'den itibaren görülmeye başlar.**
- **Düşük P02 basıncına maruz kalındığında kemoreseptörler yoluyla solunum dakika hacmi arttırılır.**
- **Yani hiperventilasyon oluşur.**

Hipoksianın etkileri-2

- Yükseklikte meydana gelen solunum artışı egzersizdeki gibi değildir.
- Hiperventilasyon sonucu PCO₂'de azalarak solunumsal alkalozu oluşturur ki buda kanın asit-baz dengesini bozar.
- Yükseklikte ayrıca kalp atım hızı ve kalp debisinin artışı ile birlikte dokuya yeterli O₂ sağlanmaya çalışılır.
- Ayrıca bir takım hormonal adaptasyonlarla da (epinefrin, norepinefrin salınımı) dokuya daha fazla O₂ verilmeye çalışılır .

Aklimatizasyon

- Aklimatizasyon yükseliğe uyum sağlanmasıdır.
- Aklimatizasyon 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.

Aklimatizasyon-süre ?

- Yükseltiye uyum sağlanması amacıyla gereken süre birçok araştırmacı tarafından değişik şekillerde açıklanmıştır.
- Genel olarak yükseltiye uyum için kalınan süre bireysel özelliklere bağlıdır.
- Ancak yinede 2300m'ye kadar olan yüksekliklere uyum için 2 hafta ve 2300 m'den sonraki her 610 m için (4500 m yüksekliğe kadar) ek bir hafta süreye ihtiyaç duyulur .

Herkes aklimatize olabilir mi?

- Bazı insanların hiç bir zaman yükseliğe aktimatize olamadıkları ve bunun sonucu olarak ta dağ veya irtifa hastalıkların yakalandıklarında belirtilmektedir .**

Yüksek İrtifaya Kısa Süreli Uyumlar:

- Yüksekliğe (2000 m'ye kadar) çıkılması ile başlayan ilk fizyolojik uyumlar kısa süreli uyumlar olarak adlandırılır.
- Bunlar;
 - Hiperventilasyon
 - Doku kan akımında artış(dinlenirken ve submaksimal egzersizde)

Kısa süreli uyumlar

- P02 'nin azalımı nedeniyle dokuya ihtiyaç duyulan O2 'nin sağlanabilmesi için hiperventilasyonun oluşumu,
- Kalp atım hızının artışıyla dokulara kan akımının artırılmasının sağlanması (istirahatte ve egzersizde).
- Hiperventilasyon sonucu CO2 azalımı ile respiratuar ve metabolik alkaloz oluşmasıdır.
- Kanda PH alkali tarafa kayar .

Hiperventilasyon:

- Yüksek irtifaya çıkış ile ilk bir kaç günde belirgin bir artış varken, yaklaşık bir hafta sonra sabitleşir.
- Hiperventilasyon azalmaya başlasa da normal düzeye dönebilmesi için yıllarca yüksek irtifada kalınmasını gerektirir.

Yükseltiye Uzun Süreli Uyumlar-1

- Yükseltide kalış süresi bir kaç günden daha uzun olduğunda gerçekleşen metabolik ve fizyolojik uyumlar şu şekildedir;
 - Asit baz dengesinin düzenlenmesi
 - Hemoglobin ve kırmızı kan hücresi yapımında artış
 - Lokal dolaşım ve hücre sel fonksiyon değişimleri

Yükseltiye Uzun Süreli Uyumlar-2

- 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.
 - Respiratuar alkalozun oluşumu ile kanın PH dengesi alkali tarafa kayar.
- Yükseltiye uyum sağlanması için böbreklerde alkali maddelerin (HCO₃ bikarbonat) atılımı ile kanın PH dengesi normale döndürülür.

Yükseltiye Uzun Süreli Uyumlar-3

- Hematokrit (kan hücrelerinde) Düzeyinde Meydana Gelen Artışlar:
 - Yükseltiye çıkışla birlikte plazma hacminin azalmasına bağlı olarak kan hücrelerinin sayısı ve hacminde artış görülür.
 - Hipoksiya bağlı olarak uyarılan ve P02 'nin azalışına bağlı olarak böbreklerden salınan Enritropoietin hormonu salınımı eritropoizesize neden olunur.
 - Böylece kırmızı kemik iliğinde kırmızı kan hücrelerinin (eritrosit) yapımı ile birlikte kan hücrelerinde (eritrosit ve hemoglobin) artış görülür.
 - Özellikle ilk 2-3 günde artış görülmeye başlanır ve irtifada kalış süresince artış devam eder .
 - Eritrosit ve Hb (hemoglobin) de meydana gelen artışlarla kanın O2 taşıma kapasitesinin arttırılır.

Yükseltiye Uzun Süreli Uyumlar-4

- Dokuda Meydana Gelen Değişiklikler;
 - Kasın O₂ kullanma düzeyi arttırılır.
 - Bunun için kas dokuda kılcal damar sayısında, mitakondri yoğunluğunda ve kandan dokuya O₂ diffüzyon yeteneğinde meydana gelen artışlarla dokularda daha fazla O₂ 'nin kullanılması sağlanır .
 - Ayrıca yüksek irtifada barometrik basıncın düşmesi ile P_{O2}'nin de düşmesi O₂ saturasyonunu da azaltır.
 - Hemoglobinin oksijene bağlanma eğiliminin azalması ile O₂ ayrışım eğrisinin sağa kayması ile dokuya oksijen daha kolay bırakılmaktadır.

Altta yatan nedenler...

- Hemoglobin konsantrasyonu veya fiziksel çalışma kapasitesi gibi fenotipler ile çalışma.
- Hipoksi ile indüklenebilen faktör 1 (HIF1) geninin keşfi.
- HIF1 40 tan fazla hipoksi ile ilişkili alt genin ana düzenleyicisi.
- Bu genler varyasyon ve adaptasyon üretmek için çok büyük potansiyele sahip oksijene duyarlı düzenleyici bir yol oluşturur.
- Bazı genler bazıları eritropoietin gibi hipoksizde adaptasyonda önemi eskiden beri bilinen proteinleri kodlar.
- Diğer bazıları NO oluşumunu kodlar.

- HIF 1 yolunun gen ekspresyon çalışmaları yeni çalışma denemelerini gündeme getirmiştir.
- Örneğin 4300 m de yaşayan Andlıların HIF1 yada daha alt düzenleyici gen (vasküler endotelial faktör) retimleri deniz seviyesinde yaşayanlardan farklı değildir.
- Bununla birlikte kronik dağ hastalığı olan bireylerde her iki faktörde yüksektir.

Yüksek irtifa hangi tip aktiviteleri etkiler ?

- Yüksek irtifada yarışmalar sırasında hangi tip performans daha çok etkilenir sorusuna cevap verebilmek için 1968 yılında Mexico City olimpiyat oyunlarını incelemek gerekir.
- 2300 m yükseklikte yapılan bu olimpiyatlarda PO₂ azalmasından dolayı 2.5 dakikadan fazla sürede yapılan yarışmalarda hiç bir rekor kırılmamışken, hava yoğunluğunun, barometrik basıncın ve yerçekiminin azlığı sayesinde Bob Boeman 8.90 m gibi yıllar sonra ulaşılabilen bir rekoru kırmıştır .
- Bu durumda yüksekliğin esas olarak sprint yada anaerobik egzersizlerden daha çok aerobik aktiviteleri veya dayanıklılığı etkilemektedir.

Yüksek İrtifa ve Antrenman

- Teorik olarak yüksek irtifada yapılan antrenmanlar deniz seviyesinde yapılanlardan daha hızlı fizyolojik değişimlere neden olur.
- Bunun nedeni ise irtifada hipoksianın organizmayı stres altına sokarak organizmada bir takım fizyolojik uyumlara neden olmasıdır.
- Yükseltide yapılan antrenmanlar sonucu kan hücrelerinde, hemoglobinin ve eritrosit miktarında, mitokondri yoğunluğunda ve kas dokudaki enzimlerin düzeyinde artış meydana gelir .
- Bu artışlarda temelde iki strese bağlıdır; **Antrenman ve yükseltideki hipoksi.**

Yüksek irtifada antrenman hangi düzeydeki sporcularda etkilidir ?

- Üst düzey sporcularda yapılan çalışmalarda yüksek irtifada yapılan antrenmanlardan sonra deniz seviyesine dönüştü, 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 max VO₂ bakımından yükseklik antrenmanları ile sporcularda bir artış elde edilmemesine rağmen, yükseklik antrenmanlarının genel dayanıklılığı arttırdığı kabul edilmekte ve yararlı olabileceğine inanılmaktadır.

Yüksek irtifada antrenman

- Eğer sporcular yüksek irtifada antrene edilmek istenirse şu ilkelere dikkat etmek gerekir:
 - Yükseklik 2000 m - 2500 m arasında olmalı
 - En az 4 hafta kalınmalı,
 - En az 22 saat hipoksiye maruz kalınmalı
 - Deniz seviyesindeki çalışma düzeyine ulaşmak için daha alçak irtifalara inilmeli(1250 m gibi)
 - (yüksek irtifada yaşa-düşük irtifada çalış)
 - Deniz seviyesine dönüş sonrası yarışmalar 2 hafta içinden yapılmalıdır.
- Yükseklik ile kazanılan fizyolojik uyumlar, daha doğrusu yüksek irtifanın yararlı etkileri, deniz düzeyine indikten sonra 2-3 hafta kadar devam etmekte ve daha sonra ortadan kalkmaktadır.