



T.C.
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İş Güvenliği Anabilim Dalı

ERGONOMİ

Doç.Dr.Cahit GÜRER

Konu 4.1: Çalışan İnsanın Enerji Gereksinimi

Afyonkarahisar
12.08.2022

Ders İçeriği

- Giriş
- **Enerji Tüketimi ve Ölçümleri**
- Beslenme Rejimi
- **Sürekli Performans Sınırı- SPS**
- Enerji Çevriminde Oksijenin Ölçülmesi
- **Kalp Atış Frekansının Zorlanma İle İlişkisi**
- Kalp Atış Frekansı ve DİNAMİK ZORLANMA
- **Kalp Atış Frekansı ve STATİK İŞ**
- Psikolojik Nedenlerle Kalp Atış Frekansındaki Değişim
- **Klimatik Koşullar ve Kalp Atış Frekansı - KAF**

Amaç

İşe göre enerji tüketimi arasındaki çeşitli ilişkilerin anlaşılmasıdır.

Beklenen Soru Sayısı: 1

3

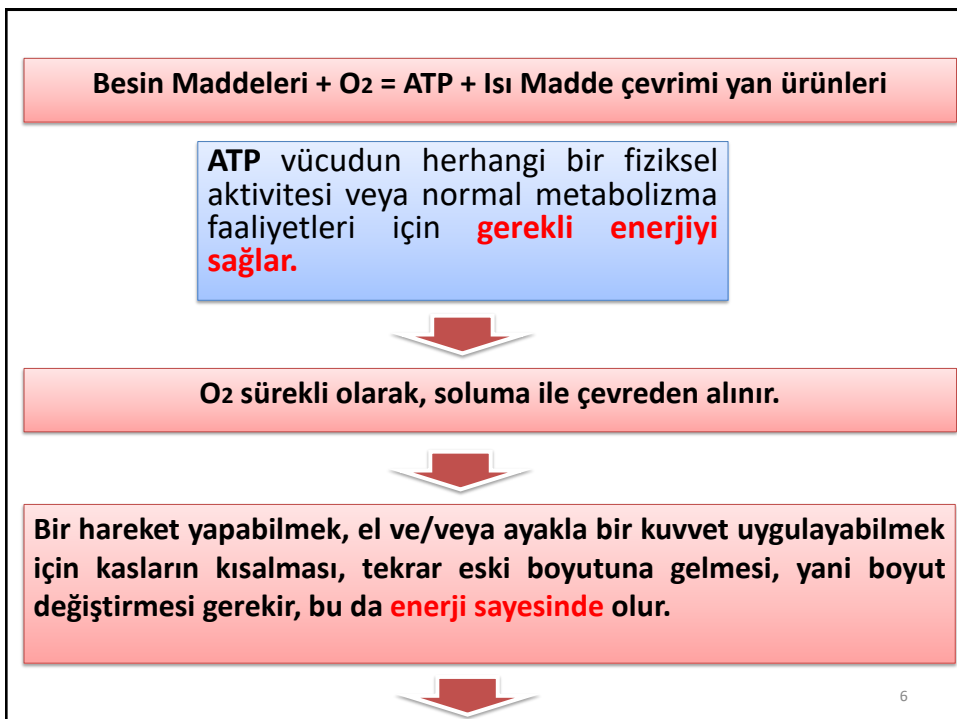
GİRİŞ

- insan organizması sistem tekniği açısından **"açık sistem"**dir, çevresiyle sürekli bir madde ve enerji alış veriş i içerisindedir.
- **Besinlerle aldığımız enerji, işe ve ısıya dönüşür,** alınan besin miktarı ve harcanan enerjiye göre de vücudun **enerji rezervleri, yağlar ve glikojenler artar veya azalır.**
- Endokrin sistemin yardımıyla organizmamız kendisinden beklenen işin ağırlık derecesine göre **madde çevrimi işlevini dengede tutmaya** çalışır.

4



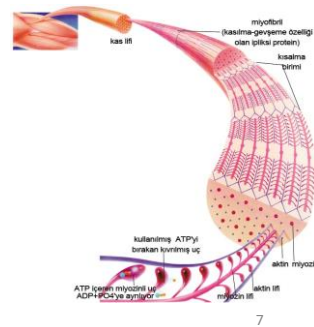
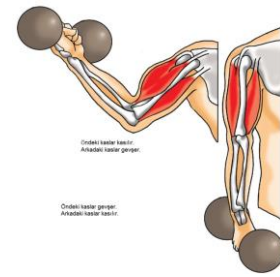
5



6

Kas hareketinin başlangıcında gerekli enerji anaerob **(henüz ek oksijen alınmadan)** hazır olmalıdır, **çünkü kan dolaşımı, hemen kasın hareketi başlar başlamaz kasın ihtiyacını karşılayacak düzeye ulaşamaz, kasın artan ihtiyacını karşılayabilmesi için bir zamana ihtiyacı vardır.**

Kaslar enerji yönünden zengin fosfatların çevrimi sayesinde, **kısa süre oksijensiz de çalışabilir (anaerobik çalışma), ancak bu, maksimum 6-8 sn 'dir.**



Anaerobik enerji rezervleri kaslarda ATP, kreatinfosfat ve glikojen depolarından sağlanır.

- Kasların kısılabilmesi, dolayısıyla bir kuvvet uygulayabilmesi için gerekli enerjiyi kas, **enerji yönünden zengin fosfat bileşenlerinin, enerji yönünden zayıf fosfat bileşenlerine dönüştüğü kimyasal reaksiyon** sonucunda kazanır.
- İnsan organizmasında en çok bulunan enerji kaynağı **ATP'dir.**

ATP, adenosindifosfata (ADP) dönüşürken önemli miktarda enerji açığa çıkar.

- ATP sadece kaslarda değil, hemen her dokuda ani gereksinim duyulacak enerji deposu olarak mevcuttur.

Bir diğer enerji kaynağı **kreatin fosfat**'dır.

- **Kreatin ve fosfat** bileşenlerine ayrışırken azımsanmayacak miktarda enerji açığa çıkar.
- Enerji açısından fakirleşmiş fosfat bileşenleri kaslarda sürekli olarak kendilerini yeniler ve enerji zengini hale gelirler, **böylelikle enerji depoları sürekli dolu olur.**
- Bu yenilenme olayı için **glikoz (şeker), yağ ve protein** açısından vücut yeterince beslenmelidir.

9

- Çok fazla enerji harcadığında enerji açığını kapatan en önemli kaynak **glikoz dur.**

- Yağ (**yağ asitleri**) ve protein (**amino asitler**) genelde **vücudun dinlenme aşamalarında veya ağır iş görmediği zamanlarda** etkindirler.

- **Glikoz, yağ ve protein**, kas kısılması olayının dolaylı enerji kaynaklarıdır.

- Glikoz kan dolaşımı sayesinde hücrelere ulaşır, burada çeşitli reaksiyonlara uğrar ve pirüvik asite (**CH₃-CO-COOH**) indirgenerek oksijen mevcutsa **aerob glikoliz**, oksijen yoksa **anaerob glikolize** dönüşür.

10

- Eğer oksijen mevcut ise pirüvik asit oksijeni kullanır, son ürünü olan su ve karbon asitine dönüşüncüye kadar enerji açığa çıkarır, **önemli miktarda ATP oluşturur.**



- Oksijen yoksa pirüvik asitin normal dönüşümü gerçekleşmez, **laktik aside** indirgenir.

Madde dönüşümünün bir nevi, atık maddesi olan **laktik asit** kas yorgunluğunda önemli rol oynar.



11

Nefes Nefese Kalmak

Çok ağır bir işten dolayı «nefes nefese kalmak» deyimini çok kullanılır.

ORGANİZMADA OLUŞAN O₂ EKSİKLİĞİNİ GİDERMEK, ORGANİZMAYA OLAN O₂ BORCUNU ÖDEMEK İÇİN KULLANILAN BİR TERİMDİR.



12

Enerji oluşturmak için önemli olan glikoz ve O₂ kaslarda sınırlı miktarda mevcuttur, kan dolaşımı ile kasa sürekli olarak gönderilmeleri gerekir.

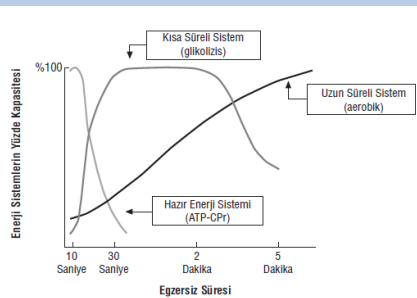
- Bunun sonucunda iş yaparken, enerji gereksinimi artacağından **kasların temiz kan isteği de artacak**, kalp daha çok kan pompalamak durumunda kalacaktır.
- Kasların artan temiz kan ihtiyacını karşılamak için sadece kalbin pompalama gücünün artması yetmez,**
 - kasa giden kan damarları genişler,
 - kan basıncı da artar,

böylelikle kasın kan gereksinimi de karşılanmış olur.

13

Özet Olarak:

Çalışma sırasında iskelet kaslarının kontraksiyonu için gerekli olan ATP miktarı **üç ayrı enerji transfer sistemiyle sağlanır.**



1. Hazır enerji: ATP-PCR sistemi

2. Kısa süreli enerji: Glikolitik enerji sistemi-Anaerobik E.S.

3. Uzun süreli enerji: Aerobik enerji sistemi

Hızlı enerji sistemi, saniyeler içindeki çok hızlı ve yüksek yoğunluklu kısa süreli aktiviteler için kullanılmaktadır.

Kısa süreli yoğun egzersizin devamı için yüksek enerjili fosfatın (ATP) yeniden sentezlenmesi gerekir. Adenozin difosfatın (ADP) fosforilize edilmesi, kas dokusundaki glikojenin, piruvik asitten laktik asite kadar yıkılmasını sağlayan **anaerobik glikolizis** yolu ile yapılır.

Çalışmanın süresi 1-3 dakikanın üzerine çıktığında ve dakikalarca ya da saatlerce devam ettiğinde (**uzun süreli Aktivite = dayanıklılık**) genel olarak transfer edilen enerji sistemi **aerobik enerji sistemi**dir.

14

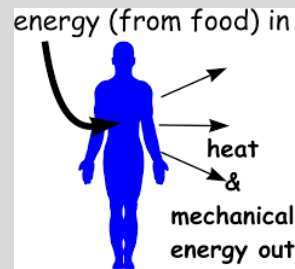
Dolayısıyla besinlerden alınan enerjinin;

- Bir kısmı ile iş yapılır,
 - Bir kısmı ısıya dönüşür,
 - Geri kalanı enerji zengini yeni kimyasal bileşen oluşturur.
- İş yaparken, kasın kısalması, eski haline dönmesi esnasında iş için **harcanan** enerjiyle doğru orantılı olarak, **çok daha fazla miktarda enerji ısıya dönüşür.**
 - İş sonrası dinlenirken işin ağırlığına da bağlı olarak aşağı yukarı **30 dakika süresince de iş yaparmış gibi aynı oranda enerji ısıya dönüşür.**

15

Enerji Gereksinimi ₁

- Yaşamımızın temel faktörü olan enerjinin tamamına yakını aldığımız besinlerden çok azını da çevrenin ısı etkisinden elde ederiz.
- Çocukluk ve gençlik, büyüme aşaması veya hastalık sonrası iyileşme dönemi gibi özel dönemlerin dışında **enerji bilançosu** dengeli olmalıdır.

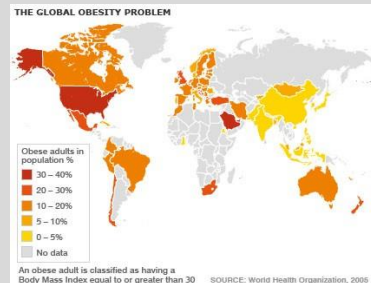
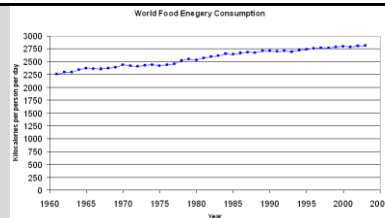


Alınan enerjinin harcanana göre azlığı veya çokluğu, **zayıflık** veya **şişmanlığa** neden olur

16

Enerji Gereksinimi 2

- Ekonomileri gelişmiş zengin ülkelerde, yağ ve şekerin normal ihtiyacın % 100, proteinin ise %30-40 kadar fazlasının alındığı, dolayısıyla çok fazla kişinin aşırı şişman olduğu gözlemlenmektedir.
- Bu ülkelerdeki bir başka sağlıksız gelişme de alkol tüketimidir. Örneğin Almanya'da kadınlar enerji ihtiyaçlarının % 11.4 ünü (1010 kJ/gün), erkekler ise % 19,6 (2050 kJ/gün)'sına yetecek kadarını alkollü içeceklerden sağlamaktadır.



İnsanın İdeal Ağırlığı

$$\text{İdeal Ağırlık (kg)} = \text{Boy (cm)} - 100$$

Broca, 1868

140 yıl öncesinde yapılan bu öneri, insanların işlerinde o günden bu yana artık çok daha az bedensel zorlandıkları dikkate alındığında, bugün için sağlıklı bir öneri değildir !

17

Enerji Gereksinimi 3

Bugün kişilerin ideal ağırlığını belirlemek için;

KADINLAR için: Boyunuzun ilk 1.5 metresi için 45 kilo, sonraki her 2.5 cm için 2.2 kilo ekleyiniz. **Örnek olarak;** boyunuz 160 cm ise, ideal kilonuz $45 + 8.8 = 53.8$ kilogram olacaktır.

ERKEKLER için: Boyunuzun ilk 1.5 metresi için 48 kilo, sonraki her 2.5 cm için 2.7 kilo ekleyiniz. **Örnek olarak** boyunuz 180 cm ise, ideal kilonuz $48 + 32.4 = 80.4$ kilogram olacaktır.

18

İnsanın 24 saatlik enerji çevrimi üç farklı çevrimden oluşur:

1. TEMEL ÇEVİRİM

Nötr bir iklimatik ortamda (Sıcaklık 22-25 °C), (Göreceli nem oranı % 50-60, rüzgar hızı <0,1 m/s) hareket etmeksizin yatan bir kişinin bir günde harcadığı enerji olarak tanımlanır.

2. SERBEST ZAMAN ÇEVİRİMİ

Hiçbir iş yapılmasa bile temel çevrimde hesaplanan enerji yeterli değildir.

Meslek gereği yapılan işin dışındaki, günlük faaliyetler için harcanan enerji **serbest zaman enerjisi** olarak tanımlanır.

Pasif bir yaşam süren kişilerde **800-1200kJ/gün**, hesaplanan bu enerji kişisel aktivite derecesine göre **günlük 2500kJ ve biraz daha üstü de olabilir.**

3.İŞ ÇEVİRİMİ

Günlük yaşamımızda yaptığımız işin ağırlığına göre **temel çevrim ve serbest zaman çevriminin ötesinde de enerji harcarız.**

Bu çevrim iş çevrimidir.

19

Temel Çevrimde Harcanan Enerjinin Organlara Göre Dağılımı

Organlar	Harcanan Enerji Dağılımı
İskelet Kaslarında	%26
Karaciğerde	%26
Beyinde	%18
Kalpde	%9
Böbreklerde	%7
Diğer Organlarda	%14

- Temel enerji çevrimi kişi bebeklikten yetişkinliğe doğru ilerledikçe artar ve **yirmi yaş civarında günlük temel çevrim ortalama 7500 kJ ile maksimum değere ulaşır** ve yaşla birlikte tekrar azalmaya başlar.
- Kişilerin temel enerji çevrimi birbirlerinden çok farklıdır.
- Psikolojik bir stres bile **çevrim miktarını etkileyebilmektedir.**

20

Harris ve Benedikt (**Schmidke'de**) tarafından önerilen ve sağlıklı kişilerle yapılan ölçümlere dayanılarak elde edilen ampirik bir denklemle **Temel Çevrim Enerjisinin kişisel yaklaşık değeri** elde edilir.

ERKEKLER: $T\dot{C}=280+21B+58M-28Y$ kJ/24 sa

Kaba Ortalama değer olarak erkeklerde= 7100 kJ/gün'dür.

KADINLAR: $T\dot{C}=2750+8B+40M-20Y$ kJ/24 sa

Kaba Ortalama değer olarak kadınlarda= 6300 kJ/gün'dür.

B:BOY (cm)

M:Ağırlık (kg)

Y:Yaş (yıl)

21

30 yaşında erkeklerde ağırlık ve boya göre temel çevrim TC (kJ/gün)

Ağırlık (kg)	50	60	70	80	90
Boy(cm)150	5468	6048	6623	7203	7778
160	5678	6258	6833	7413	7988
170	5888	6468	7043	7623	8198
180	6098	6678	7253	7833	8408
190	6308	6888	7463	8043	8618

30 yaşındaki kadınlarda ağırlık ve boya göre temel çevrim TÇ (kJ/gün)

Ağırlık (kg)	50	60	70	80	90
Boy(cm)150	5334	5737	6140	6539	6943
160	5410	5813	6216	6615	7018
170	5489	5893	6296	6695	7098
180	5569	5972	6376	6775	7178

Kaba bir ortalama değer olarak temel çevrim erkeklerde 7100 kJ/gün; Kadınlarda 6300 kJ/gün'dür.

Erkeklerde yaş 30'dan büyük ise yaş başına 29 kJ çıkartılır, 30 dan küçük ise yaş başına 29 kJ eklenir. Kadınlarda bu değer 21 kJ 'dür.

22

- Aynı kişide **bir gün içinde yapılan temel çevrimi ölçmek için** en dikkatli ve hassas yöntemlerle yapılan deneylerde bile ortalama değerlerde % 3'lük bir standart sapma, **farklı günlerde yapılan deneylerde ise erkeklerde %3.5 kadınlarda %4.7 standart sapma görülmüştür.**
- Ancak **denklemlerle elde edilen temel çevrim değeri ve ölçülen çevrim değeri** arasında fark varsa bunun nedeni **patolojik sorundan** kaynaklanabilir.

Temel Çevrimin Normal değerden sapma oranı (%)	Patolojik sebep olasılığı (%)
2	4
4	17
6	33
8	51
10	67
12	82
14	95
16	97
18	98
20	99

K: Babalık, F.

23

Temel çevrim ve serbest zaman çevriminin toplamını alınan oksijen üzerinden de yaklaşık olarak hesaplamak mümkündür.

- İnsanın oksijen gereksinimi kütlesine bağlıdır, bedensel bir iş yapmazken, **1 kg kütle için dakikada yaklaşık 0,004 lt oksijene ihtiyacı vardır.**
- Ortalama 70 kg kütlesindeki kişi olarak dakikada 0,28 litre oksijen alır, **bir günde alınan oksijen 403 lt'dir.**
- Bu hesaba göre 403 litre oksijenin yaktığı besinin vereceği enerji 8200 kJ'dur ki bu değer, **temel çevrim ve serbest zaman çevrimi toplamı ile uyum içerisindedir.**

24

Harcanan Enerji Açısından İşin sınıflandırılması

İşin Türü	Örnek
Hafif el işi	İşin hemen tamamında sadece elin çalıştığı ve küçük kütlelerin hareket ettirildiği işler. (Yazı yazmak, örgü örmek)
Ağır el işi	Yine işin tamamında el çalışır, ancak hareket ettirilen kütle, uygulanan kuvvet daha büyüktür veya statik işin payı büyüktür. (Penseyle tel işi)
Hafif kol işi	İşe kol da katılır, kütle veya kuvvet küçüktür. (Büyük bir masayı temizlemek, küçük parçaların ön montajını yapmak)
Ağır kol işi	Yukarıdaki gibi, kütle veya kuvvet daha büyük. (Çivi çakmak, cıvata sıkamak, kamyon şoförlüğü)
Hafif beden işi	Kolla yapılan işe bedenin de katılması. (Eğre ile parçaya şekil vermek, kirli yüzeyi zımparalamak, hızlı piyano çalmak)
Orta ağır beden işi	Bedenin kol işine daha fazla katılması. Testere ile ahşap kesmek, kirlenmiş mutfak döşemesini temizlemek
Ağır beden işi	Büyük kas gruplarının katılması gereken işler. (Arabaya kürekle çakıl doldurmak, bahçede, tarlada toprağı kazmak, ağır yükleri taşımak)
Çok ağır beden işi	Ara vermeden, molasız çok kısa süre yapılabilen işler. (Zorunlu olmadıkça iş yerlerinde olmaması gereken ağırlıktaki işler: 100 kilo kütledeki torbaları taşımak, yokuşta ağır yük taşımak.)

25

Erkek ve Kadın Çalışanlarda İş Ağırlığına Göre İşte Harcanan Enerji

İşin Ağırlığı	Erkek Çalışanlar (kJ)	Kadın Çalışanlar (kJ)
Çok Hafif İş	< 2100	<1600
Hafif İş	2100-4200	1600-3200
Orta Ağır İş	4200-6300	3200-4800
Ağır İş	6300-8400	4800-6400
Çok Ağır İş	8400-10500	6400-8000

- Yapılan işe göre O₂ ihtiyacı, dinlenme halindeki işçinin 1 dk'da kg başına 0.004 lt O₂ değerinin çok üstüne **(15-20 katı)** çıkabilir.
- İş çevrimi işin ağırlığına göre, 8 saatlik vardiyada, erkeklerde **10000 kJoul**, kadınlarda **8000 kJoul'a** ulaşabilir.

26

İş yerinde yapılan
işin analizi yapılarak,
Her bir faaliyet
(oturma, yürüme,
Yük taşıma, kaynak
Yapma, cıvata sıkma) için
Bu faaliyetin süresi tespit
edilir.

Bu faaliyetlerde
harcanan enerji tablolar
yardımıyla bulunur.

Tablolar deneyimlere
Dayanan ortalama değerlerdir.
Kişiden kişiye değişiklik
gösterebilir.

Çalışma Türü	Harcanan enerji Joule/saniye	Çalışma Türü	Harcanan enerji Joule/saniye
Oturma	21,7	Merdiven çıkma	
Diz çökme	35	Basamak 17,2 x 29 cm	581,8
Tam eğilme	35	Yavaş(60 basamak/dk)	840,2
Ayakta durma	41,7	Orta (90 basamak/dak)	1203,6
Eğik ayakta duruş	56,7	Hızlı(120 basamak/dak)	
Düz yolda yürüme		Merdivenden inme	
Yavaş 2 km/saat	118,3	Basamak 17,2 x 29 cm	210,0
Orta hız 4 km/saat	216,7	Yavaş(60 basamak/dk)	216,7
Hızlı 6 km/saat	371,7	Orta (90 basamak/dak)	273,4
Yarı eğik yürüme		Hızlı(120 basamak/dak)	
4 km/saat hız	336,7		
İki bölümlü yürüme			
4 km/saat	980,2		
Yerde sürünme			
4 km/saat	1253,6		
Düz yolda koşma		Yükü merdiven çıkma	
4 km/saat	700,1	100 basamak/dak	
12 km/saat	798,5	Yük 0 kg	958,5
15 km/saat	916,8	10 kg	1141,9
20 km/saat	1610,3	30 kg	1441,9
		50 kg	1842,0
5° eğimli yokuş çıkma		Yük kaldırma (dakikada 10	
Yavaş 1 km/saat	168,4	defa)	
Orta hız 3 km/saat	273,4	0cm 'den 100cm'ye	
Hızlı 5 km/saat	546,8	Yük 10 kg	398,4
15° eğimli yokuş çıkma		Yük 20 kg	573,4
Yavaş 1 km/saat	258,4	Yük 30 kg	840,2
Orta hız 3 km/saat	623,4	0cm 'den 150cm'ye	
Yokuş aşağı yürüme		Yük 10 kg	483,4
(5 km/saat hız)		Yük 20 kg	798,8
Eğim 5°	153,4	Yük 30 kg	1324,4
Eğim 15°	133,4	50cm 'den 150cm'ye	
Eğim 25°	231,7	Yük 10 kg	266,7
		Yük 20 kg	461,8
		Yük 30 kg	840,2
Yükü yürüme		Seyyar merdiven	
Düz yol: 4 km/saat		Basamak: 17 cm	
Yük 10 kg	251,7	70 basamak/dak	
30 kg	371,7	Eğim 50°	
50 kg	566,8	Yük 0 kg	461,8
Eğimli yol: 2,5 km/saat		Yük 10 kg	518,4
Eğim 10°		Yük 30 kg	678,5
Yük 0 kg	343,4	Yük 50 kg	923,5
10 kg	363,4	Eğim 70°	
30 kg	643,5	Yük 0 kg	560,1
50 kg	581,8	Yük 10 kg	630,1
Eğim 15°		Yük 30 kg	826,8
Yük 0 kg	630,1	Yük 50 kg	1120,2
10 kg	853,5	Eğim 90°	
30 kg	1120,2	Yük 0 kg	713,5
50 kg	931,8	Yük 10 kg	833,5
Eğim 25°		Yük 30 kg	1148,6
Yük 0 kg	1028,5	Yük 50 kg	1702,0
10 kg	1400,3		
30 kg	1897		
50 kg			



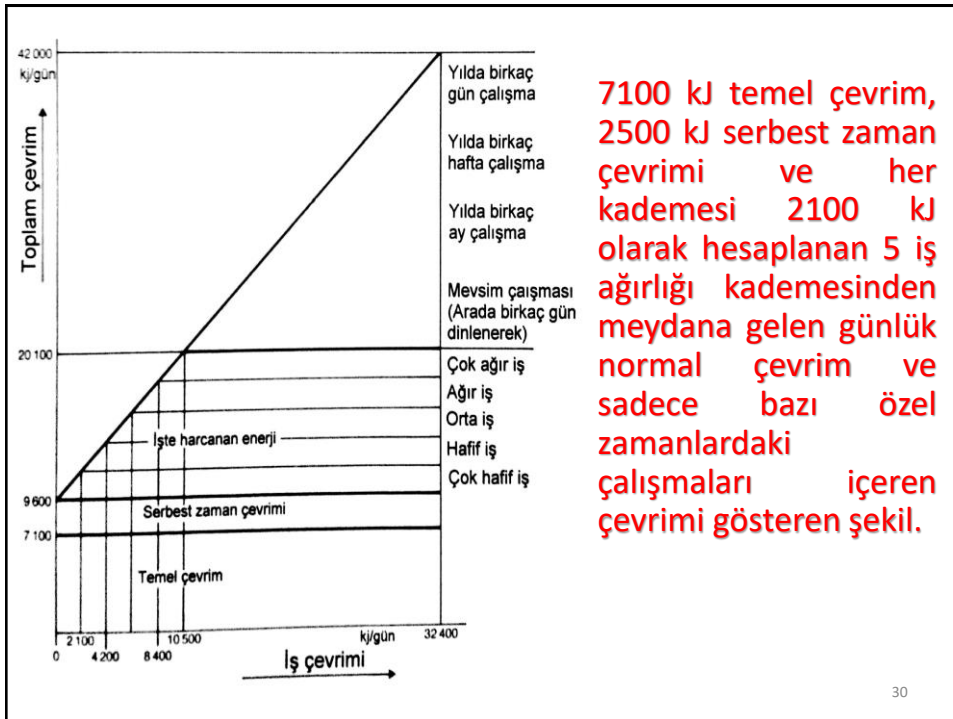
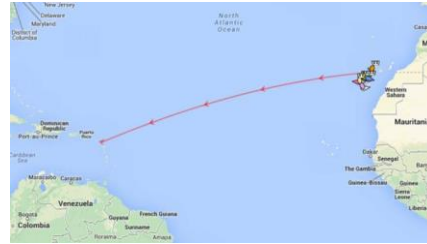
Manş'ı geçmek için
4 yıl boyunca 3 saat
gündüz 3 saat
akşam günde 12
km antreman
yaptım.



- Çok ağır iş gören kişinin günlük toplam enerji çevrimi yuvarlak olarak 20.000 Kjoula çıkmaktadır.
- Sürekli olarak 20.000 kJ'dan daha fazla bir enerji çevrimi gerçekleştirmek ideal çevre şartlarında bile, sıradan bir kişi için mümkün değildir.
- Araya dinlenme günleri koymak gerekir.
- Bir kaç hafta için 30.000 kJ enerji çevrimi, belirli bir zaman diliminde yapılması gereken işlerde, örneğin tarımda hasat mevsiminde, mümkün olabilir.
- Maraton koşmak veya Manş denizini geçmek gibi yüksek enerji isteyen spor faaliyetlerinde, böyle bir performans için aylarca hatta yıllarca hazırlanmış bir kişi bir kaç gün için bu sınırın da üstüne. Belki 50.000 kJ toplam enerji çevrimi değerine çıkılabilir.



- Under the name Yorkshire Rows, they prepared for three years, acquiring their boat, training on the river Ouse and at sea, and assembling their equipment and supplies.
- «The waves were growing and the current grew stronger, and rose was being pulled along in it. Time and again we tried to row, and time and again the oars were being wrenched out of our hands. It was also cold, freezing cold, as wave after 40-foot wave broke over us, dousing us in icy salt water.»



Beslenme 1

Gerekli enerjiyi sağlayacağımız besinlerin ideal karışımı;
%53 karbonhidrat,
%12 protein,
%35 yağ şeklinde olmalı ve mineral ve vitaminler açısından zengin olmalıdır.



Besin	1 gr yakılmasıyla elde edilen enerji (kJoul)
Karbonhidrat	17
Protein	17
Yağ	39

31

Beslenme 2

Respiratorik oranı (Besinin yakılması işleminde dışa verilen CO₂ hacminin, besini yakabilmek için harcanan O₂ hacmine oranı) **RO=0.85 olan,** dengeli ideal bir besinin 1 lt O₂ tarafından yakılan kısmının **20.4 kJ enerji ürettiği** hesaplanmıştır.

Besinlerin respiratorik oranı RO ve bu besinin 1 lt Oksijenle yakıldığında kazanılan Enerji Eşdeğeri EE_ş arasındaki ilişki;

RO	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00
O ₂ -EE _ş (kJ/l O ₂)	19,47	19,68	19,89	20,10	20,31	20,52	20,72	20,93	21,14

32

Beslenme Rejimi

- Çok hafif işte çalışan işçi 11700, çok ağır işte çalışan işçi günde 20100 kilo joule enerji harcamaktadır.
- Sağlık kurumları bu enerjinin günde **beş öğün beslenmeyle** alınmasını önermektedirler.
- **Gereksinim duyulan enerjinin % 25'i kahvaltı, % 30'u öğle yemeği, % 25'i akşam yemeğiyle alınmalı**, geri kalan % 20 de yarı yarıya kahvaltı-öğle arası ve öğle-akşam arası ara öğünlerde alınmalıdır.
- **Ara öğünler meyve, meyve suyu, yoğurt gibi işe ara vermeden yenilip içilebilecek türden olmalıdır.**
- En önemli öğün olan öğle yemeğinin protein miktarı % 10-15; yağ oranı % 25-30, karbohidrat oranı da % 55-65 civarında olmalıdır.

33

Sürekli Performans Sınırı (SPS) 1

- **Sürekli performans sınırı (SPS) ergonomide çok sık kullanılan bir terimdir.**
- Vardiya içindeki normal molalar dışında ek molalara gerek duymadan, **8 saatlik bir vardiya boyu sürekli yapılabilecek maksimum iş yükünü karşılamak için gerekli güç, işçinin sürekli performans sınırını belirler.**

İş hekimleri bu kavramı farklı bir şekilde tanımlar:

Enerji sunumu ve gereksiniminin dengede kaldığı, çok fazla yorulmadan ve özel molalara gereksinim göstermeden 8 saatlik bir vardiya boyu yapılabilen en büyük işi ifade eder.

34

Sürekli Performans Sınırı (SPS) 2

8 saatlik vardiya süresince beklenilebilir, umulabilir sürekli performans sınırı olarak erkeklerde 275-300 Watt (8 saatlik vardiyada 8600 kJ enerji) değerleri literatürde kabul görmüş maksimum değerlerdir.

Bu değerler geçerli olduğu koşullar:

1. İş esnasında göreve katılan kas kütlesi toplam kas kütlesinin 1/6- 1/7 sinden fazla olmalıdır. Bu sınır iki kolun kütlesinden fazla, iki bacağın kütlesinden azdır.

35

SPS'nin geçerli olduğu koşullar 2

Dolayısıyla çok az enerji harcanan bir iş, işe katılan kas kütlesi az olunca -kas yorulması açısından- ağır iş sınıfına girebilecek veya tersi daha fazla enerji harcanan ama daha fazla da kas kütlesinin işe katıldığı bir iş hafif iş sınıfına girecektir.

İşin şekli	İşin düzeyi	Joule/sn = Watt
El işi	Kolay	20 - 42
	Orta	42 - 63
	Ağır	63 - 83
Tek kolla iş	Kolay	50 - 83
	Orta	83 - 117
	Ağır	117 - 153
İki kolla iş	Kolay	100 - 142
	Orta	142 - 175
	Ağır	175 - 208
Tüm bedenle iş	Kolay	175 - 241
	Orta	241 - 333
	Ağır	333 - 583
	Çok ağır	416 - 833

İşin şekli ve düzenine
Göre 1 sn'de harcanan
Enerji miktarı

36

- **Yapılan iş dinamik kas işi olmalıdır.** Statik kas işi ile enerji çevrimi arasında bir ilişki ortaya konulamamıştır.

- **Klimatik koşullar işi zorlaştırıcı, enerji harcamayı artırıcı olamamalıdır !**

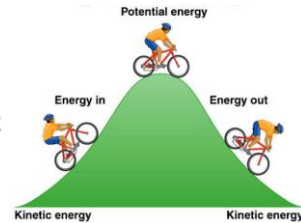
- **Mental yüklerin enerji-iş çevrimine etkisini görmek bugüne kadar mümkün olmamıştır.**

Eğer işin iş göreni nasıl zorladığı incelenirken tek kriter olarak **enerji harcama** ele alınacaksa, bu kısıtlar ve koşullar da dikkate alınmalıdır.

37

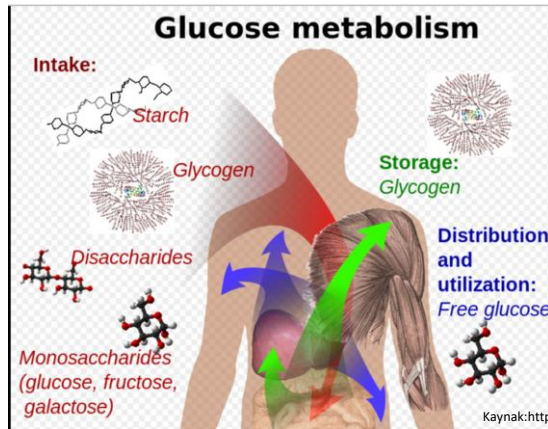
Enerji Tüketimi ve Ölçümleri

- İnsan organizmasında en önemli işlemlerden biri, besinlerdeki **kimyasal enerjinin ısı ve mekanik enerjiye dönüşmesidir.**
- Besinler bağırsakta, temel kimyasal maddelere ayrılır.
- Bu maddeler daha sonra kan dolaşım sistemim geçerler. Besin elemanlarının çoğu karaciğere taşınır, orada enerji (**glikojen**) olarak depolanır.
- İhtiyaç olduğunda kan dolaşım sistemine basit şeker biçiminde bırakılır.
- Besinlerin çok az bir kısmı, vücut doku inşasında veya yağ dokularında yağ dönüşerek depolanır.



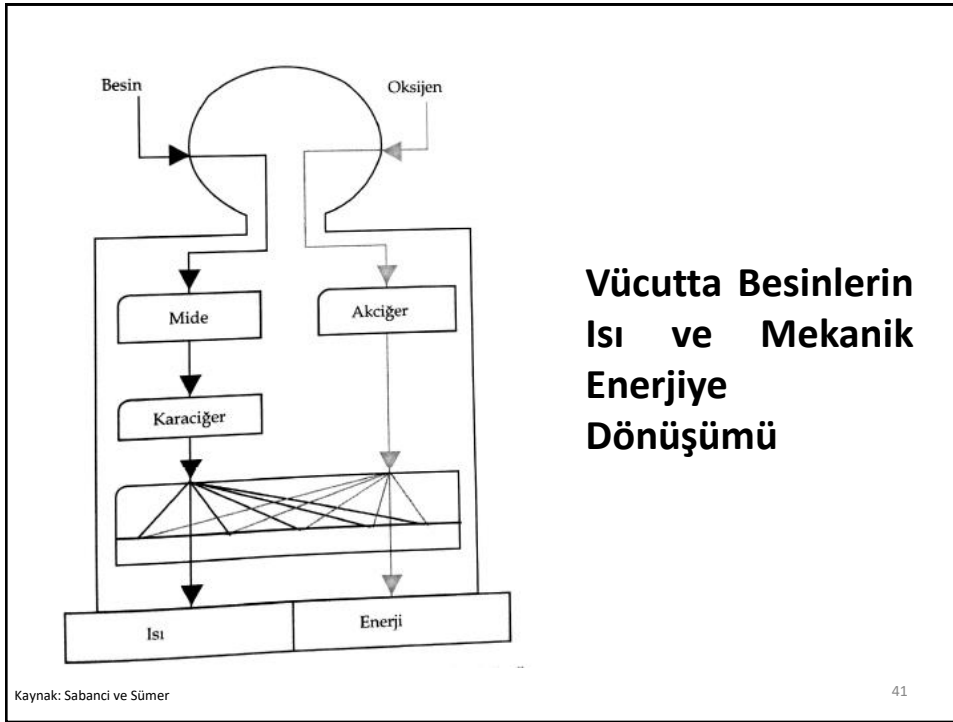
38

- **Glikoz** vücudun bütün hücrelerine kan ile yüksek enerji sağlayan besin maddeleri olarak taşınır.
- Hücrelerde besinler parçalanarak enerji değeri düşük atık maddeler (**H₂O**, **CO₂** ve **üre**) oluşur.



- Besin maddelerindeki bu değişimler metabolik etkinlikler (**metabolizma**) olarak özetlenebilir ve yavaş yanma işlemi ile kıyaslanabilir.
- Buradaki yanma olayının daha yararlı olması için hücrelere oksijen taşınır ve yanma oksijenle gerçekleştirilir.
- Metabolik işlem sonucunda oluşan **serbest enerji**, kimyasal yollarla adalelerde **mekanik enerjiye** dönüşür.





İnsanda Enerji Tüketimi

- İnsanda enerji tüketimi kcal olarak ölçülür.
- 1 kcal enerji 1 lt suyu 14.5°C'den 15.5°C'ye yükseltmek için gerekli enerji miktarıdır.
- İş fizyolojisinde enerji tüketimi yapılan işe göre, **oksijen tüketimi ile oransal olarak** ölçülür.

- İnsan vücudunda tüketilen oksijenin her litresi için ortalama 4.8 kcal enerji üretilir.

- Bu değer oksijenin kalorik değeri olarak bilinir. Böylece **kcal** olarak enerji tüketimini elde edebilmek için ölçülen oksijenin tüketimi **4.8 katsayısı** ile çarpılır.

- Oksijen tüketimi, solunumla alınan ve verilen hava içindeki oksijen miktarları arasındaki farktır.



43

- Çalışma sırasındaki oksijen tüketimi **gaz metre ile ölçülebilir**. Bu ağıt, oksijen tüketimi ölçülecek insanın sırtına bağlanır.
- **Gaz metre** bir hortumla insan ağzına bağlanır ve solunumla alınan havanın ölçümü için kullanılır.
- Solunumla dışarı verilen havanın bir kısmı bir yerde toplanarak içindeki oksijen miktarı da ölçülür.

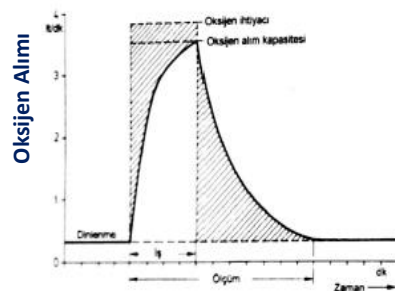
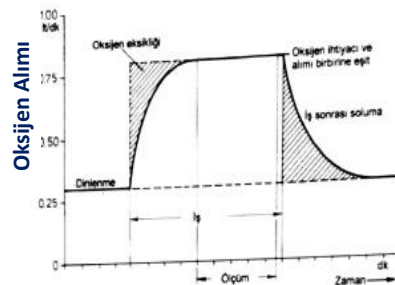


44

- Enerji harcaması ile oksijenin kullanımı arasında zaman açısından küçük bir faz farkı vardır. **Ölçümlerde buna dikkat edilmelidir.**
- Hafif ve orta ağır işlerde solunan oksijen ile çalışırken gereksinim duyulan oksijen 3-5 dakika sonra **denge durumuna** gelir.
- Bu konuma iş yükünün **“Steady State”** -DENGİ konumu denmektedir.
- Doğru ölçüm yapabilmek için organizmanın bu konuma ulaşması gereklidir, yani ölçüm işçi işe başladıktan 3-5 dakika sonra yapılmaya başlanmalıdır, **işin ağırlık derecesine göre deney süresi belirlenir.**

45

- Deneğin nefes vermesi ağzındaki bir tüp vasıtasıyla olduğu, bunun da rahatsız edici olduğu dikkate alınarak deney **30 dakikadan daha fazla sürdürülmez.**
- İş yerindeki iş yükünün enerji karşılığını belirlemek için, **“steady State veya parsiyel yöntem”** denilen bu yöntem ile, işin iş etüdüde belirlenen her bir farklı birimi için bu ölçüm ayrı ayrı yapılır ve sonuçlar toplanır.



Sürekli performans sınırı içindeki işlerde
Parsiyel yöntemle, SPS üstü işlerde integral
Yöntemle O₂ harcamasının ölçümü

46



Eğer iş **çok ağır iş sınıfına giriyorsa**, sürekli performans sınırı (SPS) aşıyorsa hemen iş başlar başlamaz deney de başlatılır.

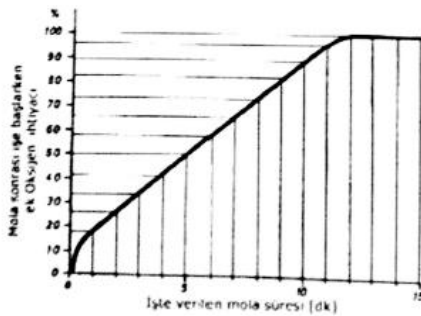
Ağır işlerde alınabilecek O_2 miktarı gereksinim duyulan O_2 miktarını karşılayamayacağından **ikisinin denge (steady-state) durumuna gelmesi olası değildir.**

Ayrıca ağır bir işi aralıksız, dk. larca sürdürmek de mümkün olmadığından **integral yöntem** denilen bu yöntemle hemen ölçmeye başlamak gerekir.

Ayrıca parsiyel yöntemle göre ikinci bir farkta, deneyin iş bittikten sonra da sürdürülmesi yani **O_2 alımının normal sınırlara düşmesine kadar deneye devam edilmesidir.**

47

İş molaları uzadıkça başlangıç O_2 gereksinimi artar



Bir elektrik motoru çalıştırılmaya başlandığında kısa bir süre için devreden nasıl nominal gücünün üstünde bir güç çekerse, kaslarımız da çalışmaya başlarken başlangıçta ilk 15 sn de «**steady state**» gereksiniminin 2-3 katı O_2 'ye gereksinim duyarlar.

Bu olaya «**SIMONSON EFEKTİ**» denilir.

BU DURUM SIK ARA VERİLEN RİTMİK İŞLERDE ÖNEM KAZANIR !

İşe başlama gereksinimi diye düşünülebilecek bu ek ihtiyaç, işe verilen aralar az ise azdır, fakat ara 10-15 dk'yı bulduysa işe başlama gereksinimi maksimum değerindedir.

48

Özet olarak: İnsan gün boyunca,

1. YAŞAMA PAYI

2. SERBEST
ZAMAN PAYI

3. İŞ PAYI

olmak üzere **üç farklı türde enerji harcar.**

BAZAL METABOLİZMA olarak adlandırılan yaşama payı, yaşantının hareketsiz bir şekilde devamını sağlamak amacıyla harcanan enerjidir.

49

2. SERBEST ZAMAN PAYI

- İnsanlar uyanık kaldıkları süre içerisinde, çalışma dışında hareket etmeden duramayacakları için bir miktar enerji harcayacaklardır. Bu enerjiye **Serbest Zaman Payı (SZP)** denir.
- **SZP** mutlak istirahat ve çalışma zamanı dışında vakit geçirme şekline bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte uygulamada insanların uyanık oldukları müddetçe ağırlıklarının her kg'ı için saatte **0.6 Kcal enerji harcadıkları** kabul edilir.

16 saat uyanık olan
70 kg ağırlığındaki bir
erkek

$$70\text{kg} \times 0.6 \text{ kcal/saat} \times 16 \text{ saat} = 672 \text{ Kcal}$$

50

3. İŞ PAYI

- İş için harcanan enerji olarak tanımlanabilir.
- **İş Payı Enerjisi;**
 - Yapılan işin özelliklerine,
 - Herbir hareketin tekrar sayısına **bağlı olarak değişir.**

İş	Enerji gereksinimi (Kcal/dk)
Tam İstirahat	1
Ofis İşleri	2
Araç Kullanımı	3
Araç Gereç ile Çalışma	4
Normal Yürüme	5
Toprak Atma	6
Çekiçle Çalışma	7
Rende İşleri	8
Çelik İşleri Yüksek Fırın Temizleme	9

Çeşitli İşlerde Enerji Gereksinimi

51

Değişik İşler İçin Enerji Tüketimleri



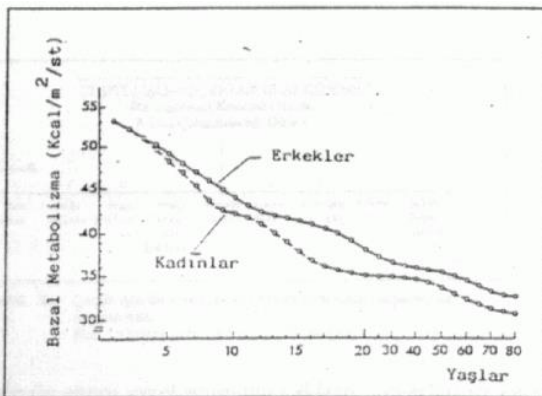
Ayrıca işin yapıldığı süre boyunca alınan vücut pozisyonları, duruş ve oturuş şekilleri nedeniyle **ek bir enerjiye gereksinim duyulmaktadır.**

52

- Dinlenme sırasında insan, ağırlık, boy ve cinsiyetine bağlı olarak sabit bir enerji tüketimine sahiptir.
- Bağırsakları boş bir insanın dinlenme sırasındaki enerji tüketimi "**bazal metabolizma**" olarak adlandırılır.
- Bu değer; **70 kg'lık bir erkekte ortalama 1700 kcal/gün, 60 kg'lık bir kadında ortalama 1400 kcal/gündür.**



Bazal Metabolizmanın Cinsiyet ve Yaşa Bağlı Olarak Değişimi



- Kadınların enerji gereksinimleri erkeklere oranla %5 daha düşüktür.
- Hamile kadınlarda bazal metabolizma yükselmektedir.
- İnsanlar yaşlandıkça bazal metabolizma azalır.

- İki-üç yaşlarında 50 kcal/m²/sa olan bazal metabolizma, 70 yaşlarında 35 kcal/m²/sa'nın altına düşer.

54

- Bazal metabolizma kcal/m²/sa cinsinden ifade edilir.
- **Genç ve sağlıklı bir erkeğin bazal metabolizması ortalama 37 kcal/m²/saat civarındadır.**
- Bu enerjinin %25'ini yaşamı destekleyen organik işlevlerde, %75'inin ise vücudun ilk ısısının muhafazasında kullanıldığı kabul edilmektedir.

55

- Maksimum zorlanma altında 60 dakika süren bir işte yaklaşık **5500 kJ** harcanırken bu enerjinin % 2'si **anaerob enerji (oksijensiz)**, % 98'i **aerob (oksijen sayesinde)** enerjidir.

Bu bakımdan ne kadar enerji harcadığı hesaplanırken anaerobik enerji ihmal edilip, hesap doğrudan harcanan oksijenin üzerinden yapılabilir.

Maksimum Zorlanma altında çalışırken harcanan enerjinin zamana göre anaerob ve aerob miktarları ve oraları

Enerji Sunumu	İşin süresi (dakika)						
	0,17	1	2	4	10	30	60
	kJ %	kJ %	kJ %	kJ %	kJ %	kJ %	kJ %
Anaerob	105	165	190	190	150	125	85
%	85	70	50	30	15	5	1,5
Aerob	20	85	190	420	1050	2950	5450
%	15	30	50	70	85	95	98,5
Toplam	125	250	380	610	1200	3075	5535

56

Kalp Atış Frekansının (KAF) Zorlanma ile İlişkisi

- **Kişinin performans sınırını sadece enerji çevrimine bağlı görmek yeterli değildir.**
- Daha pek çok faktör, örneğin çeşitli çevre koşullarının bazı duyu organlarımızda oluşturacağı etki, performansı sınırlayabilir.
- **Kalp atış frekansı** bu sınırlardan en önemlisidir.

57

Kalp atışında artışın olması dört farklı nedenden olabilir:

- Dinamik işten dolayı artan frekans



KAF ile
ilişkilidir.

- Statik işten dolayı artan frekans

- Psikolojik nedenlerle artan frekans

- Klimatik koşullardan dolayı değişen frekans.

58

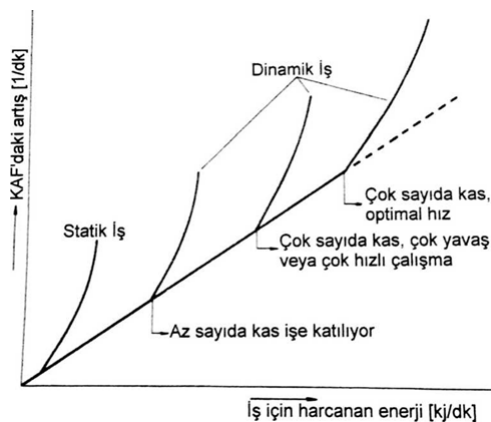
İş fizyolojisi açısından kalp atış frekansının artması önemlidir ve fazla artış her zaman tehlikelidir.

- Maksimum kalp atış frekansı olarak sağlıklı kişilerde literatürde 220 - Yaş (Yıl) verilmektedir.
- Dakikada kalp atış sayısında minimum antrenman etki düzeyi olarak 180 - Yaş (Yıl) alınır. Örneğin 50 yaşındaki kişinin 3-5 dakika süreyle kalp atış frekansının 130 olması ve bunu 3-5 dakika süreyle devam ettirebilmesi beklenir.
- Dakikada 180 atış "**kritik kalp atış frekansı**" olarak kabul edilir, çünkü bu kadar sık arka arkaya kalp kaslarının sıkışması yüzünden her seferinde kalbe dolan kan miktarı azalır,
- kalp kasları statik konuma yakın bir kasılma halinde olduklarından, kalbi çevreleyen koroner damarlar daralmıştır, **kalp kaslarına gelen oksijen ve besin yeterli olmamaya başlar.**

59

KAF (Kalp atışının dk daki tekrarı)

- Yapılan bedensel işlerde statik kas işi önemli bir paya sahipse **mutlaka yüksek bir KAF artışı ile karşılaşılır.**
- İşin süresinin artması da KAF artışını etkiler.



İşte harcanan enerji ve KAF artışı

60

Antrenmanlı ve Antrenmansız Kişilerde Kalp ve Akciğer Performans Değerleri

(Bokranz, Landau, Koether, Kurtz)

Nefes alma ve kalp atışı	Dinlenme hali		SPS	Maksimum dinamik iş	
	Antrenmansız	Antrenmanlı	Antrenmanlı	Antrenmansız	Antrenmanlı
Nefes frekansı (1/dak)	16			40	50
Solunan hava, vital kapasite (litre)	0,5			3	4
Dakikada solunan hava (l/dk)	8		30	120	200
Uyum oranı	1		4	15	25
Kalp atış frekansı (1/dak)	80	40	80	180	180
Bir seferde pompalanan kan ml	70	140	160	100	190
Dakikada pompalanan kan (litre)	5,6	5,6	13	18	34
Harcanan oksijen (l/dak)	0,28		1,4	2,8	5,2
O₂ harcama oranı	1		5	10	19

Kalbin dinlenirken dakikada 5,6 lt den 8 saatte yaklaşık 2700 lt, gün boyu ise 8100 lt kan pompaladığı görülür. **Bu çok büyük bir performanstır.**

Çok ağır bir işte çalışırken kalp dakikada 36 litre kan pompalamaktadır.

SPS'nin üstündeki bu iş mola vermeden yapılabilecek olsaydı 17280 lt gibi çok yüksek düzeyde kan Pompalanması gerekirdi... BU DA MÜMKÜN DEĞİLDİR. SPS üzeri işlerde sık sık dinlenme molası verilmelidir.

İşe Katılan Kas Oranı- KAF İlişkisi

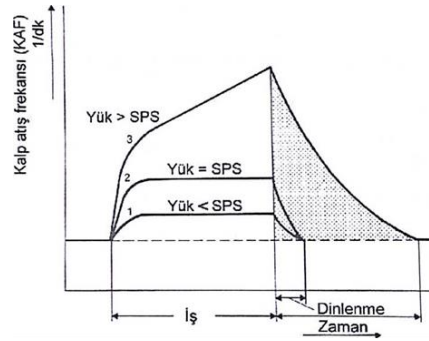
İşe Katılan Kas Oranı	Frekans Artışı
Yapılan deneyler SPS sınırındaki kalp atış frekansının eğer dinamik işe katılan kasların kütlesi toplam kas kütlesinin % 20 sini aşıyorsa	Yatar konumda dinlenirken ölçülmüş frekanstan 40 atış daha yüksek olduğunu göstermiştir, bu artış "iş artış frekansı" dır
İşe katılan kas oranı %2-3 gibi çok küçük ise	15
Eğer dinlenme halindeki kalp atış frekansı oturma konumunda veya ayakta ölçülmüş ise	30-35 (SPS sınırı)

Kalp atış frekansı dinamik zorlanmalarda yapılan işle doğru orantılı olarak lineere yakın karakterde hızla artar. Hafif, orta ağırlıkta işlerde kısa süre sonra KAF sabit bir değere ulaşır ve tüm iş süresince o değerde sabit kalır.

62

SPS KAF yardımıyla tanımlamak için;

- Bir iş yükü etki ettiği zaman içerisinde KAF artar ve iş devam ederken belli bir süre sonunda denge durumuna «steady state» gelirse, bu iş yükü SPS altındadır.
- İş yükü arttırılarak, KAF'ın dengeye gelebildiği son sınır tespit edilirse, bu sınır o işçi için SPS'dir.

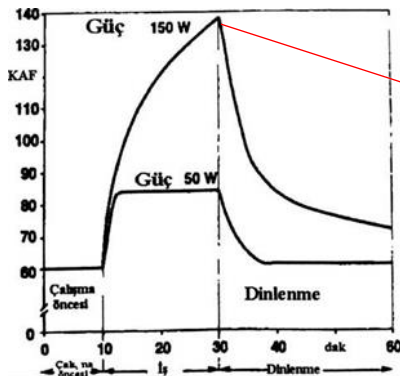


İş yükünün sürekli performans sınırından küçük, eşit veya büyük olması durumunda KAF'nın zamanla değişimi.

63

Eğer ortaya konan iş ağır veya çok ağır iş ise;

- İş boyunca KAF artmaya devam eder ve ya iş bırakılarak mola verilir **ya da** bayılmaya kadar varabilen yorgunluk nedeniyle işi yapamaz hale gelir.

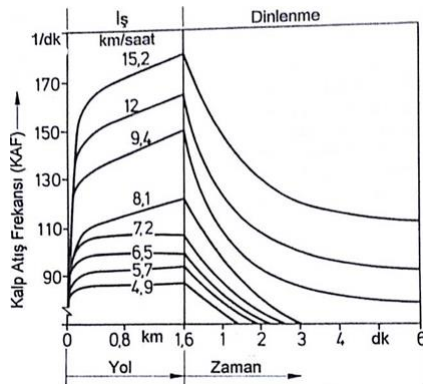


150 Watt'lık daha ağır bir işte ise KAF sürekli artmış, 20. dakikanın sonunda 140'a yaklaşmasına rağmen hala denge konumuna gelememiştir.

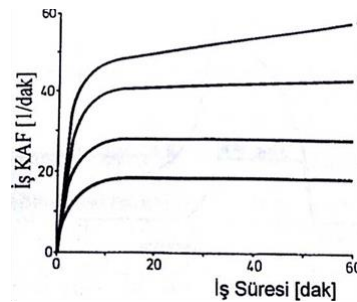
50 Watt ve 150 Watt gücündeki faaliyetlerde KAF değişimi

64

KAF harcanan enerji arttıkça artar !



Aynı mesafeyi farklı hızlarda yürümede
KAF değişikliği

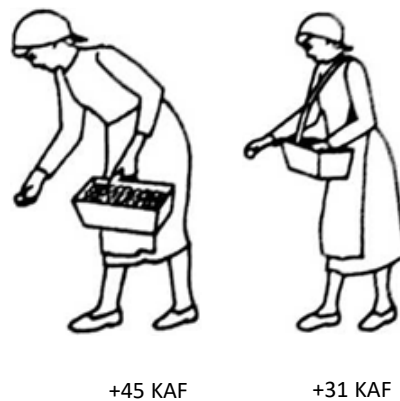


Rohmert'e göre bisiklet kullanırken
harcanan enerji ve İş KAF

65

KAF ve Statik İş

- Statik işte de kalp atış frekansı artmaktadır.
- Kan dolaşım sisteminin tek **elle taşımada** daha fazla zorlanmış olması, buradaki statik işin fazlalığından kaynaklanmaktadır.



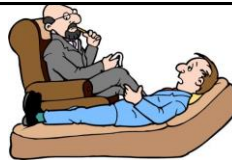
Patates sepetini tek elde asimetrik ve boynunda
simetrik taşıyan işçide KAF dğişimi

66

- Statik konum - tutma işinin ortadan kaldırılmasıyla KAF artışı azalmıştır, ama her iki halde de aynı miktar iş enerjisi harcanmaktadır (18 kJoule/dak).
- Patatesleri ekmek için harcanan enerji artmamasına rağmen statik konum işi kalp atışını daha çok hızlandırmakta, **bedensel daha fazla yorgunluğa işaret etmektedir.**
- **Statik işlerde damarların rahat kan dolaşımına izin vermeyip sınırlaması yüzünden, iş bitip kas gerginliği ortadan kalkınca normal dolaşımın 20-25 katı bir kan dolaşımı görülebilmektedir.**
- Muhtemelen bu hızlanmayı statik tutma işi esnasında oluşan karbon asidi ve laktik asit oluşturmakta, bu şekilde diğer madde atıkları kastan uzaklaştırılmakta ve kasın O₂ eksikliği giderilmektedir.

67

Psikolojik Nedenlerle KAF

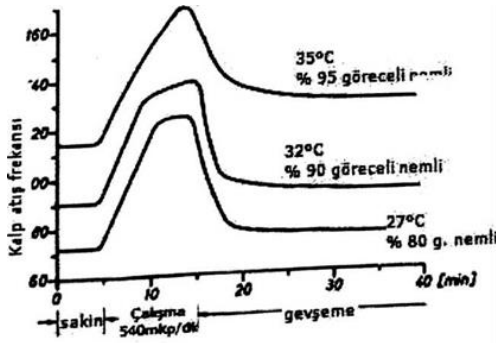


- **Psikolojik nedenlerle de KAF yükselebilir.**
- Örneğin büyük sorumluluk isteyen bedensel bir işte , o işe yeni başlayan kişide ilk saatlerde hatta günlerde bedensel yorulmanın verdiği frekans artışının yanı sıra, heyecanın belki de korkunun verdiği psikolojik bir frekans artışı daha tespit edilecektir.
- **Fakat işe alıştıkça psikolojik frekans artışı ortadan kalkacaktır.**

68

Klimatik Koşullar ve KAF

Aynı bedensel işin farklı iklimatik koşullarda yapılması halinde KAF'da farklı değişim göstermektedir.



Şekil 5.14 Ortamın iklimatik koşullarının KAF'na etkisi (Brouha; Hettinger, Kaminsky, Schmale'de)

Bu deneylerin hiçbirinde Steady State haline ulaşılammış, iş nedeniyle KAF artış frekansındaki artış 40'ın üzerine çıkmıştır.

Kas işi ile iklimatik ortam yükü toplamının SPS sınırını aşmış olmasıdır.

69

VERİM

- insanın aldığı besin enerjisinin de büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşür ve geriye kalan küçük bir kısmı da iş yapabilmesine yarayan mekanik enerjiye çevrilir.
- iş yapmada ortaya koyduğu gücün, aynı zaman diliminde harcadığı enerjiye oranı insanın verimidir.

İnsan en iyi koşullarda % 30 oranında verime ulaşabilir, yani harcadığı enerjinin % 30'u işe dönüşmüştür; % 70'i de kayıp enerji olarak ısıya dönüşmüştür. Enerji kaybı sadece ısıya dönüşen enerji değildir, statik konum ve tutma işleri de büyük oranda enerji kaybına neden olur.

70

Statik iş payı ne kadar çoksa, verim de o kadar düşüktür !

Yanlış konum, doğru seçilmemiş veya tasarlanmamış iş yeri ve iş aleti yüzünden boşa enerji harcanmasının önüne geçmek **ergonomik araştırmaların amaçlarından** birisidir.

71

İşte Harcanan Enerji Hesaplamaları

$$İW (İş/Joule) = F (Kuvvet/N) \times S (Yol / m)$$

$$1 \text{ N.m} = \text{Joule}$$

$$1 \text{ kg} = 9.81 \times 1 = 9.81 \text{ N}$$

$$\text{Güç (Watt)} = \text{İş (N)} / \text{Zaman(sn)}$$

72

Örnek

Bir işçi Kürek vasıtasıyla yerdeki kumları 1 m yükseklikteki arabaya dolduruyor. 5 dk sürede 500 kg yükü arabaya yüklediğine göre işçinin performansı kaç watt'dır? Sık sık mola vermesine gerek varmıdır?

CEVAP:

Yapılan İş $W=500\text{kg} \times 9.81 \text{ m/sn}^2 \times 1 \text{ m}=4905\text{Joule}$

İş 5 dk'da yapılmıştır.

$P=4905 \text{ Joule} / 300 \text{ s}=16.4 \text{ Watt}$

Normal koşullarda, eğilmeksizin kürekle çalışmanın verimi $\eta=\%6$ 'dır. Her ne kadar ortaya konulan iş 16.7 Watt'lık bir güce karşılık geliyorsa da, işçinin harcadığı güç

$Ph=P/\eta =16.4/0.06=273.3 \text{ Watt'dır.}$

273.3 Watt bu iş in erkek işçi için sürekli performans sınırında bir iş olduğunu gösterir.

73



T.C.
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İş Güvenliği Anabilim Dalı




Sorular ?

DOÇ.DR.CAHİT GÜRER

İnş.Y.Müh.

Afyonkarahisar
12.08.2022

Kaynaklar

Güler Ç. 1997. Ergonomiye Giriş. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. No:45. Ankara.
Sabancı A. 1999. Ergonomi. Baki Kitapevi. Adana.
Babalık F.C. 2007. Mühendisler için Ergonomi İşbilim. Nobel Yayınevi. Ankara.
Web Kaynağı : Erişim 11.02.2016.
<http://www.danmacleod.com/sample/Tutorial/Production.htm>
Çakmak A., 2007, Dişhekimliği ve Ergonomi, Erişim: 2016.
<https://www.dentiss.com/Dishekimligi--Ergonomi-y80.html>
Küçükdeniz T., 2016, İş Etüdü ve Ergonomi. İÜ, Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
<http://www.iea.cc/>
<http://www.muhendislikbilgileri.com/?pnum=115&pt=ERGONOM%C4%B0>
Yıldız S.A. Aerobik ve Anaerobik Kapasitenin Anlamı Nedir? Solunum Dergisi.
www.cahitgurur.com