

## SICAK ve SOĞUK ORTAMDA EGZERSİZ (I)

Mehmet ÜNAL\*

İnsanlar, çevre ısısı değiştiği halde vücut iç ısısı sabit olan canlılardır (homoioterm). Vücuttaki derin dokuların ısıları ateşli bir hastalık olmadıkça 37°C'de sabit tutulmaya çalışılır ve gün içinde  $\pm 0,6^\circ\text{C}$ 'lik bir oynama gösterir. Çıplak bir kişi kuru havada 12,5-55°C arasındaki hava sıcaklıklarında vücut iç ısısını sabit tutabilir. Isı kaybını önleyici kıyafetler ile -40°C'de bile vücut iç ısısını sabit tutabilir (1,8,9,11).

Rektal ısı sirkadiyen ritme bağlı olarak en düşük gece 02-06 saatleri arasındadır ve 36,6°C'dir. En yüksek düzeyine akşam üzeri saat 18 civarında ulaşır ve 37,5°C'dir (5,8).

Vücuttaki ısı dengesi ısı oluşumu ve ısı kaybı arasındaki denge ile oluşur. Vücut iç ısısı yükseldiği zaman ısı kaybı mekanizmaları devreye girer ve vücut termolizis ile ısı kaybeder. Vücut iç ısısı düştüğü zaman ise termogenezis mekanizmaları devreye girer ve vücut iç ısısı artırılmaya çalışılır.

$$\text{Isı Dengesi} = \text{ısı oluşumu} - \text{ısı kaybı} \\ (\text{termogenezis}) - (\text{termolizis})$$

**Isı oluşumunu artıran mekanizmalar:**

- metabolizma,
- istemli kas aktivitesi,
- istemsiz kas aktivitesi,
- hormonal etki, (adrenalin, noradrenalin, tiroksin)
- besinlerin spesifik dinamik etkileri,
- postür değişiklikleri,
- çevre ısısı.

**Isı kaybını artıran mekanizmalar:**

- radyasyon,
- konveksiyon,
- kondüksiyon,
- evaporasyon,
- terleme,
- solunum,
- idrar, dışkı,

Bunlardan radyasyon, konveksiyon ve kondüksiyon çift taraflı işleyen mekanizmalar oldukları için sıcak havalarda vücudun ısı kazanmasına da neden olabilirler. En fazla ısı kaybı evaporasyonla olmaktadır. 1ml terin buharlaşabilmesi için 0,580 kcal ihtiyaç olduğu gözönüne alınırsa egzersiz esnasında ısı düzenlenmesi için buharlaşmanın önemi daha iyi anlaşılır (9,11). Vücut ısısı böylesine hassas bir şekilde korunduğuna göre bunu düzenleyen bir sistemin olması gerekmektedir. Termoregülasyon Sistemi adını verdiğimiz bu sistem; merkez, reseptörler ve efektör organlardan oluşmaktadır.

Termoregülasyon sisteminin merkezi anterior hipotalamusta preoptik nükleusta bulunmaktadır.

Termoregülasyon sisteminin reseptörleri; merkezi reseptörler, periferel reseptörler ve vücut derin reseptörleri olmak üzere üç kısmada incelenir.

- **Merkezi reseptörler** anterior hipotalamusta bulunurlar. Anterior hipotalamusta çok sayıda sıcak ve soğuk reseptörleri gösterilmiştir ve bu reseptörler ısıya çok duyarlıdırlar. Kor ısısındaki oynamayı 0,1-0,2°C arasında

sabit tutmaya çalışırlar. Anterior hipotalamusta sıcak-soğuk reseptör oranı 1/3'dir.

- **Periferal reseptörler** deri altında bulunurlar; sıcaklık artışına duyarlı sıcak reseptörleri, soğuğa duyarlı soğuk reseptörleri ve yakıcı sıcak ve dondurucu soğuğa duyarlı ağrı reseptörleri bulunmaktadır.

- **Vücut derin reseptörleri;** Spinal kord, karın içi organlar ve büyük venlerin çeperlerinde bulunur.

#### Termal efektör organlar;

- iskelet kasları,
- arteriollerin çeperindeki düz kaslar,
- ter bezleri,
- endokrin bezlerdir.

Hem merkezi hem de periferik reseptörlerden gelen uyarıların ışığında hipotalamus, kor ısısını sabit tutmaya çalışır.

Merkezi ve periferal reseptörlerden gelen impulslar termoregülasyon merkeziyle olduğu gibi posterior hipotalamus ile nöral olarak ilişki içindedir ve istemsiz olarak ısı üretimine katkıda bulunurlar (esmer yağ dokusu ile).

Ayrıca periferal reseptörlerden kalkan uyarılar serebral kortekse bilgi iletir. Bunun sonucu istemli kas hareketi veya davranışsal olarak ısı regülasyonuna katkıda bulunulur.

Hipotalamusun dikkate aldığı ısı "set point" dediğimiz 37°C'dir (Tset) (8,12,13).

#### Vücut ısısı 37°C'nin altına düştüğünde (6,10,17);

- ısı kaybı azalır:
  - \*deri damarlarında vazokonstriksiyon,
  - \*yüzey alanının azalması (kişi büzülür),
  - \*davranışsal cevap (kalın, koyu renk ve kat kat giyinme),
  - \*piloereksiyon,

- ısı oluşumu artar:

- \*titreme,
- \*istemli kas aktivitesi artar (egzersiz),
- \*tiroksin ve adrenalin salgısı artar,
- \*iştah artar,

#### Vücut ısısı 37°C'nin üzerine çıktığında (13,15);

- ısı kaybı artar:

- \*deri damarlarında vazodilatasyon,
- \*terleme,
- \*davranışsal cevap (ince, açık renk, bol kesimli kıyafet giyme),
- \*solunum artar,

- ısı oluşumu azalır:

- \*istemli kas aktivitesi azalır,
- \* tiroksin ve adrenalin salgısı azalır,
- \*iştah azalır,

Vücutun ısıyı hissetmesi havanın ısısına, nem oranına ve rüzgarın hızına bağlıdır (8,13,14,16).

#### Vücutun ısıyı hissetmesi ;

- \* havanın ısısı (kuru ısı) (dry temperature)(DB),
- \* nisbi nem (nemli ısı) (wet temperature)(WB),
- \* adsorban (globe) ısı (G).

Vücutun hissettiği ısıyı belirtirken (Wet Bulb Globe Temperature(WBGT)) aşağıdaki faktörler göz önüne alınarak hesaplamalar yapılır.

Dış ortamda hissedilen ısı;  
WBGT=(0,7xWB)+(0,2xG)+(0,1xDB)

İç ortamda hissedilen ısı;  
WBGT=(0,7xWB)+(0,3xG)

Bu kriterlere dikkat edilerek hesaplanmış ısıya göre egzersize müsaade edilir ve çeşitli

renklerdeki bayraklar ile egzersiz yapılan alana ikaz işaretleri konulur.

Egzersize müsaade edilme kriterleri:

Bayrak	risk	ısı
kırmızı	yüksek	23-28°C
amber	orta	18-23°C
yeşil	düşük	10-18°C
beyaz	düşük	10°C'nin altı (hipotermi riski mevcuttur.)

\* 31°C'nin üzerinde egzersize izin verilmez (8).

Sıcak ortamda egzersizde çevre ısısı ile deri ısısı arasında ve deri ısısı ile vücut kor ısısı arasındaki ilişki oldukça önemlidir. Maksimal egzersiz esnasında vücut metabolizması 20 kat artar. Isı kaybı mekanizmaları (radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon ve evaporasyon) devreye girmezse vücut iç ısısı, her 5 dak.da 1°C artar. Fakat böyle olmamakta, iki saatten fazla süren koşu esnasında sporcuların ısı düzenleme mekanizması etkin bir şekilde çalışarak iç ısıyı 39-40°C arasında nisbeten sabit tutabilmektedir (2).

Egzersiz esnasında vücuttan başlıca ısı kaybı terleme ve terin buharlaşması ile olmaktadır. 1 gr terin deri yüzeyinden buharlaşması ile 0.580 Kcal kaybedilir. Pugh ve arkadaşları İngiltere'de sıcak bir havada koşan maratoncunun saatte 1800 cc kadar terlediğini ifade etmişlerdir.

Costil ve arkadaşları Amerika maraton seçmelerinde maratoncunun bir koşu esnasında vücut ağırlığından 6.1 kg kaybettiğini ve saatte vücut yüzeyinin m<sup>2</sup> başına 1.09 L terlediğini hesaplamışlardır (2).

Sıcak su içinde yapılan uzun süreli egzersizlerde (sıcak su kaplıcaları gibi), vücuttan evaporasyonla ısı kaybı olamayacağından ve kondüksiyon, konveksiyon yolu ile ısı alımı artacağı için, ısı çarpması riski yüksektir.

Ortamın nisbi nem derecesi ve rüzgarın hızıda ısı kaybında önemlidir. Nisbi nem %10-

20 civarında ise evaporasyonla ısı kaybı yüksek, %80-90 düzeyinde ise ısı kaybı az olur. Costil ve arkadaşları; 31°C de, %85 nisbi nem oranında yarışı bitirememiş bir maratoncuda rektal ısıyı 41.3°C olarak ölçmüştür. Pugh ve arkadaşları 23°C ısı ve yüksek rutubetin bulunduğu bir ortamda koşan maratoncularda rektal ısıyı 40.9°C olarak tespit etmişlerdir (1).

Sıcak ortamda uzun süren egzersizlerde vücut ısı kazanır ve iş performansı azalır. Nielsen ve arkadaşları 5°C ile 36°C arasındaki değişik ısılardaki ortamlarda yapılan 900 kpm/dak. bisiklet egzersizinde deri ısılarında değişiklik olsa bile rektal ısıların değişmediğini göstermiştir. Ortam ısısı 28°C iken kişi kendini rahat hissetmektedir. Isı 28°C'nin altına düştüğünde deri ısısı 33°C'ye düşmekte, kor ısısı ise hala 37°C'de korunmaktadır (5).

İş yükünün artması rektal ısıyı artırır. Soğuk ortamda yapılan egzersizlerde bile rektal ısı artışı görülür. Vücut ısısını rektal ısı ile takip ederek tehlikeli boyut alıp almadığı kontrol edilmelidir.

Serin ortamda yapılan egzersizlerde bile rektal ısının maratoncularda 40,9°C'ye kadar yükseldiği görülmüştür.

Wyndham ve Strydom'a göre vücut ısındaki artış metabolizma artışının yanında vücut ağırlığı ile de ilgilidir. Aynı yoğunlukta egzersiz yapan iki kişiden vücut ağırlığı fazla olanda rektal ısının daha fazla yükseldiği gösterilmiştir (7).

Egzersiz esnasında daha çok karaciğer ve iskelet kasları tarafından üretilmiş olan ısı dolaşım sistemi tarafından kanla deriye getirilir. Burada deri arterielleri vazodilatasyon yaparak ısının çevreye verilmesini sağlarlar. Deri arteriellerinin vazodilatasyon yapması ile deriye gelen kan miktarı 10 kat artabilir. Deri-deri altında soğutulmuş olan kan tekrar sıcak kor bölgesine döner ve iç ısıdaki yükselmeyi engeller. Bu sirkülasyon böyle devam ederek kor ısısı 37°C'de tutulmaya çalışılır.

şılır. Termal gradyent dediğimiz kor ısısı ile deri ısısı arasındaki ısı farkı maksimal egzersiz esnasında artar (7).

Endokrin organlar kısa ve uzun dönem ısı düzenlenmesinde etkilidirler. Böbreküstü bezi tarafından salgılanan Adrenalin ve Noradrenalin (Kimyasal, nonshivering ısı düzenlenmesinde etkilidir.) ile troid bezinden salgılanan Tiroksin hormonları ısı düzenlenmesine katkıda bulunurlar.

Sıcak ve nemli ortamda yapılan egzersizlerde ısı kaybı evaporasyonla fazla olmaz ve ter bezleri ile dolaşım sistemine daha fazla iş düşer. Soğuk ortama göre sıcak ortamda yapılan aynı yoğunluktaki egzersizlerde kalp hızı daha fazladır ve terleme ile daha fazla sıvı kaybedilir.

Sıcak ortamda egzersiz esnasında vücutta meydana gelen değişiklikleri Mark Leski şu cümle ile özetlemiştir (13).

#### "Heat Stress Can Speed The Pulse By Skin"

Heat: Heart rate increases,

Stress: Stroke volume increases,

Can: Cardiac output increases,

Speed: Skin blood vessels dilate

The: Total periferal resistance decreases,

Pulse: Pulse pressure widens,

By: Blood is shunted from viseral organs to skin,

Skin: Sweat glands are stimulated

Yani sıcak ortamda egzersiz esnasında; kalp hızı artar, atım volümü artar, kalp dakika atım hacmi artar. Deri damarlarında vazodilatasyon oluşur. Bunun sonucu deri ve deri altı bölgesinde kan göllenir. Periferik damar direnci düşer ve diastolik basınç düşer. Vise-ral organlardan ve kastan kanın deri-derialtı bölgesine kayması ve ter bezlerinden sıvı kaybı sonucu hipovolemi görülebilir. Kardiyak out-puttan pay alma konusunda çalışan kaslar ile deri dolaşımı arasında bir yarışma vardır. İstirahat esnasındaki kalp atım hac-

minin %10-15'i kaslara giderken, maksimal egzersiz esnasında %80'lik bir kısmı kaslara gitmeye başlar. Kalp atım hacminin maksimal egzersiz esnasında 5 kat arttığı düşünülürse kaslara giden kan miktarının önemi daha iyi anlaşılır. Egzersizin ilerleyen dakikalarında kas içinde artan ısı oluşumunu kompanse etmek için deri damarlarında vazodilatasyon gelişir. Deride bir miktar kan ısı kaybı için havuz şeklinde göllenir. Bu da kalbe dönen venöz kanı azaltarak sol ventrikül diastol sonu basıncını ve kalp atım volümünü azaltır. Kalp atım volümündeki azalmayı kalp hızını artırarak kompanse etmeye çalışır. Terle sıvı kaybı da göz önüne alındığında sporcuda dikkat edilmezse kollaps gelişebilir.

Sıcak ortamda yapılan yoğun ve uzun süreli egzersizlerde dehidratasyona dikkat edilmelidir. Vücuttaki %1-3'lük kilo kayıplarını vücut fizyolojik mekanizmalarla kompanse edebilir. Bunun üzerindeki kayıplarda dehidratasyon gelişir. Egzersiz öncesi veya egzersiz esnasında alkol alımı dehidratasyon riskini artırır. Sıvı ve mineral kaybı yerine konulmazsa rektal ısı yükselir ve iş performansı düşer. İleri düzeylerde ısı yaralanmaları görülür.

#### Dehidratasyonda (1,8);

- \* kan volümü azalır,
- \* kalp doluş basıncı azalır,
- \* kalp hızı artar,
- \* deri kan akımı azalır,
- \* terleme azalır veya durur,
- \* kor ısısı yükselir,

Egzersiz esnasında sıvı alımı ile vücut iç ısısındaki artış azaltılabilir. Bunun için bir çalışma yapılmış, iki grup alınmış; 1. gruba treadmill üzerinde koşu yaparken 2 saat süresince her 5 dakikada bir 100 cc su verilmiş. Total su alımı 2 litre. 45 dak sonra rektal ısı artışının durduğu görülmüştür. 2. gruba treadmill üzerinde koşu yaparken 2 saat süresince

hiç su verilmemiş, 45 dak. sonra rektal ısı artışının hala devam ettiği görülmüştür (8).

Rektal ısı artışına sıvı replasmanının etkisi bir çalışma ile gösterilmiştir (8). Egzersiz esnasında kaybedilen sıvının tamamı egzersiz süresince yerine konulduğunda rektal ısı artışı minimal düzeyde kalmış, sporcuların susama isteğine göre sıvı verildiğinde rektal ısıda bir miktar artış görülmüş, egzersiz süresince hiç sıvı verilmeyen sporcularda rektal ısı artışı ileri düzeylere gelmiştir.

Sıcak ortamda yapılan egzersizlerde enerji daha çok anaerobik glikoliz yolu ile elde edilir. Bu da laktik asit birikiminin daha erken ve daha fazla olmasına neden olur. Glikojen depoları erken boşalır. Erken yorgunluk görülür.

Sıcak ortamda yapılan egzersizlerde deri-deri altı bölgesine kanın göllenmesi düşük ve orta düzeydeki egzersizlerde bir problem oluşturmaz. Fakat uzun süren egzersizlerde vücutta kan dağılımı ve terle sıvı kaybı sonucu ciddi ısı yaralanmaları riski oluşturur.

#### KAYNAKLAR

1. Akgün N: Çevresel Faktörler, Egzersiz ve Spor Fizyolojisi, (1994) Bornova s: 95-114.
2. Akgün N: Maraton fizyolojisi, Egzersiz ve Spor Fizyolojisi, (1994) Bornova s: 123-143.

3. Akgün N: Su altı sporlarının fizyolojisi ve tıbbi yönleri, Egzersiz ve Spor Fizyolojisi, (1994) Bornova s: 163-176.
4. Akgün N: Yüzme Fizyolojisi, Egzersiz ve Spor Fizyolojisi, (1994) Bornova s: 145-160.
5. Astrand PO, Rodahl Kaare: Temperatüre Regulation, Textbook of Work Physiology
6. Blue BA: Safe exercise in the cold and cold injuries, 2. ed. Mellion B.M. Sports Medicine Secrets, (1999) Philadelphia, page;87-91.
7. Cobb HC, Henderson MJ: Heat İnjuries, 2. ed. Mellion BM Sports Medicine Secrets, (1999) Philadelphia, page; 83-87.
8. Foss ML, Keteyian SJ: Fox's physiological basis for exercise and sport, Baston (1998), chapter 19.
9. Ganong WF: Medical Physiology, Çev; Doğu A.: İstanbul (1995), chapter 14.
10. Gersoff WK: Exercise in the cold and cold injuries, Moriarity J, Exercise in the heat and heat injuries, Ed. Safran RM, Mc Keag BD, Von Camp PS Manua-el of Sport Medicine, Philadelphia (1998), page: 105-110.
11. Guyton AC, Hall JE: Textbook of medical physiology, çev; Çavuşoğlu H., İstanbul (1996), chapter 73.
12. İnternational Olympic Committee, IOC Medical Commission, Environmental Factors, Sport Medicine Manual, (1990), Lusanne, page 423-452.
13. Leski JM: Thermoregulation and safe exercise in the heat, 2. ed. Mellion BM Sports Medicine Secrets, (1999), Philadelphia, page;77-83.
14. McArdle DW, Katch IF, Katch VL: Thermoregulation and environmental stress during exercise, Essentials of exercise physiology, part 2, Philadelphia (1994), p 428-438.
15. Moriarity J: Exercise in the heat and heat injuries, Ed. Safran R.M., Mc Keag BD, Von Camp PS: Manua-el of Sport Medicine, (1998) Philadelphia, page;95-106.
16. Raven BP Thermoregulation, Ed. Safran RM, Mc Keag BD, Von Camp PS: Manua-el of Sport Medicine, (1998), Philadelphia, page; 91-95.
17. Roberts WO: Cold-Related injury in athletes and active people, Principles and practice of primery care sports medicine, Ed. By Carrett WE, Kirkandall DT, Squire D.: (2001), philadelphia, chapter 28.