

ENERJİ METABOLİZMASI



Enerjinin kaynağı

- Yeterli ve dengeli beslenmenin temel ilkelerinden biri vücudun enerji gereksinmesinin karşılanmasıdır
- Büyüme, organların çalışması, vücut sıcaklığının korunması ve fiziksel etkinlikler enerji gerektirir
- Bunlar için harcanan enerji, besinlerdeki yağ, karbonhidrat ve proteinlerle sağlanır

- Besin ögelerinde saklı enerjinin kaynağı güneştir
- Doğada enerji kaybolmaz sürekli şekil değiştirir
- İnsanlar ve hayvanlar güneş enerjisinden yararlanarak besin yapamazlar
- Bitkiler güneş enerjisi kullanarak, CO₂, H₂O ve azotlu maddelerden besin ögelerini sentezler

- Güneş enerjisi böylece karbonhidrat, yağ ve proteinlerde kimyasal enerjiye çevrilerek depolanır
- Kimyasal bağlarda saklanan bu enerji enzimler aracılığı ile kimyasal bağların koparılması ile serbest duruma geçer

- Vücuda alınan besinler sindirildikten sonra besin öğeleri kan dolaşımı ile hücrelere taşınırlar
- Hücrede kan dolaşımı ile taşınan oksijenle okside olarak enerjiye dönüşürler
- Bu enerji, vücudun büyümesi ve çalışması için harcanır
- Hücrede besinlerden enerji oluşum ve harcanması “metabolizma” olarak tanımlanır
- Enerji için gerekli besin sağlanamadığında vücut bir süre kendi dokularını kullanır ve sonra canlılığını kaybeder

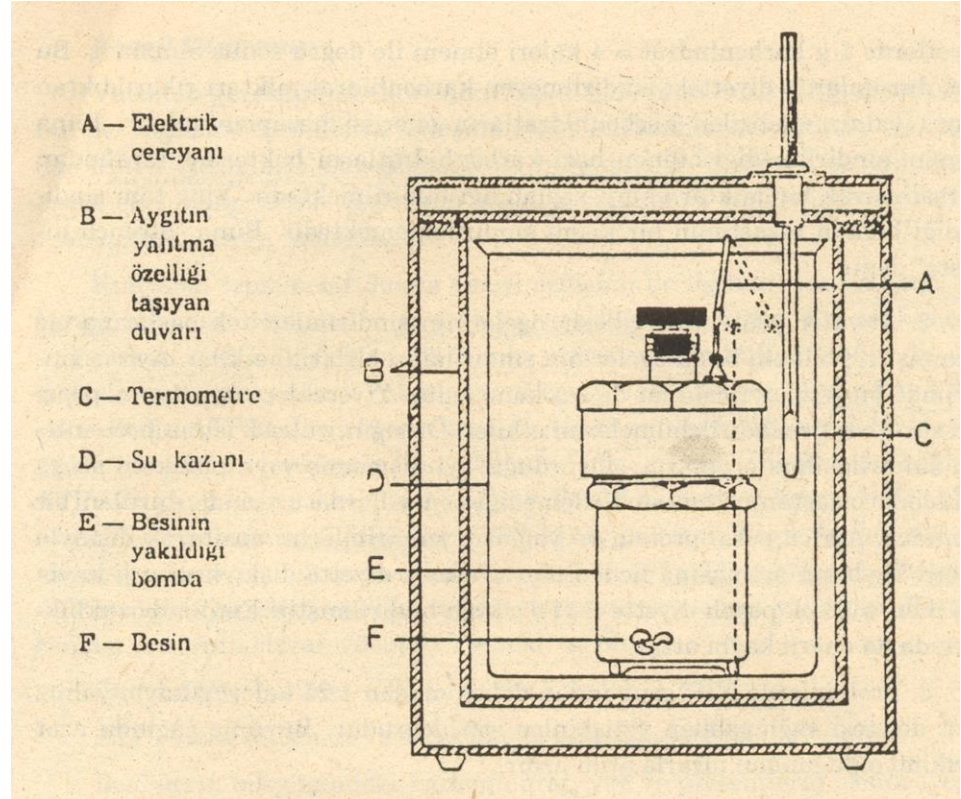
Enerji birimi

- Beslenme biliminde enerji ısı enerjisi birimi ile ifade edilir ve kilokalori, kilojül birim olarak kullanılır
- **1 kilokalori(kkal)**; 1 litre saf suyun sıcaklığını 15°C'den 16°C' ye yükseltebilen ısı enerjisi miktarıdır
- **1 jül**; 1 kilogramlık ağırlığın 1 newtonluk kuvvetle 1 metre taşınması için harcanan enerji miktarıdır
- 1000 jül(J)= 1 kilojül(KJ)
1kkal= 4184J= 4,184KJ

Besin ve besin öğelerinin enerji değeri

- Besinlerin çeşidine göre içerdikleri yağ, karbonhidrat ve protein miktarları farklılık gösterir
- Bu nedenle besinlerin enerji değeri, bileşimindeki besin öğelerinin çeşit ve miktarına göre değişir
- Besinlerin verdiği enerji miktarı “**bomba kalorimetre**” denilen bir araçla ölçülür

Bomba kalorimetrenin esası



Bomba kalorimetrede

- Aracın özel bölmesine besin konulur ve yakılır
- Yakılan besinden üretilen ısı araçtaki suyu ısıtır
- Isınan suyun sıcaklığı araçtaki termometre ile ölçülür

Kalorimetrede yakıldığında

- 1 gr. yağ 9,45 kalori
- 1 gr karbonhidrat 4,1-4,2 kalori
- 1 gr protein 5,65 kalori verir
- Oysa besin öğeleri vücutta, kalorimetrede verdiği kadar enerji vermez
- Bunun nedeni, besinin kalorimetrede kayıp vermeden tamamen yanmasıdır

- Vücuda alınan besinlerin çok azı sindirilemez ve emilemez
- Proteinlerin %92'si, yağları %95'i, karbonhidratların %97'si sindirilerek emilebilir
- Hücrelerde karbonhidratlar ve yağlar CO₂, H₂O ya okside olur
- Proteinler ve öteki azotlu maddelerden üre, ürikasit ve kreatinin oluşur
- Üre, ürikasit ve kreatinin vücutta yanmaz ve idrarla atılır
- Kalorimetrede bu kayıplar olmaz

- Sindirim, emilim, dışkı ve idrarla olan kayıplar dikkate alınarak, kalorimetrede bulunan enerji değerlerinde indirim yapılarak düzeltilir
- Düzeltilerek bulunan bu değerler, besin öğelerinin vücutta verdikleri esas enerji miktarıdır
- Buna besin öğelerinin “fizyolojik enerji değeri” denir

Enerji veren maddelerin birer gramlarının oksitlenince vücuda sağladığı ortalama enerji miktarı

Protein : 4,0 kal

Karbonhidrat: 4,0 kal

Yağ : 9,0 kal

Alkol : 7,1 kal

Enerji oluşumu

- Vücudun gereksinimi olan enerji besin öğelerinin hücrelerde oksidasyonu ile sağlanır
- Besinlerin bileşimindeki karbonhidrat, protein ve yağdan belirli enzimlerin düzenlediği ve hormonların denetlediği tepkimelerle enerji oluşur
- Kimyasal tepkimeler daima enerji değişimi ile ilgilidir

- Enerji açığa çıkaran kimyasal tepkimeler enzimlerin aracılığı ile oluşur
- Bir tepkimedede açığa çıkan enerji diğer bir tepkimenin yürümesi için kullanılabilir
- Tepkimelerle açığa çıkan enerji yüksek enerji ögesi olan ATP şeklindedir
- ATP kasların kontraksiyonu yanında yapım-yıkım tepkimeleri için gerekli enerjiyi de sağlar
- Bu sırada yan ürün olarak ısı oluşur

- Genel süreç

Besinler + O₂ + inorganik fosfat → ATP + ısı

ATP → kas çalışması ve yapım-yıkım tepkimeleri + ısı

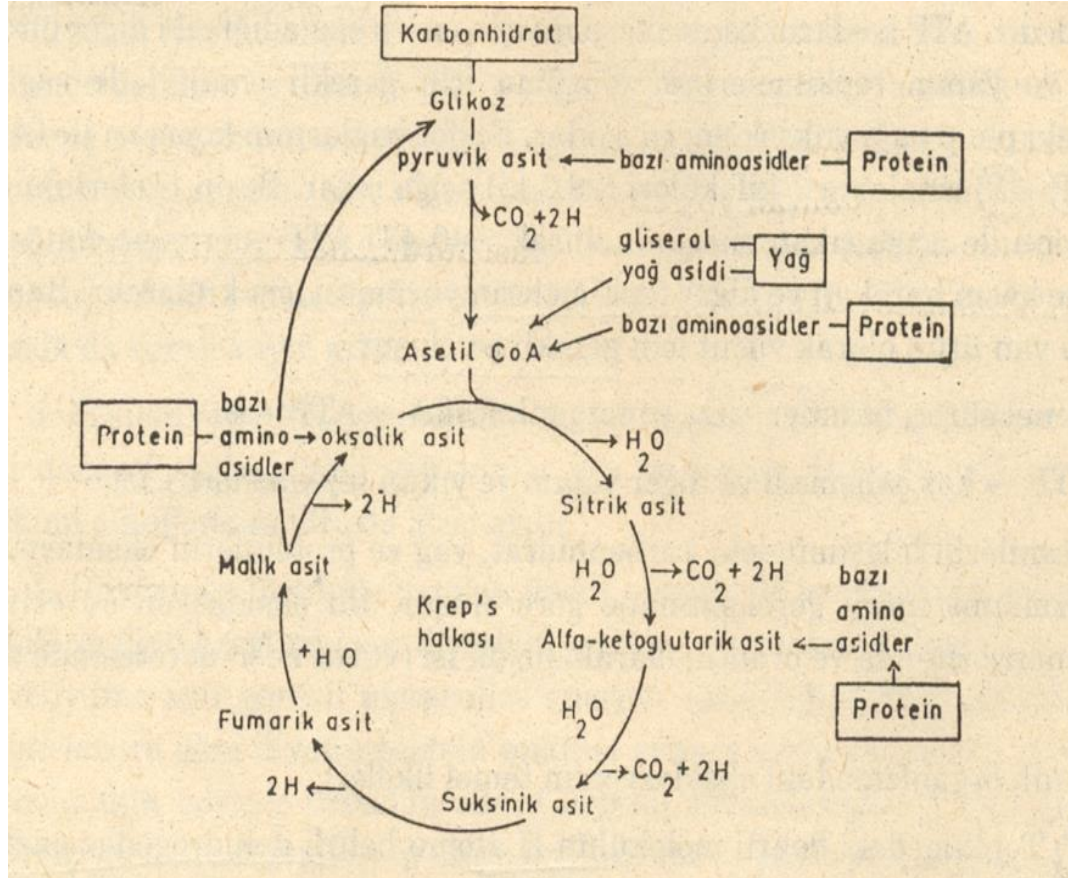
Canlı organizmadaki oksidasyonun temel ilkeleri

- Tepkimedeki belirli molekülün H atomu belirli dehidrogenaz enzimleri ile aktif duruma getirilir
- Bu aktif H atomu yardımcı enzimlerle diğer bir moleküle taşınır
- Bu H atomu oksijenle birleşerek suya indirgenir
- Dekarboksilasyon ve hidrasyon biyolojik oksidasyon sürecine katkıda bulunur
- Her oksidasyon sürecine eşit redüksiyon süreci vardır
- Bunun için enerji oluşumu oksidasyon-redüksiyon tepkimelerini gerektirir

- Biyolojik oksidasyon-redüksiyon, mitokondrideki elektron transfer tepkime zincirinde oluşur
- Bu zincirde niasin ve riboflavin yardımcı enzimleri dehidrogenaz enzimleri ile aktif duruma gelmiş molekülden H taşıma işini yaparlar
- Bu zincirde H'nin O₂'e iletilmesinde bileşiminde demir bulunan sitokrom enzim sistemi rol alır
- Elektron transfer zincirinin belirli aşamalarında oksidasyon sonucu oluşan enerji, yüksek enerji ögesi (ATP) olarak sentezlenir

- Elektron transfer zincirine transfer edilen H'i sağlayan moleküller yağ, karbonhidrat ve proteinlerin parçalanması ile oluşur
- Karbonhidratlardan glikoz, yağlardan yağ asidi, proteinlerden amino asitler çeşitli tepkimelerden sonra okside olma durumuna gelirler
- Bu moleküllerin oksidasyon için aktif duruma gelmeleri “sitrik asit” veya “krep” halkası denilen tepkime zinciri ile oluşur
- Krep halkasının çalışma hızı yeterli miktarda
 - asetil biriminin varlığına
 - NAD, FAD yeterliliğine
 - O₂ yeterliliğine
 - ATP gereksinimine bağlıdır

Besin öğelerinin enerjiye dönüşüm yolları



Vücutta enerji harcanması

- Harcanan enerjinin ölçülmesi

Vücudun çalışması için harcanan enerjinin yan ürünü ısı olduğu için vücutta oluşan ısıyı ölçerek insanın belirli sürede ve belirli fizyolojik durumda harcadığı enerji bulunabilir

Vücutta harcanan enerji miktarı iki yöntemle ölçülür

- **Dolaysız(direkt) kalorimetre yöntemi:**

-insanın içine sığabileceği büyüklükte bir kalorimetrede, vücutta oluşan ısı enerjisi ölçülür.

-Bu, vücutta üretilen ısı enerjisinin doğrudan ölçülmesi ilkesine dayanan bir yöntemdir.

-Zor, zaman alıcı ve pahalı bir yöntem olduğundan pek kullanılmaz

- **Dolaylı(indirekt) Kalorimetre Yöntemi:**
 - Besin öğelerinin oksitlenmesi için kullanılan **oksijen miktarı** ile oksitlenme sonucu oluşan **karbondioksit miktarı**, ısı şeklinde açığa çıkan enerji ile doğrudan ilişkilidir. Bu ilişkiden yararlanarak vücutta oluşan enerji miktarı bulunur.
 - Kullanılan oksijen ve oluşan karbondioksit miktarı** ölçülerek, vücutta oluşan enerji miktarı hesaplanır.Pratikte yalnız alınan oksijen ölçülerek hesaplama yapılır. Bu yönteme “**dolaylı kalorimetre**” yöntemi denir. Pratikte dolaylı yöntem daha çok kullanılır.

- Solunan oksijen miktarı , özel solunum aygıtı kullanılarak ölçülür
- Buna göre belirli sürede ve durumda enerji harcaması hesaplanır
- Aynı miktarda enerji üretiminde harcanan oksijen miktarı, karbonhidrat, yağ ve proteinlere göre değişiklik gösterir
- 1lt oksijen harcandığında oluşan enerji miktarı
 - Karbonhidratlardan: 5,047kal.
 - Yağlardan : 4,686kal.
 - Proteinlerden : 4,600kal.
 - Karışık diyetten : 4,825kal.

Vücutta oluşan enerji nerelerde kullanılır?

- Büyüme
- Hücredeki yapım ve yıkım olayları
- Organların çalışması
- Gereksiz ve zararlı maddelerin atımı
- Vücut sıcaklığının korunması
- Günlük hareketler ve çalışmalar

Enerjinin bu kullanılma şekilleri üç ana grupta incelenir

1. bazal metabolizma
2. fiziksel hareketler ve çalışma
3. besinlerin termik etkisi

Bazal metabolizma

- Yaşamın sürdürülebilmesi için hücrede oluşan tüm kimyasal değişikliklere “metabolizma” denir
- Metabolizma hücrede tüm yapım ve yıkım olaylarını kapsar
- Dinlenmede hücre çalışması ve vücut sıcaklığının korunması için enerji harcanır

- Tam dinlenme durumunda, organların çalışması, vücut sıcaklığının korunması gibi yaşamın sürdürülmesi için zorunlu enerji harcamasına “**bazal metabolizma**” denir
- **Bazal metabolizma**, bilinç dışı vücut çalışmaları için ya da yalnız yaşamın sürdürülmesi için gerekli olan **enaz** enerjidir

Dinlenme veya bazal metabolik hız nedir?

- **Bazal metabolik hız(BMH)**, alınan besinlerin sindirilmesinden sonra(yemekten 12 saat sonra), mutlak dinlenme anında, uyanık olarak harcanan enerjidir
- **Dinlenme metabolik hız(DMH)** ölçümü için yemekten 12 saat sonra koşulu aranmaz günün herhangi bir saatinde mutlak dinlenme anında ölçülür
- İkisi arasında %10 kadar fark bulunmasına karşın birbiri yerine kullanılır

- Mutlak dinlenme anında bütün organlar çalışır durumdadır yalnız çalışma hızları farklıdır
- Yetişkin bireyde DMH'ın organlara dağılımı şöyledir

Karaciğer %29

Beyin %19

Kalp %10

Böbrek %7

İskelet kasları %18

Diğerleri %17

- Bebeklik çağında beyin gelişimi hızlı olduğundan DMH'ın %44'ünü beyin harcar

Metabolik hızı etkileyen faktörler nelerdir?

- Yaş ve cinsiyet
- Vücut küçümesi ve bileşimi
- Hamilelik
- Endokrin sistem
- Ateşli hastalıklar
- Kas tonu
- Ağır fiziksel hareketler
- Diyetin bileşimi
- Uyku
- Uzun süreli açlık ve yarı açlık
- Menstruasyon siklusu

Dinlenme enerji harcamasının hesaplanması

- Dinlenme enerji harcaması en doğru kalorimetre ile ölçülür
- Ancak bu yöntem pahalıdır ve aygıt her yerde bulunamaz
- FAO/WHO uzmanlar komitesi değişik yaş ve cinsiyet grupları için dinlenme enerji harcaması için formüller geliştirmiştir

Dinlenme enerji harcaması hesaplama formülleri

Yaş Yıl	kal/gün	
	Erkek	Kadın
0 - 3	60.9 x Ağırlık - 54	61.0 x Ağırlık - 51
4 - 10	22.7 x Ağırlık + 495	22.5 x Ağırlık + 499
11 - 18	17.5 x Ağırlık + 651	12.2 x Ağırlık + 746
19 - 30	15.3 x Ağırlık + 679	14.7 x Ağırlık + 496
31 - 60	11.6 x Ağırlık + 879	8.7 x Ağırlık + 829
60 +	13.5 x Ağırlık + 487	10.5 x Ağırlık + 596

$(GBA-IBA) \times 0,25 + IBA = \text{Düzeltilmiş ağırlık}$

GBA = gerçek ağırlık

IBA = ideal ağırlık

0,25 = Fazla ağırlığın metabolik yük yüzdesi

Fiziksel aktivite

- Yapılan her hareket belirli miktarda enerji harcaması gerektirir
- Hareketin derecesi ve süresine göre enerji harcaması değişir



Değişik aktivitelerin enerji maliyeti(I-II)

Aktivite türü	Kal	Aktivite türü	Kal
1. Dinlenme, uyuma	1.0	b. Endüstri işleri	2.0
Mutlak dinlenme	1.0	Dizgi yapma	2.5
Yatakta dinlenme	1.2	Terzilik	2.6
Yatar gibi oturma	1.2	Motor tamiri	3.5
2. Oturarak iş yapma		Marangozluk	3.1
Dikiş dikme	1.4	Elektrik-elektronik	3.1
Örgü örme	1.5	Kimya	2.5
Kitap okuma	1.4	Ekmek-pastacılık	3.3
Yazı yazma	1.5	Dekorasyon	
Kağıt oynama	1.4	c. İnşaat işleri	3.3
Birşeyler kesme	2.1	Tuğla yerleştirme	3.2
Daktilo yazma	1.7	Sıvacılık	2.8
3. Ayakta iş yapma		Boyama	5.2
Ütü yapma	1.5	Yük taşıma	
Bulaşık yıkama	1.7	d. Tarım işleri	2.1
Yemek pişirme	1.8	Traktör kullanma	6.8
Ceviz kırma	1.9	Yer kazma	4.6
Bahçeden sebze,		Çapa yapma	3.1
meyve toplama	1.9	Patates sökme	2.9
Tahıl dövme	4.6	Elle süt sağma	7.4
Elle çamaşır yıkama	2.2	Yük kaldırma-yükleme	3.9
4. Yürüme		Fide dikme	4.8
Olduğu yerde dönme	2.5	Ağaç kesme (elle)	
Yavaş yürüme	2.8	e. Balıkçılık	2.1
Normal hızda yürüme	3.2	Olta ile avlanma	2.2
10 kg yükü yürüme	3.5	Ağla çekme	
Yokuş çıkma (yavaş)	4.7	f. Madencilik	6.0
Yokuş çıkma (orta)	5.7	kazma-sökme	5.7
Yokuş çıkma (yükle)	6.7	kürekle kaldırma	
İniş (yavaş)	2.8	g. Spor faaliyetleri	4.6
İniş (orta hızda)	3.1	Tenis	6.0
İniş (hızlı)	3.6	Yüzme	5.0
5. Mesleki faaliyetler		Dans hızlı	4.4
a. Masa başı çalışma	1.6	Sörf	6.6
(oturma, arada yürüyüş)		Futbol	6.6
		Koşu	1.4
		h. Sürücü	1.8
		Pilot	

Besinlerin termik etkisi

- Besinler tüketildikten sonra metabolizmada artış olur
- Bunu sonucunda metabolizmanın yan ürünü olarak ısı oluşur
- Bu ısı enerji kaynağı olan karbonhidrat, protein ve yağların sindirim ve emiliminin karşılığıdır
- Karbonhidrat ve yağların tüketimi ile metabolizmadaki artış bazal enerjinin %6'sı, protein için %30'u kadardır
- Genellikle, normal bir diyetle besinlerin termik etkisi DMH ve fiziksel aktivite için harcanan toplam enerjinin %10'unu geçmez

Vücut ısısının denetimi

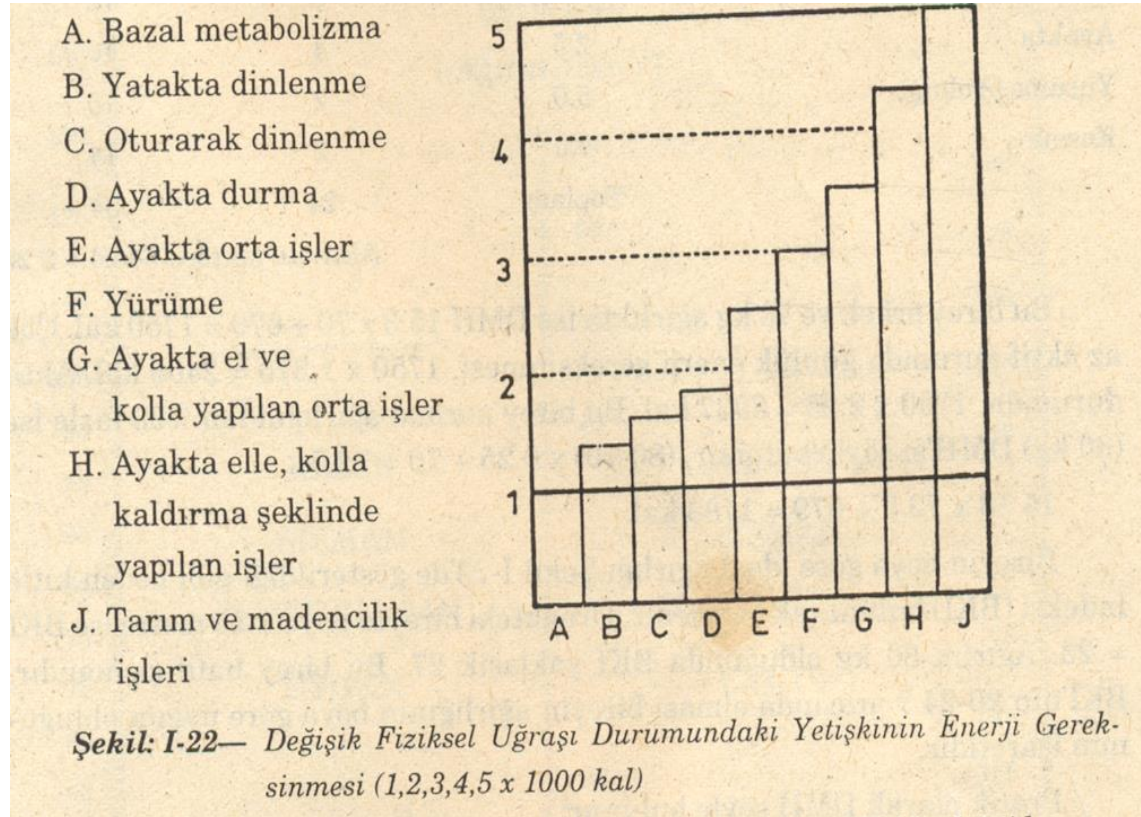
- Vücut çalışmasının yan ürünü olarak ısı oluşur
- Metabolizma sonucu oluşan ısı, vücut yüzeyinden kaybolursa normal vücut ısını sağlamak için daha çok enerji kaynağının kullanılması gerekir
- Organizmanın canlılığı metabolizmanın sürekliliğine bağlıdır
- Organizma yaşamak için çalışmasını sürdürür ve çalışma süresince yan ürün olarak ısı oluşur
- Oluşan ısı normal durumda ışınlanma, iletim ve buharlaşma ile vücuttan kaybolur
- Isı kaybının %80 kadarı deri ile kalanı solunumla olur
- Bazal metabolizma ve fiziksel çalışmaların artması ile ısı oluşumu artar

Vücuttaki ısı kaybının arttığı durumlar

- Vücut yüzeyinin genişliği ısı kaybını artırır
- Deri altı yağ miktarının fazlalığı ısı kaybını önler
- Yalıtım araç ve gereçlerinin durumu ısı kaybını etkiler
- İklim koşulları ısı kaybını etkiler

Toplam enerji gereksiniminin hesaplanması

- Bireyin enerji gereksinimi harcadığı enerjiye eşittir
- DMH ile fiziksel aktivite için harcanan enerji toplamıdır



- Çok az aktif

Aktivite Türü	Enerji Maliyeti (Tablo I-11)	Süre/saat	Toplam maliyet(kal)
Yatakta (Uyuma-dinlenme)	1.0	10	10
Oturarak iş görme	1.5	12	18
Ayakta iş, yavaş yürüme	2.5	2	5
Toplam		24	33

Aktivite faktörü $33/24 = 1.375$

- Aktif

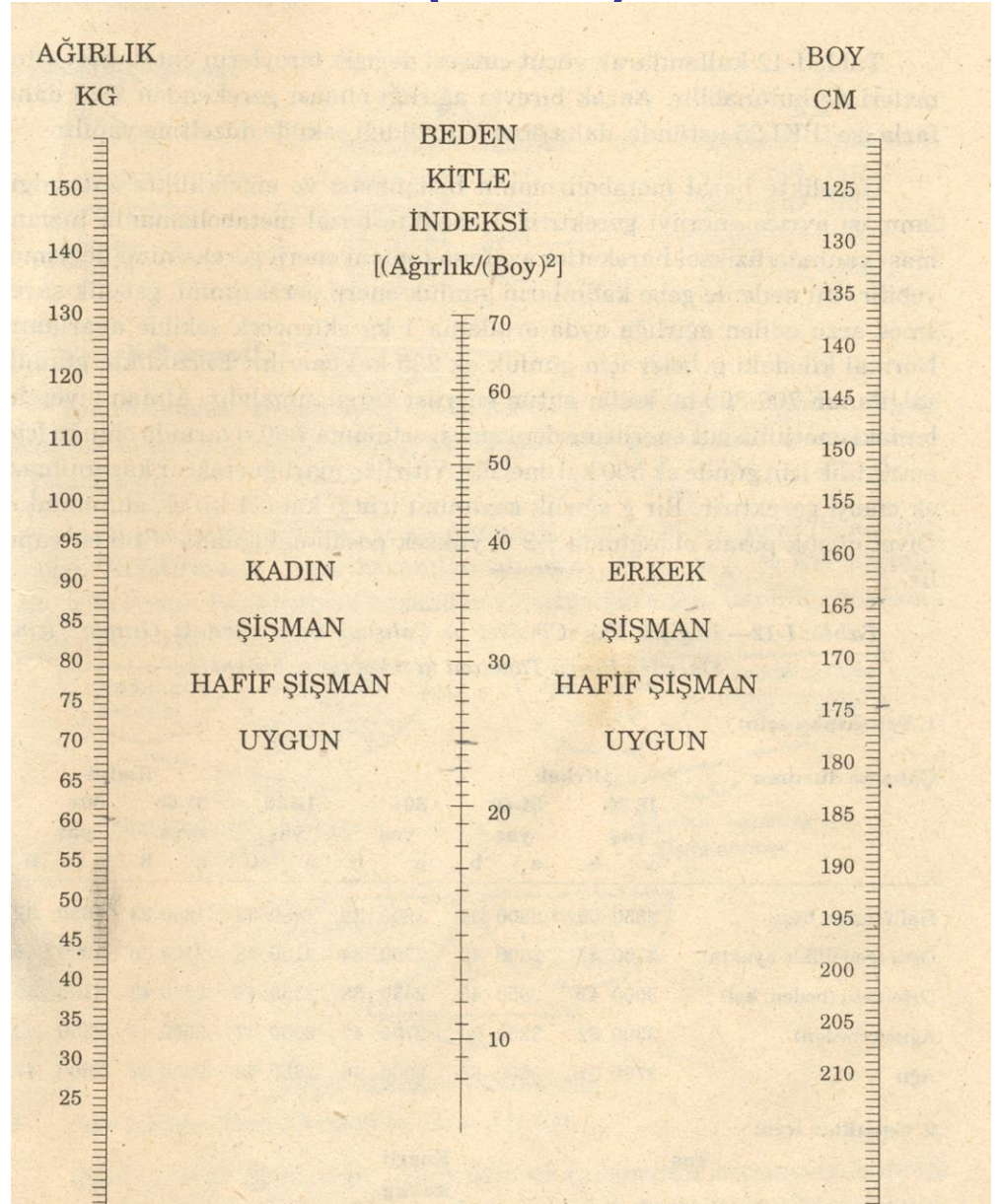
Aktivite Türü	Enerji Maliyeti (Tablo I-11)	Süre/saat	Toplam maliyet(kal)
Yatakta	1	8	8
Oturma	1.5	8	12
Ayakta	2.5	4	10
Yürüme (Yokuş)	5.0	2	10
Koşma	7.0	2	14
	Toplam	24	54

Aktivite faktörü $54/24 = 2.25$

- Bireyin boya göre ideal ağırlığı beden kitle indeksi(BKİ) ile belirlenir
- Bireyin ağırlığı olması gerekenden %25 daha fazla ise daha önce bildirildiği şekilde düzeltme yapılır

Beden kitle indeksi(BKİ)

- BKİ'nin 20-24,9 arası uygun beden yapısını gösterir



DMH'in pratik olarak hesaplanması

- Erkek; $1\text{kal} \times \text{uygun ağırlık} \times 24$
- Kadın; $0,95\text{kal} \times \text{uygun ağırlık} \times 24$

- Toplum için enerji tüketim standartları önerilirken toplumu oluşturan insanların boy ve ağırlık durumları ile yaşam koşulları dikkate alınır
- Yaş ilerledikçe enerji gereksinimi azalacağından yaşa göre bir ayarlama yapmak gerekir
- Çevre ısısının her 10°C düşüşünde enerji gereksinimi %5 artar, aksinde azalır

FAO ve WHO tarafından değişik yaşı, cinsiyet ve aktivitede olanlar için önerilen enerji gereksinmesi(a=kal/gün,b=kal/kg)

1. Yetişkinler için:

Çalışma durumu	Erkek						Kadın					
	18-30		31-60		60+		18-30		31-60		60+	
	yaş		yaş		yaş		yaş		yaş		yaş	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Hafif (masa başı)	2350	36	2300	35	1900	29	1850	33	1850	33	1650	30
Orta (genellikle ayakta)	2700	42	2600	40	2200	34	2100	38	2100	38	1900	34
Orta üstü (beden; kol)	3000	47	2950	45	2450	38	2350	42	2350	42	2100	39
Ağırca (beden)	3300	52	3250	50	2750	42	2600	47	2650	47	2350	43
Ağır	3700	57	3600	55	3000	46	2850	52	2900	52	2600	47

2. Çocuklar İçin:

Yaş	Enerji kal/kg
3-6 Ay	100
7-9 Ay	95
9-12 Ay	100
1-2 Yaş	105
2-3 Yaş	100
3-5 Yaş	95
5-7 Yaş	85-90
7-10 Yaş	67-78

3. Ergenlik Çağı İçin:

Yaş	Erkek		Kız	
	DMH/Kg	Kal/Gün	DMH/Kg	Kal/Gün
10-12	36.5 x 1.75	2200	33.0 x 1.64	1950
12-14	32.5 x 1.68	2400	28.5 x 1.59	2100
14-16	29.5 x 1.64	2650	26.5 x 1.55	2150
16-18	27.5 x 1.60	2850	25.5 x 1.53	2150

- Hamilelikte bazal metabolizmanın hızlanması ve emzicilikte süt salgılanması ayrıca **enerji gerektirir**
- Fakat hamilelikte bazal metabolizmanın hızlanması yanında fiziksel hareketler azalır **toplam enerji gereksinimi değişmeyebilir**
- Normal kilodaki hamileler için günlük ek **285kal** önerilir
- Emzicilikte günlük salgılanan 700-800ml kadar sütün enerjisi karşılanmalıdır, bu nedenle emzicilik için günde ek **500 kal** önerilir
- Yitirilen ağırlığın tekrar kazanılması ek enerji gerektirir. **1g** ağırlık kazanımı için **7kal** ek alınmalıdır
- Diyet **düşük posalı** olduğunda %2-3, **yüksek posalı** olduğunda %4-6 ek yapılır

Enerji dengesi

- Enerji dengesi alınan enerjinin harcanana eşit olduğu durumdur
- En iyi göstergesi vücut ağırlığının boya göre orantılı olması ve değişmemesidir
- Kazanılan ağırlığın %64'ü yağ, %6'sı protein, %30'u da sudur
- Gerektiğinden çok enerji sağlayan besin alarak şişmanlamak veya yetersiz beslenerek aşırı zayıflamak sağlık için zararlıdır

Enerji dengesi ve vücut ağırlığı

