

Ρύθμιση Σωματικού Βάρους

Θανάσης Τζιαμούρτας, Ph.D.

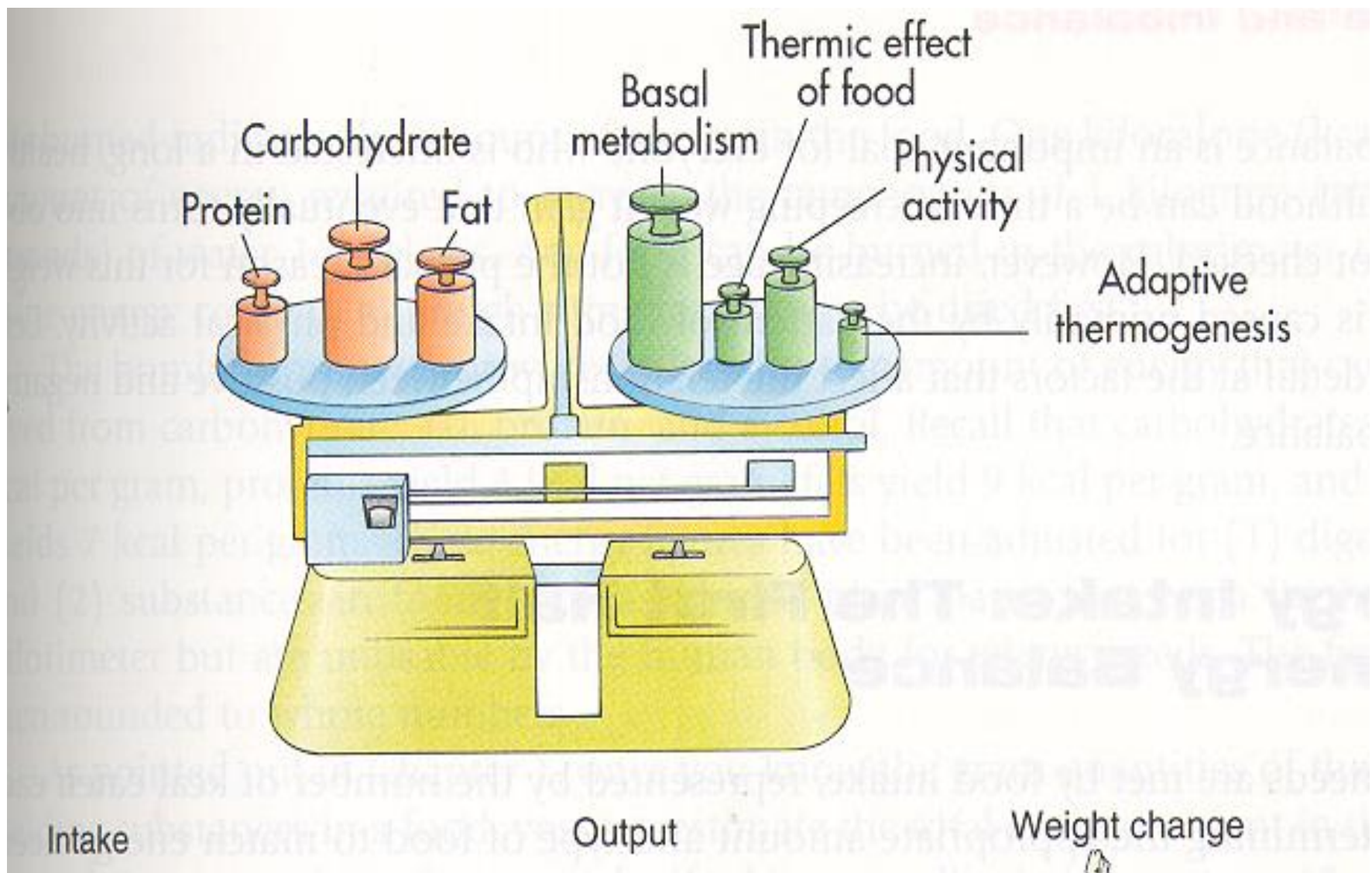
Καθηγητής Βιοχημείας της Άσκησης

Σκοπός

- Για να μπορέσει ένα άτομο να παραμείνει στα ίδια κιλά θα πρέπει να προσέξει την ποσότητα της τροφής που προσλαμβάνει και τις δραστηριότητες που πραγματοποιεί ημερησίως. Σκοπός αυτής της διάλεξης είναι να παρουσιάσει στους φοιτητές τους 2 παράγοντες (πρόσληψη τροφής-ενέργειας και κατανάλωση ενέργειας) που επηρεάζουν την ενεργειακή ισορροπία του οργανισμού και με αυτό να καταλάβουν γιατί ένα άτομο παίρνει ή χάνει κιλά.

Ενεργειακή ισορροπία

- Μία κατάσταση κατά την οποία η ενέργεια που προσλαμβάνεται με την μορφή τροφών και αλκοόλ ισοδυναμεί με την ενέργεια που καταναλώνεται, κυρίως διαμέσου του Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού και της φυσικής δραστηριότητας.



Ενεργειακή ισορροπία

- Εάν κάποιος προσλαμβάνει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας από αυτή που καταναλώνει τότε θα πάρει κιλά, ενώ στην περίπτωση που κάποιος καταναλώνει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας από αυτή που προσλαμβάνει τότε θα χάσει κιλά.

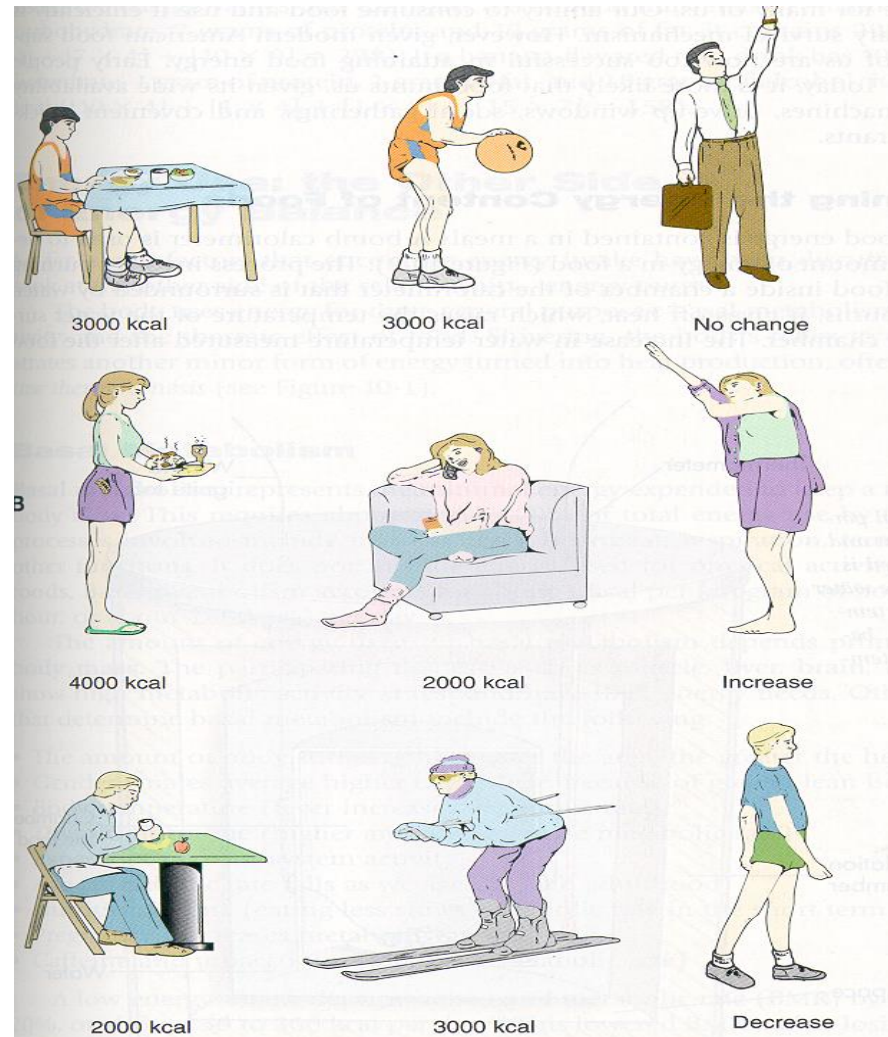
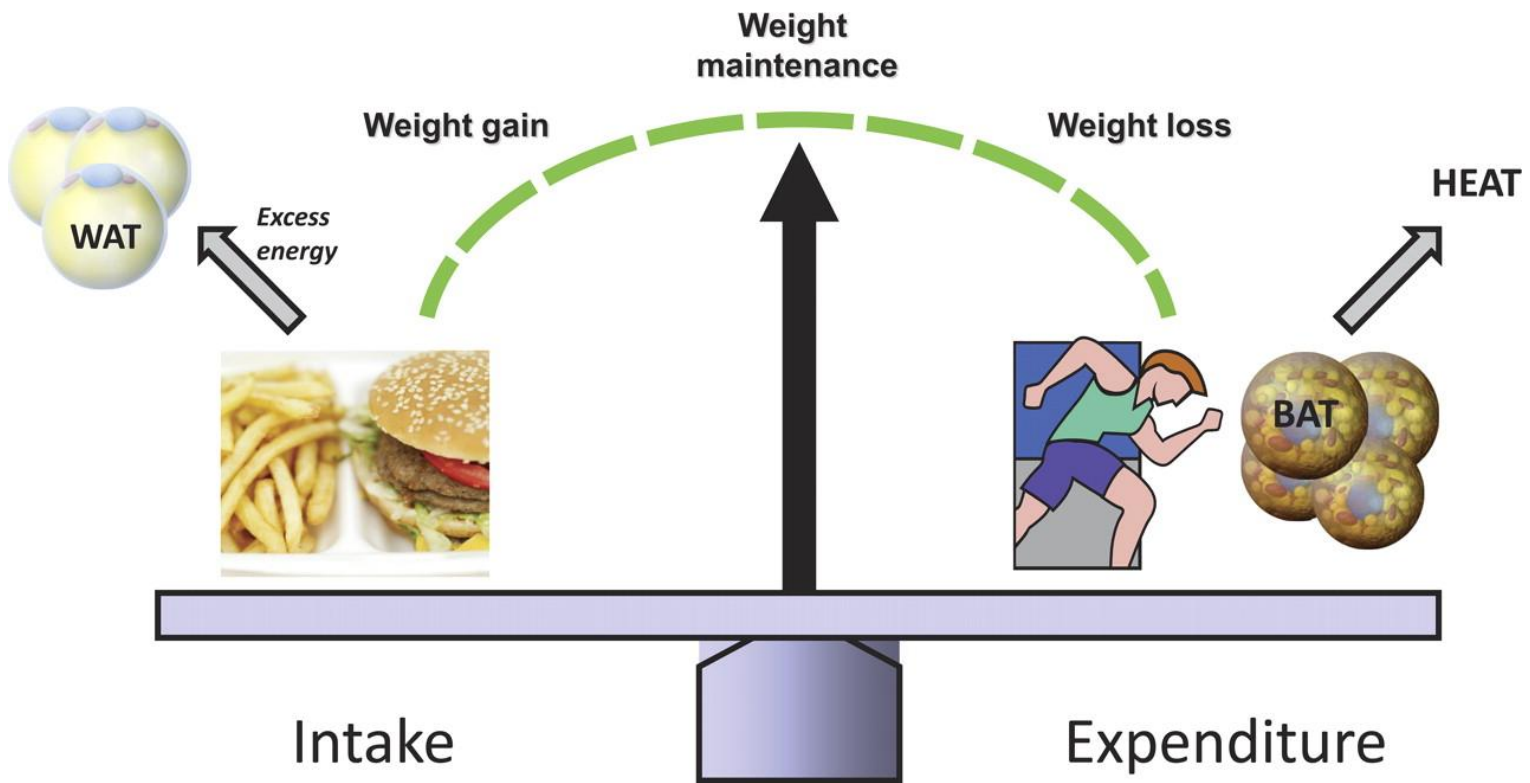


Figure 10-1 A model for energy balance. The model of a laboratory scale in (A) i



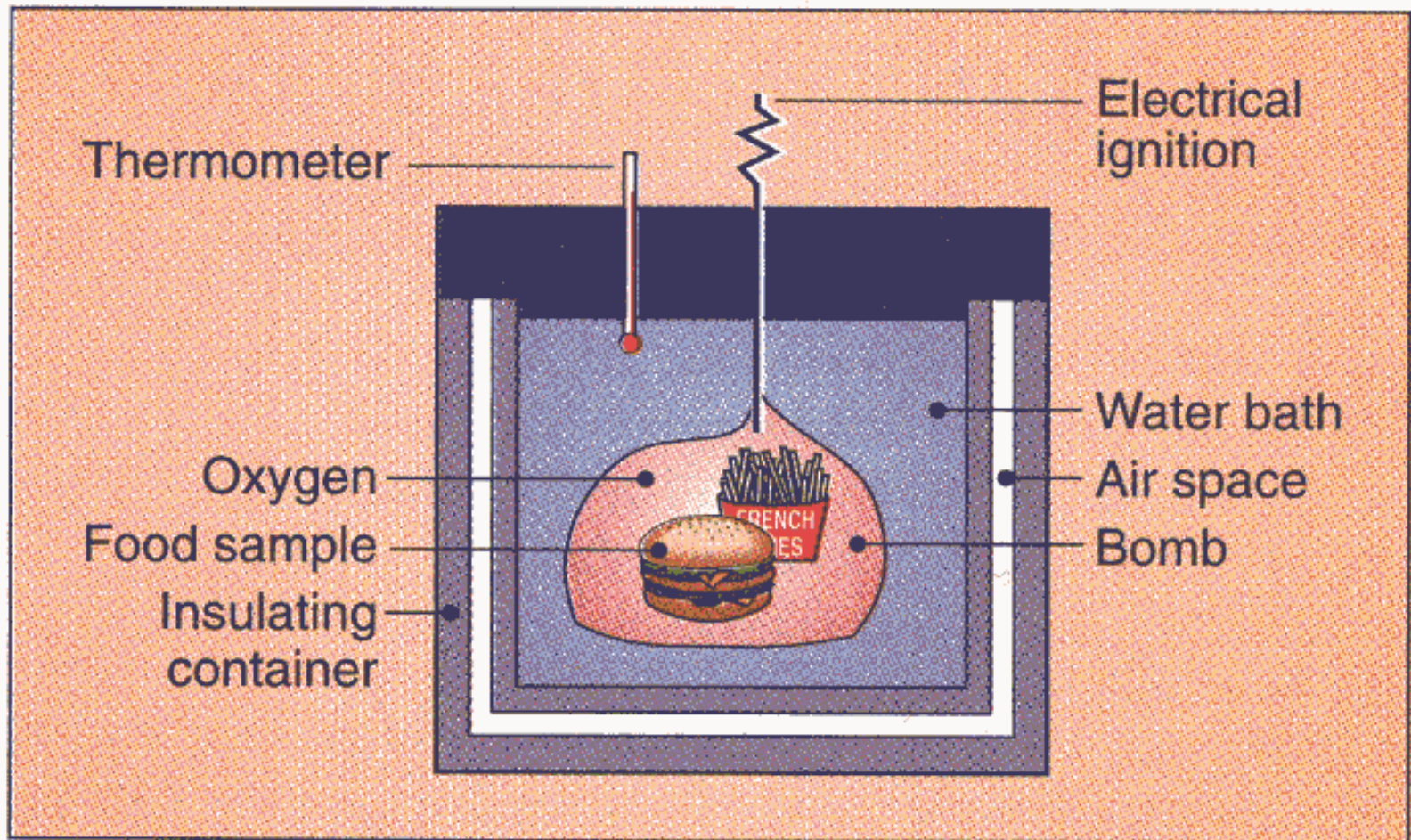
Πρόσληψη ενέργειας

- Η πρόσληψη ενέργειας καθορίζεται από τις τροφές που τρώμε σε καθημερινή βάση και μας παρέχουν θερμίδες.
- CHO = 4 θερμίδες
- Λίπος = 9 θερμίδες
- Πρωτεΐνη = 4 θερμίδες
- Αλκοόλ = 7 θερμίδες

Καθορισμός ενεργειακής περιεκτικότητας των τροφών

- Κλίβανος θερμομέτρησης (bomb calorimeter)
- Άμεσος προσδιορισμός της ενέργειας σε μία τροφή
- Θερμίδα = ενέργεια που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός kg νερού κατά 1 βαθμό Κελσίου

Κλίβανος θερμομέτρησης

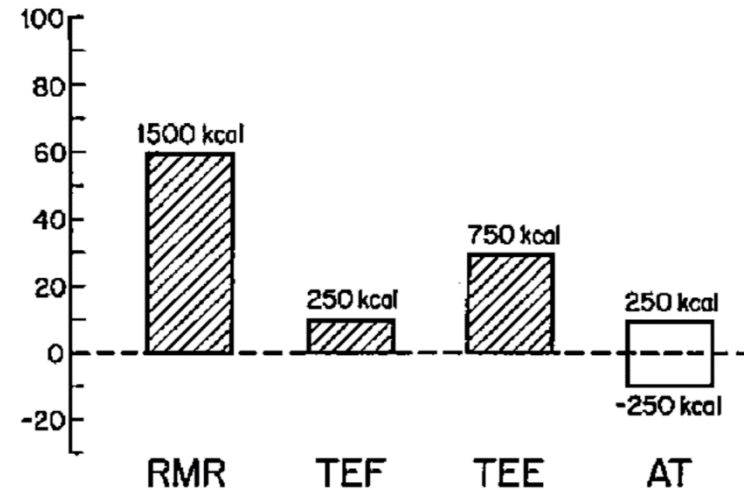


Κλίβανος θερμομέτρησης

- Οι τιμές που παίρνονται προσαρμόζονται λόγω α) πέψης και β) φυτικών ινών που οξειδώνονται αλλά δεν μας παρέχουν ενέργεια.
- Kjoule = το έργο που απαιτείται για την μεταφορά 1 κιλού σε μία απόσταση 1 μέτρου με μία δύναμη 1 newton.
- 1 kcal = 4.18 kjoules

Παραγωγή ενέργειας

1. Βασικός μεταβολικός ρυθμός (Resting Energy Expenditure)
2. Φυσική δραστηριότητα (Physical Activity)
3. Πέψη τροφών (Thermic Effect of Food)
4. Θερμογένεση (Thermogenesis)



1. Βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMP)

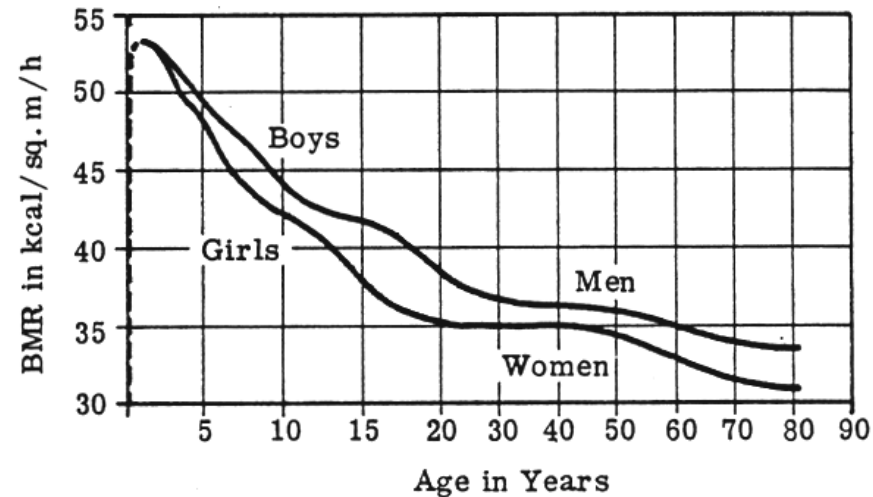
- Αντιπροσωπεύει την ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για να διατηρηθεί ένας ξύπνιος οργανισμός ζωντανός.
- 60-70 % της συνολικής ενέργειας
- Ο BMP ενός φυσιολογικού ατόμου (70 κιλά) υπολογίζεται ως 1 kcal/kg Σ.Β./ώρα (~1600 θερμίδες)
- Εξαρτάται από την άλιπη σωματική μάζα

Συμμετοχή των ιστών στο BMP

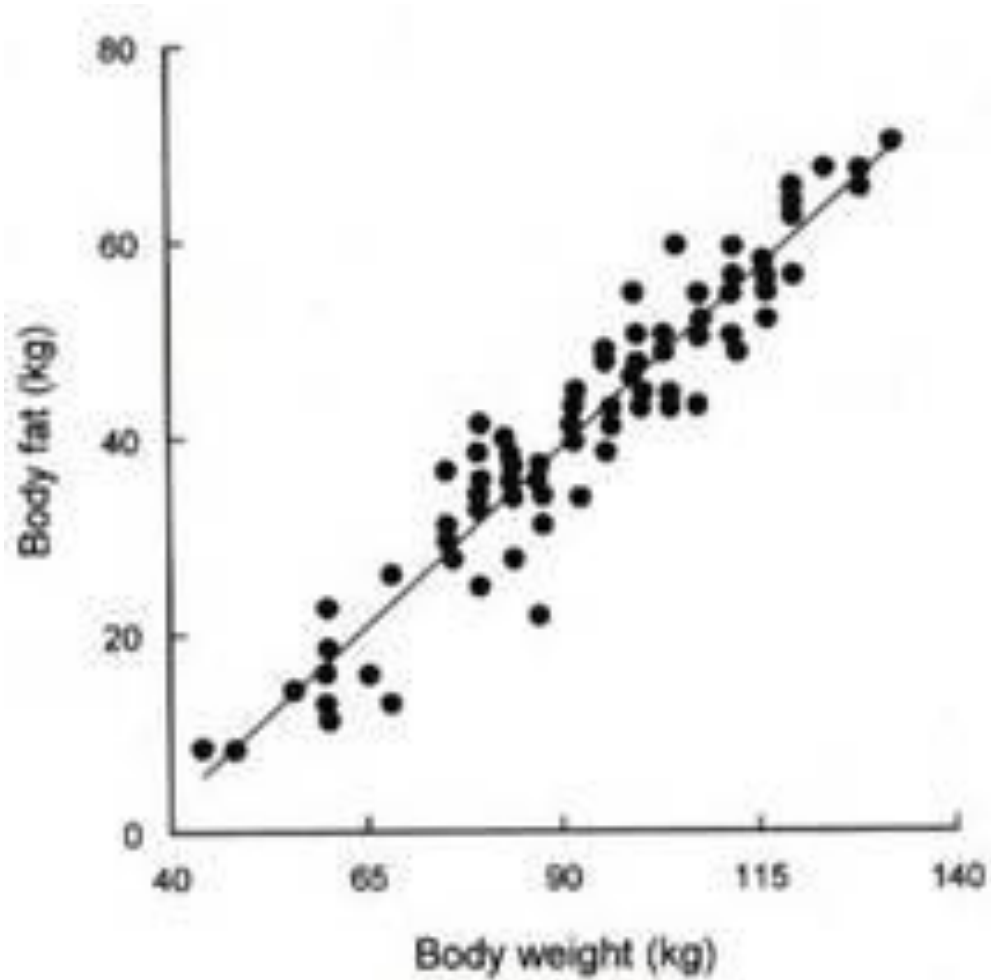
- Ήπαρ 29%
- Εγκέφαλος 19%
- **Μυς 18%**
- Καρδιά 10%
- Νεφροί 7%
- Άλλοι 17%

Παράγοντες επηρεασμού του BMR

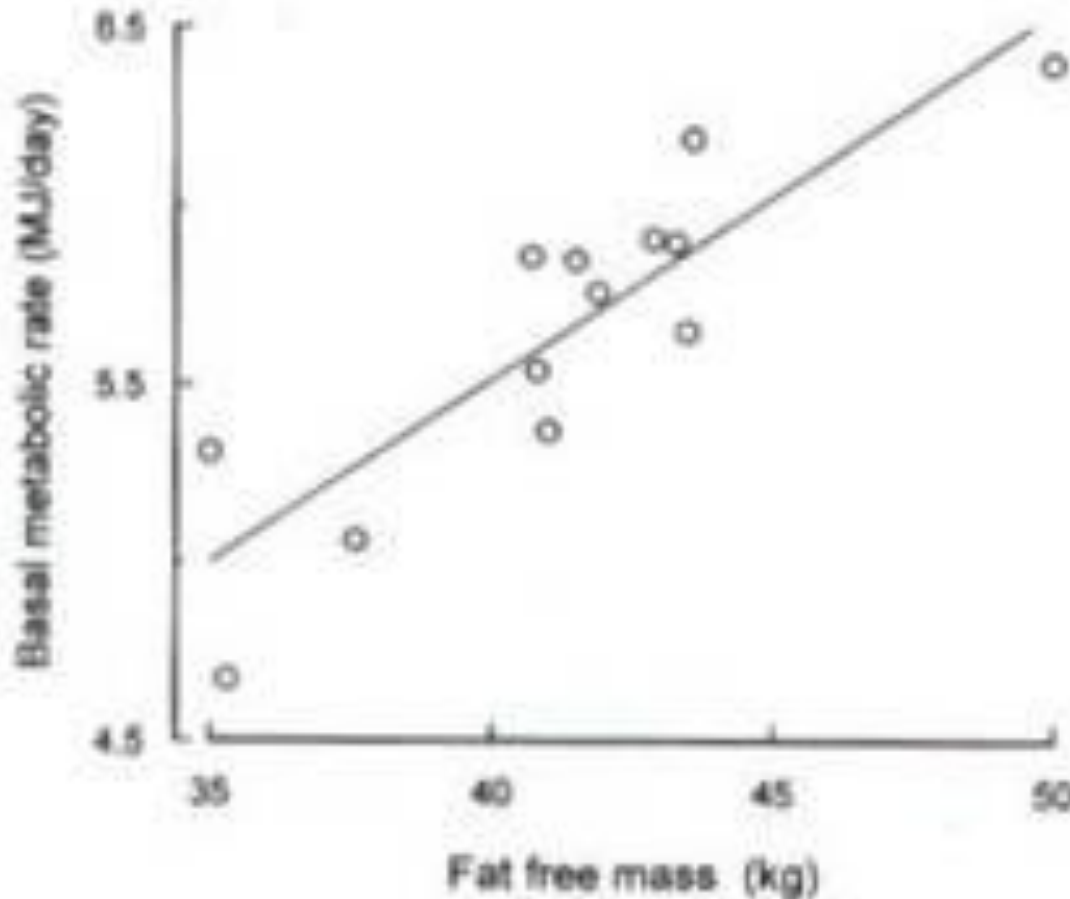
1. Συνολική επιφάνεια του σώματος
2. Φύλο (άλιπη σωματική μάζα)
3. Θερμοκρασία του σώματος
4. Θυροειδικές ορμόνες
5. Ηλικία
6. Εγκυμοσύνη
7. Καφεΐνη και
8. Κάπνισμα
9. Πρόσληψη τροφής (-10-20% με μείωση πρόσληψης τροφής)



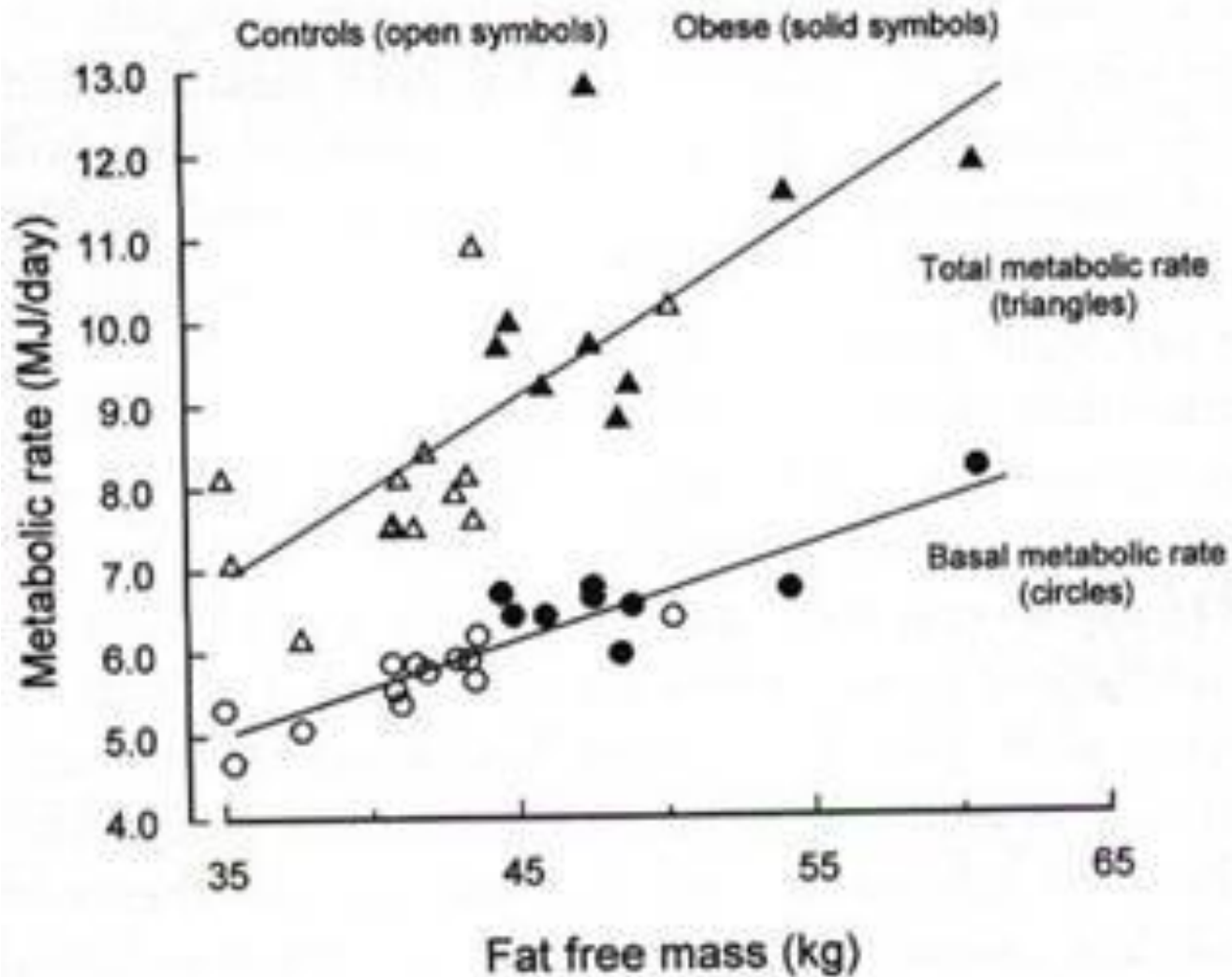
Σχέση μεταξύ σωματικού λίπους και σωματικού βάρους



Σχέση μεταξύ άλιπης μάζας και βασικού μεταβολικού ρυθμού



Σχέση μεταξύ μεταβολικού ρυθμού και άλιπης μάζας σε φυσιολογικές και παχύσαρκες γυναίκες

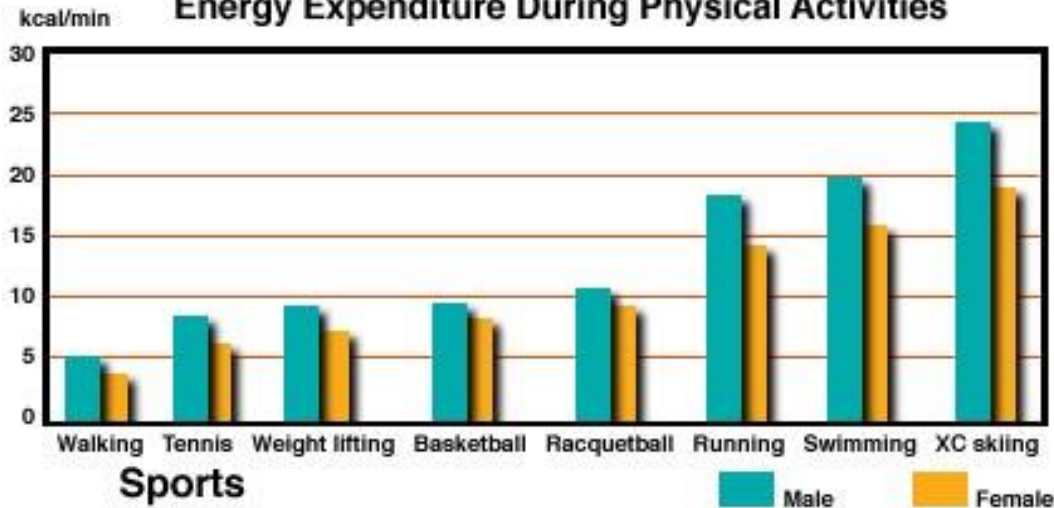


2. Φυσική δραστηριότητα (Physical Activity)

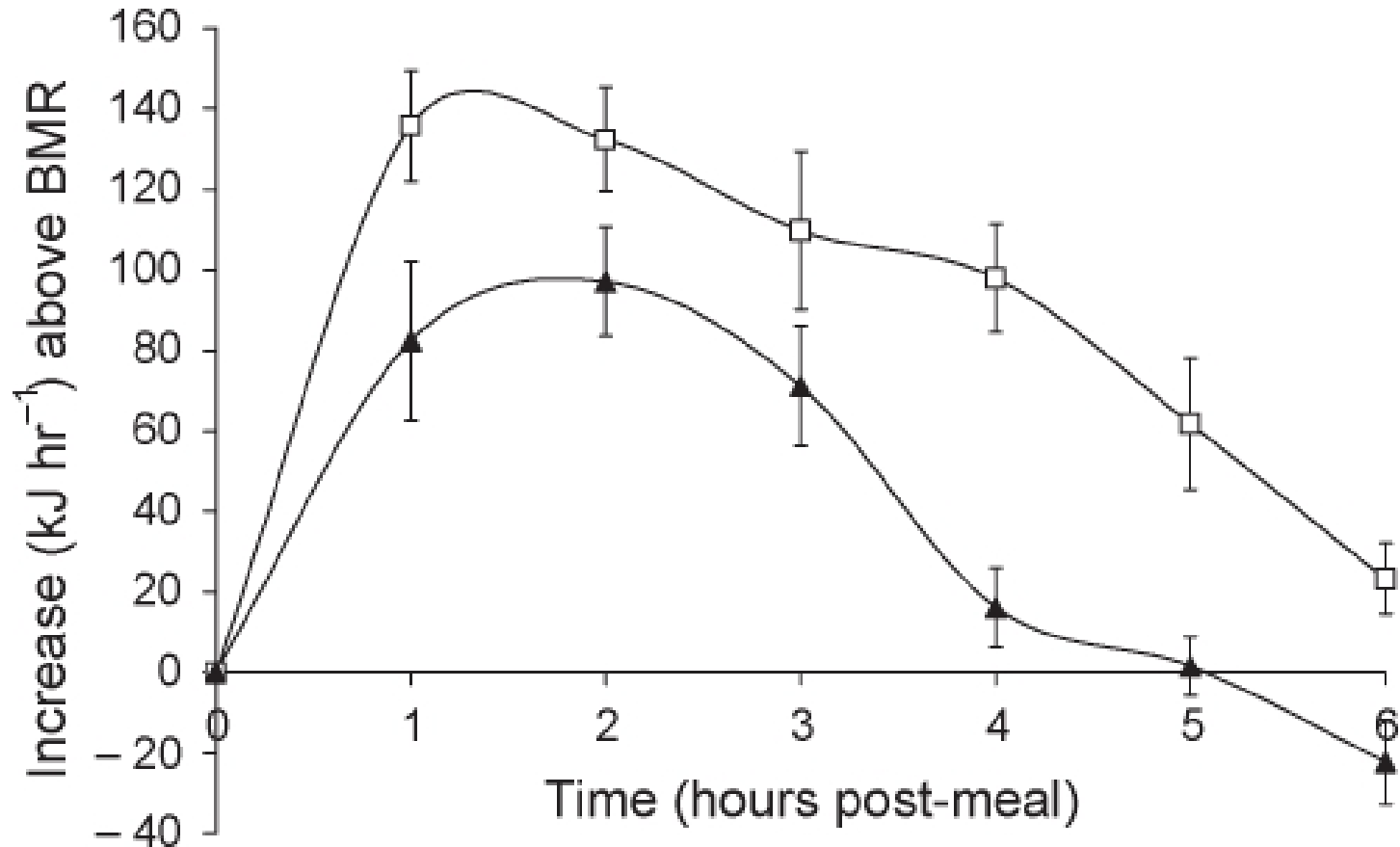
GRADES OF PHYSICAL WORK BASED ON ENERGY EXPENDITURE LEVEL

Grade of work	Energy expenditure, kcal/min	Energy expenditure, 8 h (kcal/day)	Heart rate, beats per minute	Oxygen consumption, L/min
Rest (sitting)	1.5	<720	60-70	0.3
Very light work	1.6-2.5	768-1200	65-75	0.3-0.5
Light work	2.5-5.0	1200-2400	75-100	0.5-1.0
Moderate work	5.0-7.5	2400-3600	100-125	1.0-1.5
Heavy work	7.5-10.0	3600-4800	125-150	1.5-2.0
Very heavy work	10.0-12.5	4800-6000	150-180	2.0-2.5
Unduly heavy work	>12.5	>6000	>180	>2.5

Energy Expenditure During Physical Activities



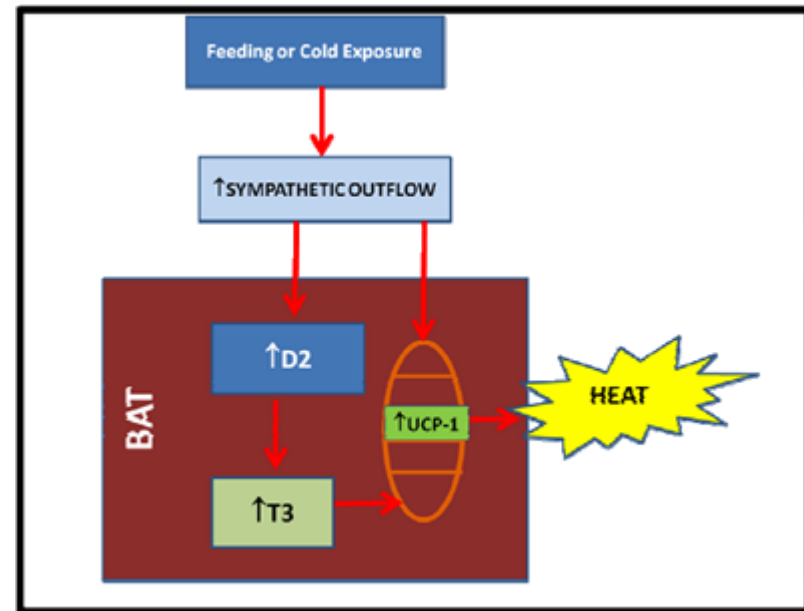
3. Πέψη τροφών (Thermic Effect of Food)



Changes in BMR over time in processed foods (triangles)
vs. whole foods (white squares)

4. Θερμογένεση

- Αντιπροσωπεύει την ενέργεια που απαιτείται σαν αντίδραση σε κρύο περιβάλλον ή υπερφαγία (overfeeding).
- ~5% της συνολικής ενέργειας
- Φαίος Λιπώδης Ιστός (Brown adipose tissue-μη-παραγωγή ATP)
- ΣΝΣ (β3 αδρενεργικοί υποδοχείς)

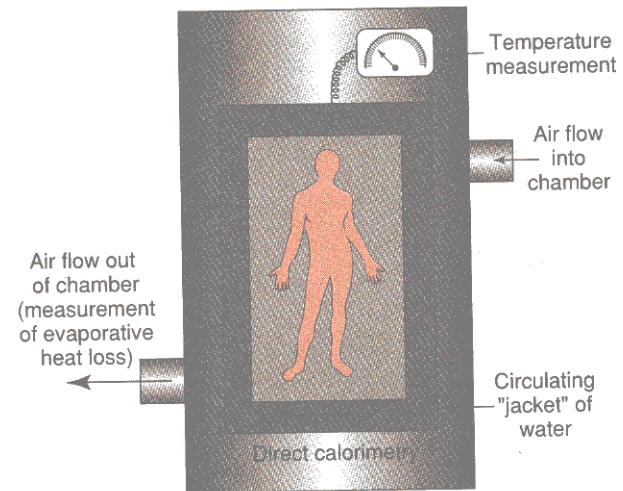


Τρόποι μέτρησης κατανάλωσης ενέργειας

- Άμεση θερμοδομετρία
- Έμμεση θερμοδομετρία

Άμεση θερμιδομετρία

- Μονωμένο δωμάτιο
- Αύξηση θερμοκρασίας νερού
- Σύνθετη και ακριβή



Έμμεση θερμοδομετρία

- Μέτρηση πρόσληψης O₂
- 1 λίτρο O₂ = 5 θερμίδες



Προσδιορισμός ΒΜΡ

- **Γυναίκες**
- 0.9 θερμ./κιλό Σ.Β./ώρα
- **Άνδρες**
- 1 θερμ./κιλό Σ.Β./ώρα
- π.χ.
- 70 κιλά * 1 θερμ./κιλό Σ.Β./ώρα = 70 θερμ./ώρα
- 70 θερμ./ώρα * 24 ώρες/ημέρα = **1680 θερμ./ημέρα**

Προσδιορισμός φυσικής δραστηριότητας

- Ανάλογα με τον τρόπο ζωής και το είδος της δουλειάς πολλαπλασιάζεται η ενέργεια του BMP με ένα συντελεστή.
- Καθιστική δουλειά = 20-40% BMP
- Ελαφριά δουλειά = 55-65% BMP
- Μέτρια δουλειά = 70-75% BMP
- Βαριά δουλειά = 80-100% BMP

Προσδιορισμός φυσικής δραστηριότητας

- Στο προηγούμενο παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι ο άνδρας κάνει μέτρια δουλειά (70% BMP). Επομένως,
- $1680 \text{ θερμ./ημέρα} * 0.70 = 1176 \text{ θερμ./ημέρα}$

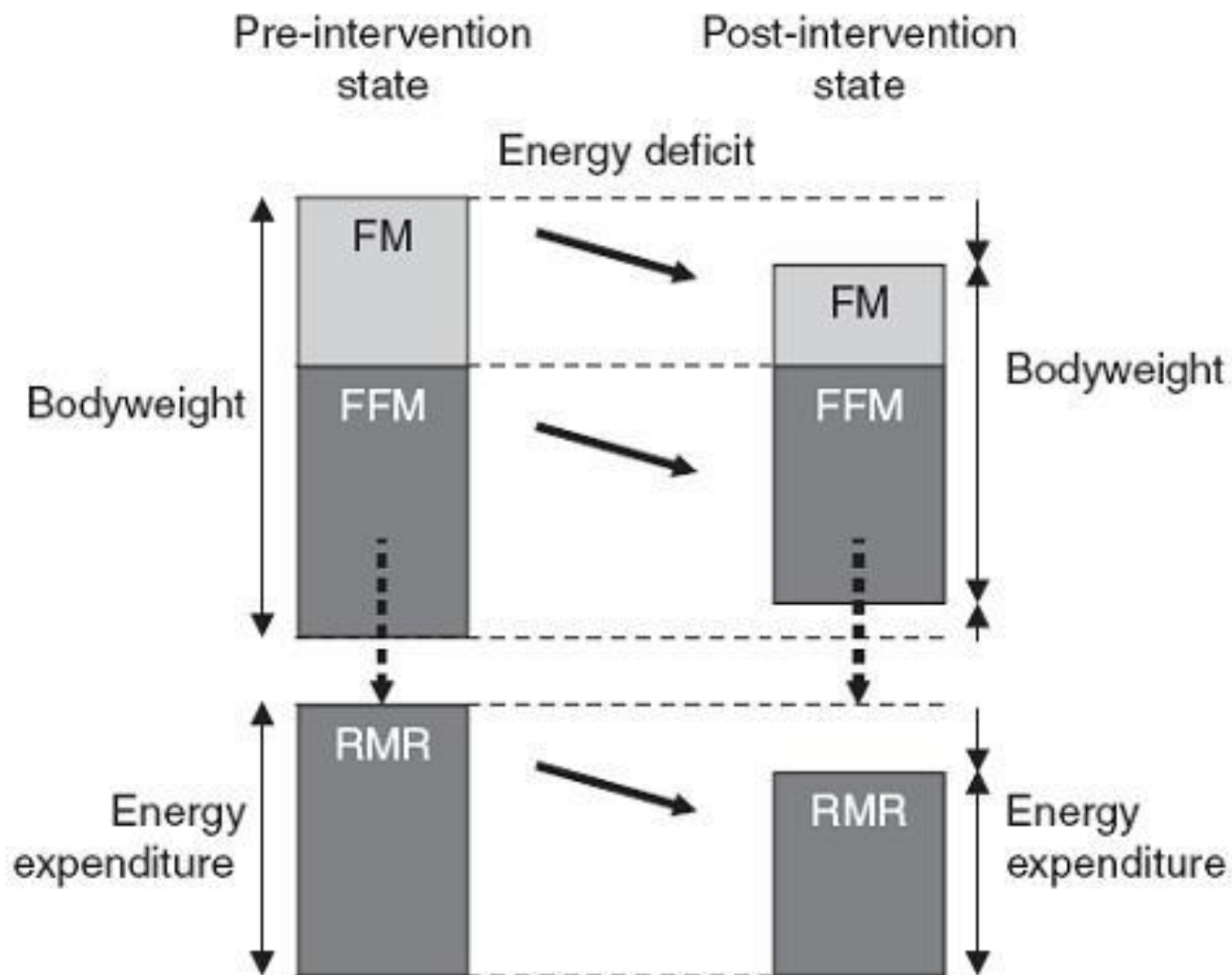
Προσδιορισμός πέψης τροφών

- Ένας γρήγορος τρόπος υπολογισμού είναι να προσθέσουμε τις θερμίδες του BMP και της φυσικής δραστηριότητας και να πάρουμε το 10% αυτών.
- π.χ.
- $1680 \text{ θερμ./ημέρα} + 1176 \text{ θερμ./ημέρα} = 2856 \text{ θερμ./ημέρα}$
- $2856 \text{ θερμ./ημέρα} * 0.10 = 286 \text{ θερμ./ημέρα}$

Προσδιορισμός συνολικής ημερήσιας δαπάνης

- Προσθέτουμε την ενέργεια του BMP, της φυσικής δραστηριότητας και της πέψης των τροφών.
- 1680 θερμ./ημέρα + 1176 θερμ./ημέρα + 286 θερμ./ημέρα = 3142 θερμ./ημέρα

Θεωρητική επίδραση της μείωσης της καταναλώμενης ενέργειας στην λιπώδη μάζα, την άλιπη μάζα και το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας



Ο ρόλος της άσκησης στην αποφυγή και
αντιμετώπιση της παχυσαρκίας

TABLE 1. Influence of caloric expenditure on changes in body weight and total body fat: evidence from randomized, controlled trials.

Reference	Subjects		Treatment	Study Duration (wk)	Energy Expenditure (kcal-wk ⁻¹)	Exercise Duration (min-wk ⁻¹)	Expected Weight Loss (kg-wk ⁻¹) ^b	Actual Δ Weight (kg-wk ⁻¹)	Actual Δ Body Fat (kg-wk ⁻¹)	
	Sex	BMI								
		kg-m ⁻²								% Fat
Studies ≤ 16 wk duration										
Posner et al., 1992 (35) ^a	81 older adults		28	Control	16	—	—	—	-0.01	0.02
	166 older adults		28	Exercise		490	90	-0.06	0.03	-0.03 ^c
Maurier et al., 1997 (30) ^a	11 diabetics	30		Control	8	—	—	—	-0.02	-0.15
	10 diabetics	30		Exercise		840	112	-0.11	-0.19	-0.07
Hinkleman and Neiman, 1993 (22) ^a	18 women		34	Control	15	—	—	—	0.11	0.06
	18 women		36	Exercise		965	225	-0.13	0.00 ^c	-0.01 ^c
Sopko et al., 1985 (44)	6 men		28	Control	12	—	—	—	NS	NS
	6 men		31	Exercise		3500	300	-0.46	-0.52 ^c	-0.64 ^c
Ross et al., 2000 (38)	8 men	31		Control	12	—	—	—	0.01	-0.6
	16 men	32		Exercise		4900	455	-0.63	-0.63 ^c	-0.51 ^c
Studies ≥ 26 wk duration										
Kohrt et al., 1997 (25)	12 postmenopausal women	27		Control	39	—	—	—	0.01	0.01
	14 postmenopausal women	27		Exercise		735	147	-0.09	-0.07 ^c	-0.08 ^c
Binder et al., 1996 (2) ^a	17 older women	25		Control	48	—	—	—	0.01	0.01
	23 older women	25		Exercise		980	140	-0.13	-0.02 ^c	-0.05 ^c
Wood et al., 1988 (48) ^a	42 men		29	Control	52	—	—	—	0.00	-0.01
	47 men		27	Exercise		1330	133	-0.17	-0.08 ^c	-0.08 ^c
Ready et al., 1995 (36)	10 postmenopausal women	32		Control	26	—	—	—	0.02	0.01
	15 postmenopausal women	29		Exercise		1500	266	-0.20	-0.07 ^c	-0.05 ^c

NS, nonsignificant change.

^a The exercise energy expenditure was not reported. The oxygen cost was estimated on the basis of the subjects' $\dot{V}O_{2max}$, exercise intensity, frequency, and duration. Energy expenditure was subsequently determined by multiplying the oxygen cost by 5 kcal-L⁻¹.^b Expected change in weight on the basis of weekly caloric expenditure. It was assumed that 7700 kcal = 1 kg.^c Reduction in exercise group significantly greater than reduction in control group ($P < 0.05$).

TABLE 2. Influence of caloric expenditure on changes in body weight and total body fat: evidence from nonrandomized trials.

Reference	Subjects		Treatment	Study Duration (wk)	Energy Expenditure (kcal-wk ⁻¹)	Exercise Duration (min-wk ⁻¹)	Expected Weight Loss (kg-wk ⁻¹) ^b	Actual Δ Weight (kg-wk ⁻¹)	Actual Δ Body Fat (kg-wk ⁻¹)	
	Sex	BMI								
		kg-m ⁻²								% Fat
Studies ≤16 wk duration										
Poehlman et al., 1994 (33) ^a	18 older adults	25	Exercise	8	665	154	-0.09	0	-0.05	
Goran and Poehlman, 1992 (19) ^a	11 older adults		Exercise	8	665	91	-0.09	0	-0.11 ^d	
Weltman et al., 1980 (46) ^a	5 men	28	Control	10	—	—	—	-0.03	0.02	
	11 men	23	Exercise		770	182	-0.1	-0.10	-0.10 ^c	
Reid et al., 1994 (37) ^a	7 adults	30	Exercise	12	945	119	-0.12	-0.04	-0.09	
Grediagin et al., 1995 (17)	6 women	24	HI Ex	12	1190	140	-0.16	-0.06	-0.19	
	6 women	26	LI Ex		1190	224	-0.16	-0.27 ^d	-0.19	
Gordon et al., 1997 (16) ^a	14 hypertensive adults	34	Exercise	12	1365	147	-0.17	-0.08	-0.07	
Farrell and Barboriak, 1980 (12) ^a	7 men	28	Exercise	8	1505	105	-0.20	-0.25	-0.21 ^d	
	9 women	24	Exercise		840	105	-0.11	-0.06	-0.11 ^d	
Houmard et al., 1994 (23) ^a	13 men	30	Exercise	14	1505	154	-0.2	-0.14 ^d	-0.20 ^d	
Kollias et al., 1973 (27)	5 young women	30	Exercise	15	1610	245	-0.21	-0.38 ^d	-0.22 ^d	
Schwartz, 1987 (41) ^a	14 obese men	31	Exercise	12	1715	119	-0.22	-0.23 ^d	-0.29 ^d	
Hagan et al., 1986 (21) ^a	12 men	25	Exercise	12	1785	147	-0.23	-0.02	-0.02	
	12 women	35	Exercise		1130	147	-0.15	-0.05	-0.12	
Keim et al., 1990 (24) ^a	5 women	35	Exercise	12	2380	245	-0.31	-0.42 ^d	-0.37 ^d	
Boileau et al., 1971 (3)	8 young men	37	Exercise	9	2765	300	-0.36	-0.36 ^d	-0.66 ^d	
Bouchard et al., 1994 (5)	14 young men	24	Exercise	13	4375	357	-0.57	-0.38 ^d	-0.38 ^d	
Leon et al., 1979 (29)	6 young men	33	Exercise	16	5495	448	-0.71	-0.47 ^d	-0.37 ^d	
Studies ≥20 wk duration										
Smutok et al., 1993 (43) ^a	10 men	29	Control	20	—	—	—	0.04	0.01	
	13 men	28	Exercise		945	91	-0.12	-0.02	-0.07	
Poirier et al., 1996 (34) ^a	11 diabetic men	27	Exercise	26	1225	154	-0.16	-0.03	-0.02	
Frey-Hewitt et al., 1990 (14) ^a	44 men	27	Exercise	46	1470	182	-0.19	-0.09	-0.09 ^d	
Coggan et al., 1992 (6) ^a	12 older men	28	Exercise	43	1505	175	-0.20	-0.08 ^d	-0.08 ^d	
	11 older women	36	Exercise		1505	175	-0.20	-0.05 ^d	-0.06 ^d	
Kohrt et al., 1992 (26)	16 older men	25	Control	~45	—	—	—	0.00	-0.01	
	47 older men	27	Exercise		1890	182	-0.24	-0.12 ^c	-0.06 ^c	
	13 older women	24	Control		—	—	—	0.03	0.02	
	46 older women	25	Exercise		1120	182	-0.14	-0.04 ^c	-0.04 ^c	
Després et al., 1991 (8) ^a	13 women	34	Exercise	60	2450	406	-0.32	-0.06 ^d	-0.08 ^d	
Lamarque et al., 1992 (28) ^a	31 women	34	Exercise	26	2450	406	-0.32	-0.03	-0.03	

HI Ex, high-intensity exercise; LI Ex, low-intensity exercise.

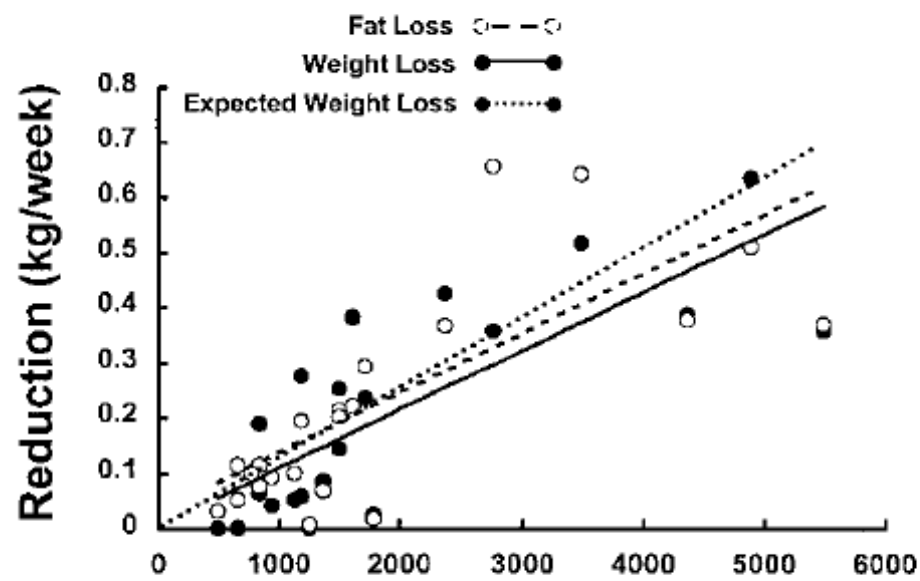
^a The exercise energy expenditure was not reported. The oxygen cost was estimated on the basis of the subjects' $\dot{V}O_{2max}$, exercise intensity, frequency, and duration. Energy expenditure was subsequently determined by multiplying the oxygen cost by 5 kcal-L⁻¹.

^b Expected change in weight on the basis of weekly caloric expenditure and duration of study. It was assumed that 7700 kcal = 1 kg.

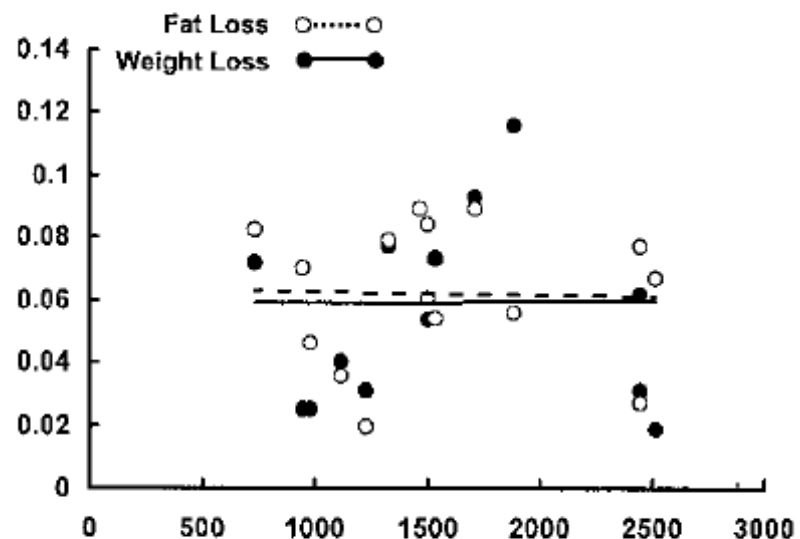
^c Reduction in exercise group significantly greater than reduction in control group ($P < 0.05$).

^d Significant within-group reduction ($P < 0.05$).

Studies ≤ 16 weeks



Studies ≥ 26 weeks



Energy Expenditure (kcal/week)

Από τους πίνακες 1 και 2 προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

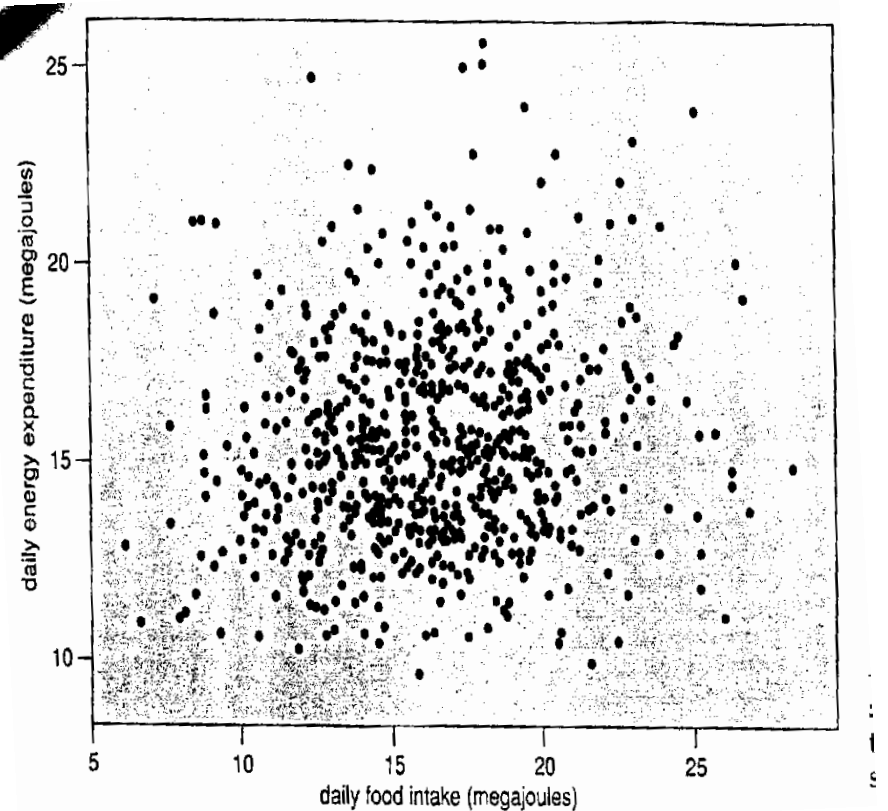
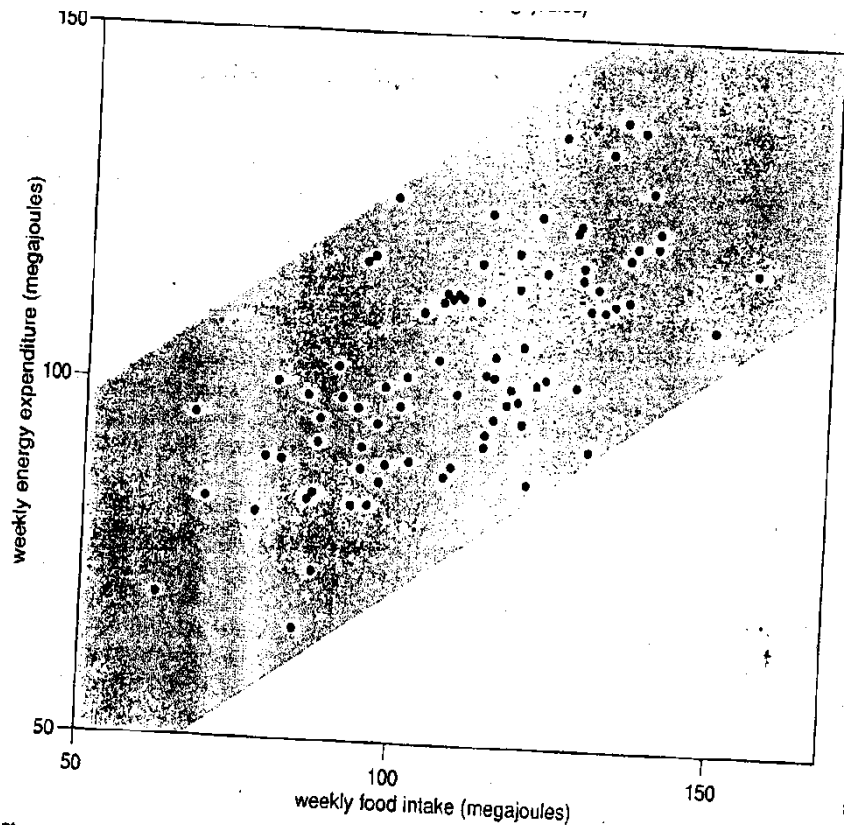
1. Τα αποτελέσματα από τις βραχυπρόθεσμες έρευνες υποστηρίζουν ότι αύξηση της φυσικής δραστηριότητας σχετίζεται θετικά με μείωση του ολικού λίπους με δόσο-εξαρτώμενο τρόπο. Αυτό δεν συμβαίνει στις μακροπρόθεσμες έρευνες.
2. Μόνο 3 μελέτες χρησιμοποίησαν γυναίκες με κατανάλωση ενέργειας πάνω από 1500 kcal/wk, έτσι, η δόσο-εξαρτώμενη σχέση έχει κυρίως προσδιοριστεί από τις έρευνες σε άνδρες.
3. Γενικά, η απώλεια βάρους στις βραχυπρόθεσμες έρευνες είναι περίπου στο 85% από το αναμενόμενο και περιλαμβάνει σχεδόν μόνο λίπος.
4. Η επίδραση της ηλικίας, της εθνικότητας και του φύλου είναι σχεδόν άγνωστη.

- Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένα, εκτός του παράγοντα της πρόσληψης της τροφής ένας άλλος παράγοντας ο οποίος καθορίζει το βάρος είναι και η πρόσληψη της τροφής.

Γιατί τρώω;

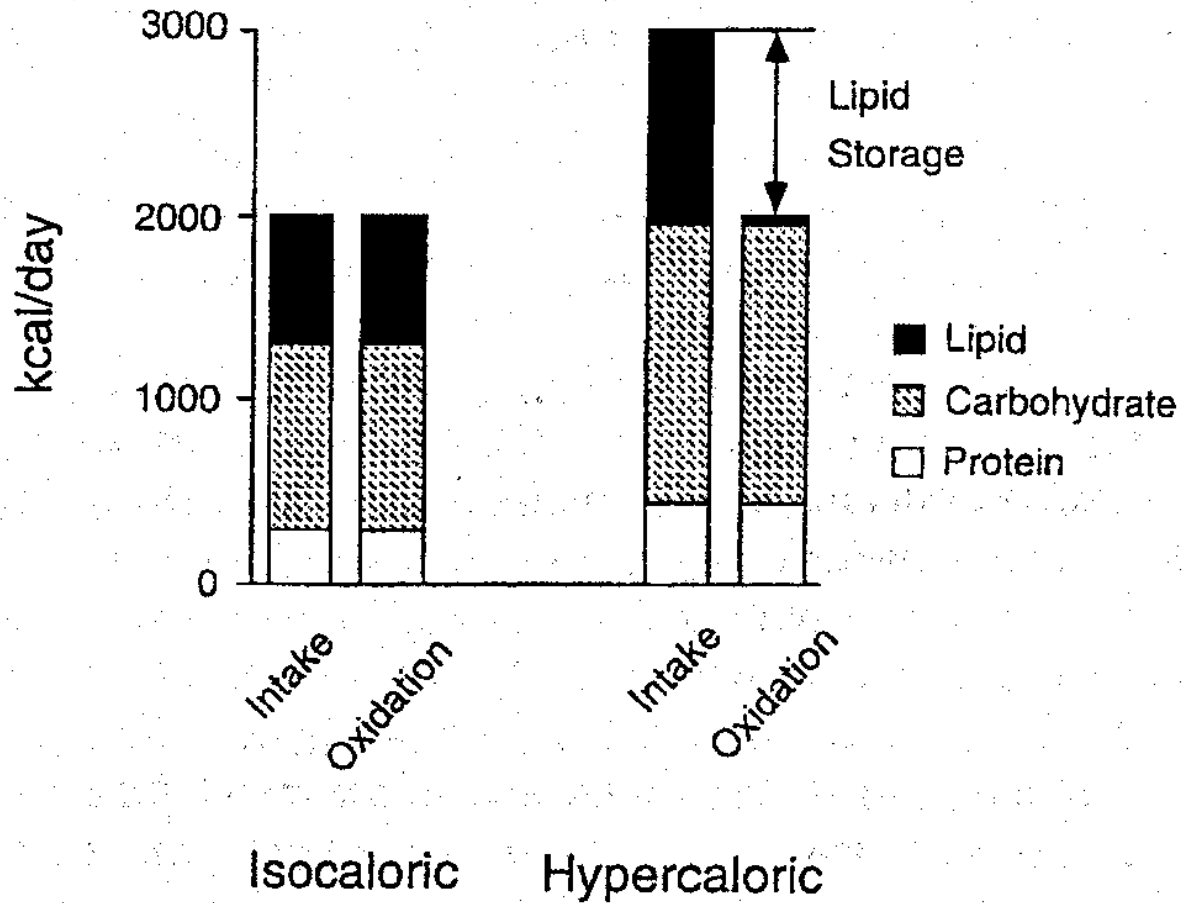
- Υπολογίστηκε ότι μία γυναίκα 25 ετών μέσα σε 40 χρόνια αύξησε το βάρος της κατά 11 κιλά αφού είχε ήδη καταναλώσει περίπου 20 τόνους φαγητού.
- Μικρό λάθος υπολογισμού θερμίδων (0.03%).
- Υπάρχουν κέντρα στον υποθάλαμο τα οποία οδηγούν τόσο στην πρόσληψη της τροφής όσο και στο σταμάτημα της πρόσληψης τροφής.

Έχει βρεθεί πως ο καθορισμός της πρόσληψης της τροφής είναι καλύτερος όταν υπολογίζεται σε εβδομαδιαία παρά σε ημερήσια βάση (3-day recall).

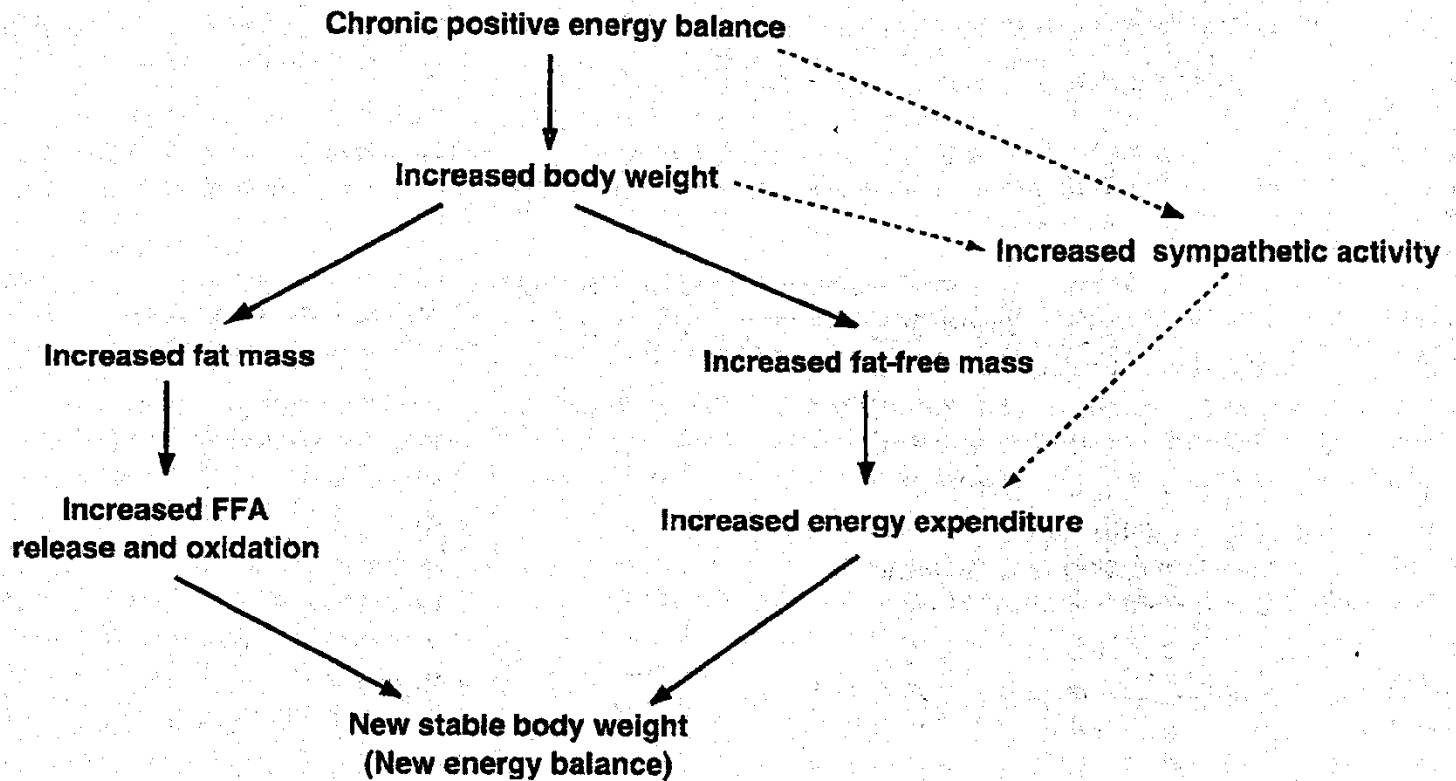


150

Οι επιπλέον θερμίδες δεν οξειδώνονται και αποθηκεύονται



Επιδράσεις και προσαρμογές του θετικού ισοζυγίου θερμίδων (μέτρηση ΕΔΗ σε υπέρβαρα άτομα)

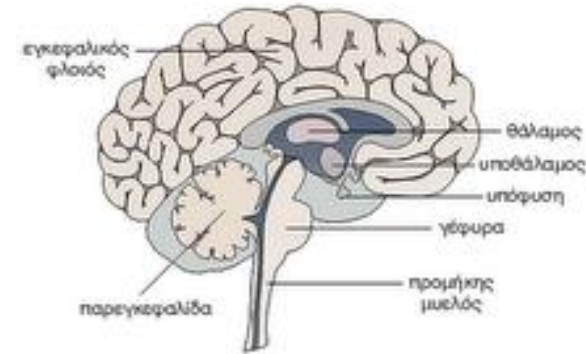


Σύστημα ελέγχου πρόσληψης τροφής και σωματικού βάρους

- **Ρυθμιζόμενη παράμετρος** (σωματικό βάρος, τροφή)
- **Κεντρικός ελεγκτής-ρυθμιστής** (εγκέφαλος)
- **Κεντρομόλο σύστημα** το οποίο πληροφορεί τον κεντρικό ρυθμιστή για την ποσότητα της ρυθμιζόμενης παραμέτρου
- **Φυγόκεντρο σύστημα** το οποίο ξεκινάει τις ανάλογες ενέργειες που προσδιορίζει ο κεντρικός ρυθμιστής

Κεντρικός ελεγκτής-ρυθμιστής (εγκέφαλος)

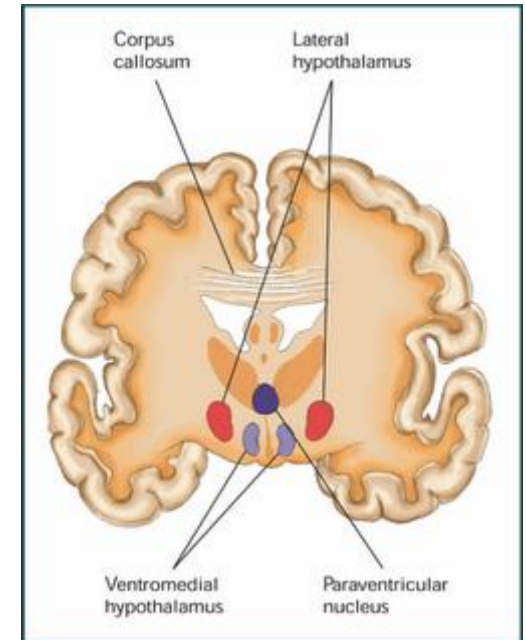
- Υπάρχουν αρκετές περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες είναι υπεύθυνες για την αυξημένη ή μειωμένη πρόσληψη τροφής.
- Μέσο-Πρόσθιος (VMH)
- Πλάγιος (LH)
- Μέσος ραχιαίος (DMH)
- Παρακοιλιακός (PVN)



Μέσο-Πρόσθιος-VMH

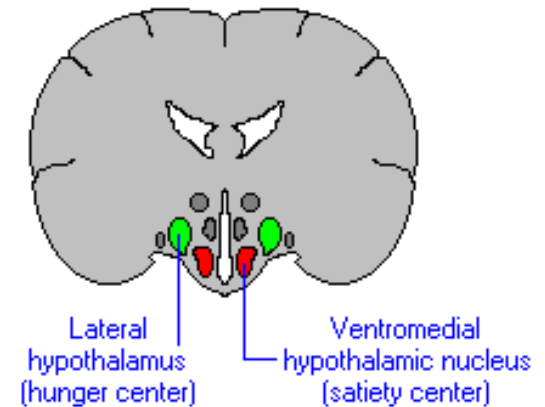
Επιδρά στο ΣΝΣ και οδηγεί στην

- - πρόσληψης τροφής
- + λιπόλυσης
- + δραστηριότητας φαιού λιπώδους ιστού



Βλάβη VMH

- + ΠΝΣ
- + πρόσληψης τροφής
- + πρόσληψης CHO
- - δραστηριότητας φαιού λιπώδους ιστού
- «Satiety center»-κέντρο κορεσμού



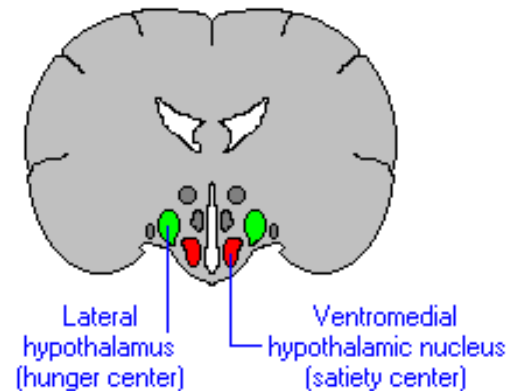
Πλάγιος-LH

Επιδρά στο ΠΝΣ και οδηγεί στην

- + πρόσληψη τροφής
- + σύνθεση λίπους
- + σύνθεση γλυκογόνου
- - δραστηριότητα φαιού λιπώδους ιστού

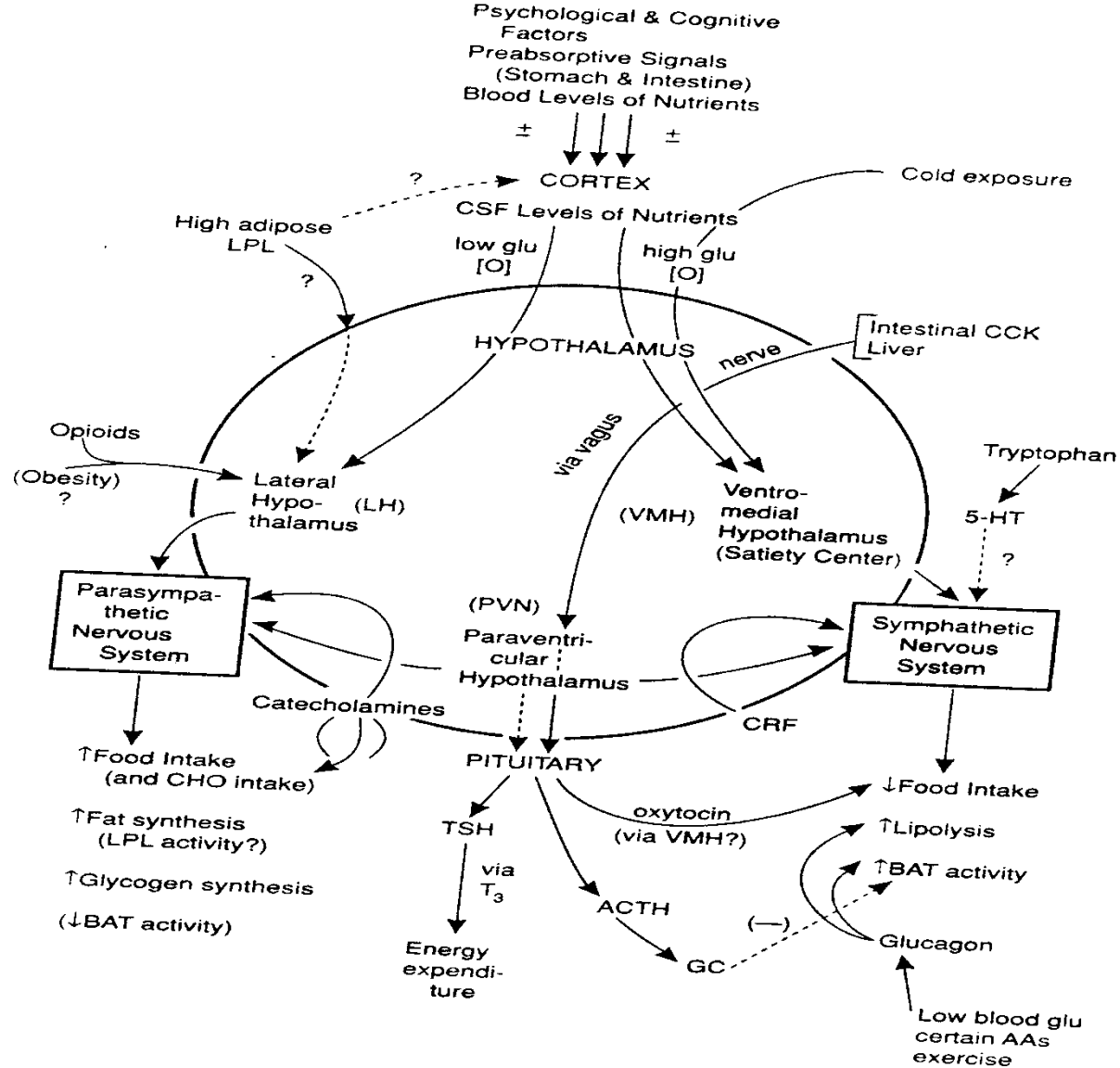
Βλάβη LH

- + ΣΝΣ
- - Πρόσληψη τροφής
- + δραστηριότητα φαιού λιπώδους ιστού
- + θερμοκρασία
- «hunger center»-κέντρο πείνας



Παρακοιλιακός (PVN)- Μέσος ραχιαίος (DMN)

- Περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες η μεν πρώτη για την αναπλήρωση των αποθεμάτων CHO σε ημερήσια βάση και πιθανόν αύξηση της ενεργειακής δαπάνης διαμέσου των θυροειδικών ορμονών, η δε δεύτερη για την ανάπτυξη του ζώου.



LH Lesions
 ↑Sympathetic activity
 ↓Food intake
 ↑BAT activity
 ↑Core body temperature

EFFECTS OF LESIONS
PVN Lesions
 ↑CHO appetite

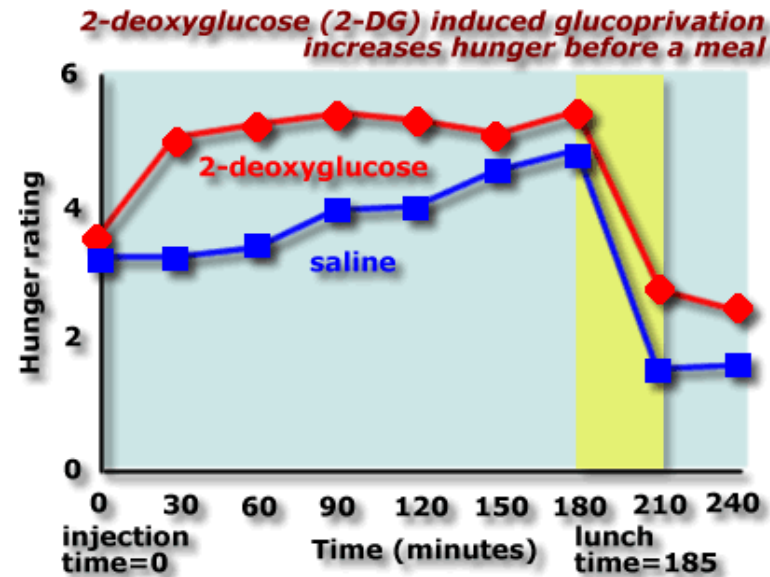
VMH Lesions
 ↑parasympathetic activity
 ↑Total food intake
 ↑CHO intake
 ↓BAT activity

Κεντρομόλο σύστημα

- Αναπτύχθηκαν 2 θεωρίες για τη σύνδεση του κεντρομόλου συστήματος και του ρυθμιστή
 - Γλυκοστατική
 - Λιποστατική

Γλυκοστατική (1)

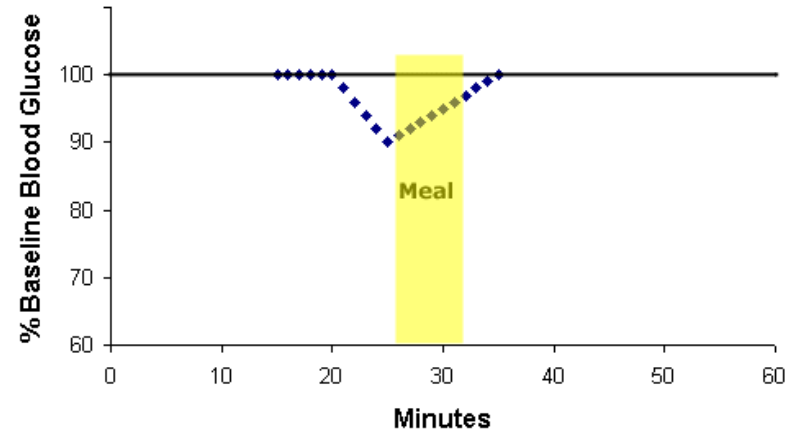
- Έκχυση 2-DG στον εγκέφαλο οδήγησε στην πρόσληψη τροφής



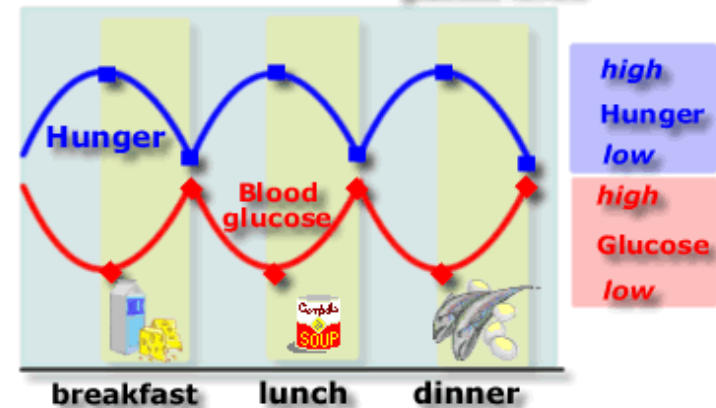
Γλυκοστατική (2)

- Μείωση [γλυκόζης] πριν από ένα γεύμα

Glucose Level Before & After a Meal



According to glucostatic theory, hunger waxes and wanes as a function of blood glucose levels

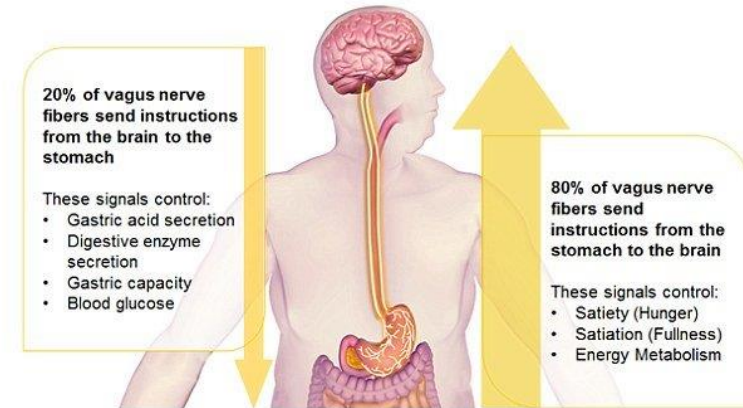


Γλυκοστατική (3)

- Δεν λαμβάνει υπ' όψιν το ρόλο όλων των θρεπτικών στοιχείων
- Η αναπλήρωση των CHO γίνεται σε ημερήσια βάση
- Βραχυπρόθεσμος προσδιορισμός πρόσληψης τροφής

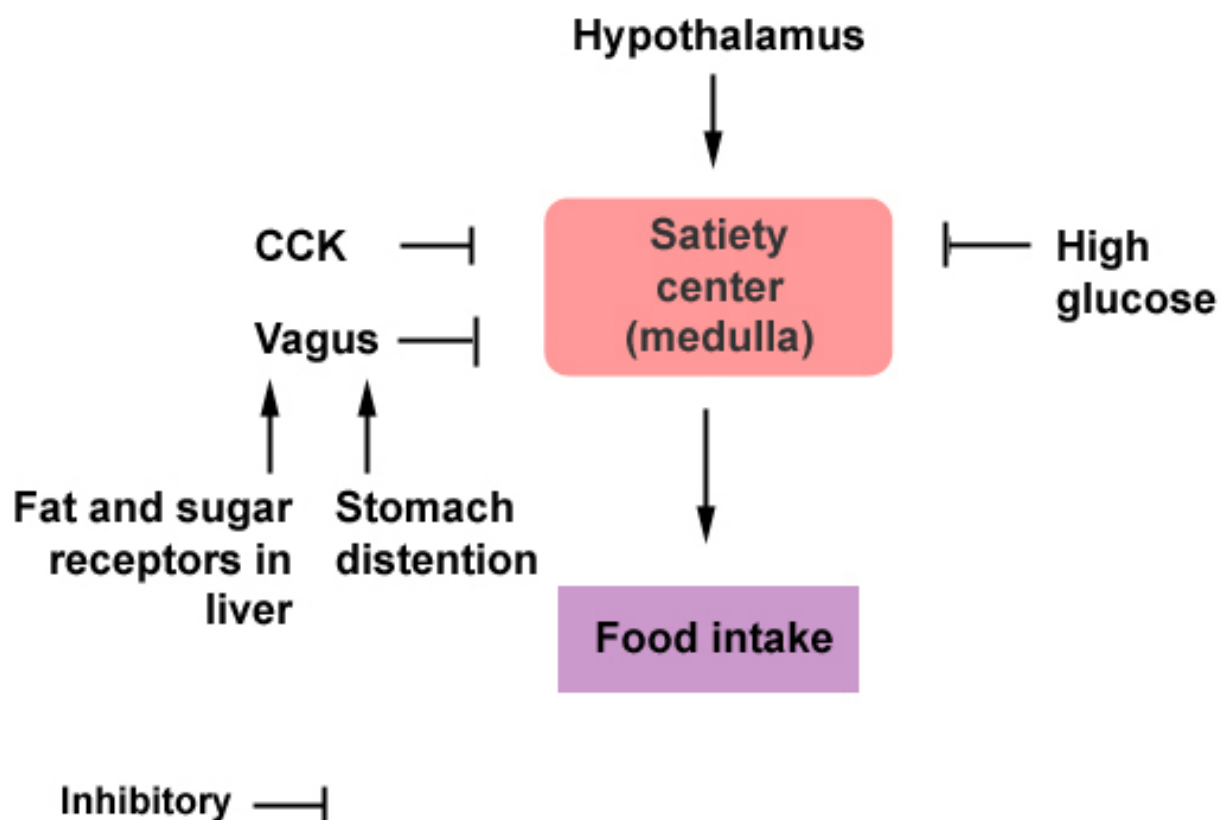
Παράγοντες κορεσμού προερχόμενοι από το πεπτικό σύστημα

- Τα **πεπτίδια κορεσμού** (CCK, galanin) και η **γαστρική διόγκωση** μεταφέρουν τα σήματα τους διαμέσου των νευρικών ινών του πνευμονογαστρικού νεύρου ή της κυκλοφορίας του αίματος σε περιοχές του εγκεφάλου και **επηρεάζουν την πρόσληψη της τροφής**.



- Ωστόσο, ενώ θα περίμενε κανείς πως η θεραπευτική χορήγηση αυτών των πεπτιδίων θα οδηγούσε στην μείωση του σωματικού βάρους, βρέθηκε πως η μείωση της πρόσληψης της τροφής που επέρχεται από την χορήγηση αυτών των πεπτιδίων **ισοσκελίζεται με την πρόσληψη πιο συχνών γευμάτων** και έτσι δεν μεταβάλλεται το σωματικό βάρος.

Short term regulation of food intake



Λιποστατική

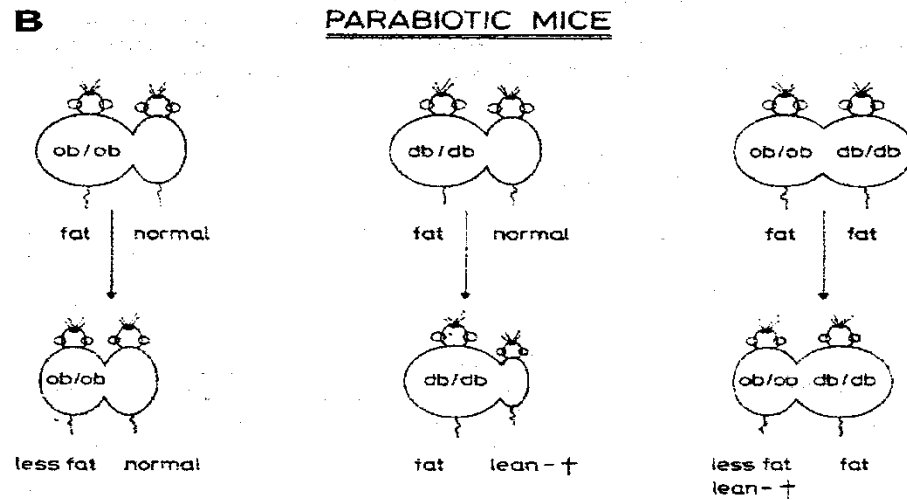
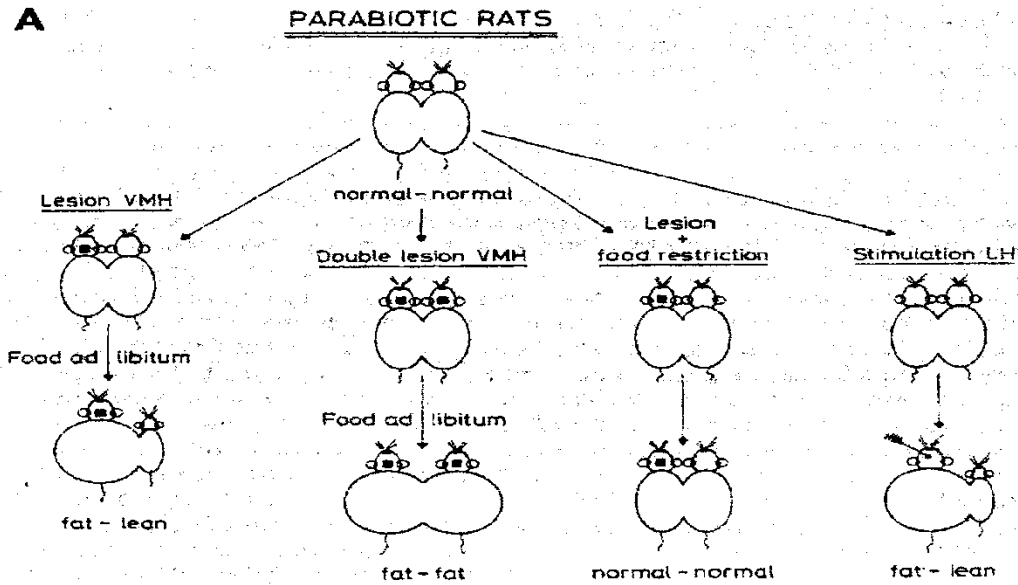
- Το 1953 προτείνεται από τον Gordon Kennedy η θεωρία πως εγκέφαλος μπορεί και παρακολουθεί την αποθηκευμένη ποσότητα λίπους.
- Η Harvey προτείνει πως υπάρχει ύπαρξη μίας λιποδιαλυτής ουσίας που κυκλοφορεί στο αίμα και ενημερώνει τον εγκέφαλο για το ποσοστό λίπους στο σώμα.

Πειράματα παραβίωσης

- Παραβίωση είναι η χειρουργική ένωση 2 πειραματόζων με την ένωση οστών, μυών και δέρματος.
- Κοινή κυκλοφορία
- Κοινά συμπτώματα
- Χρόνος ημιζωής μεγάλος
- Αποτέλεσαν τη βάση για την ανακάλυψη της λεπτίνης



Παραβίωση - Λεπτίνη



ob/ob → no signal
 db/db → no receptor for the signal