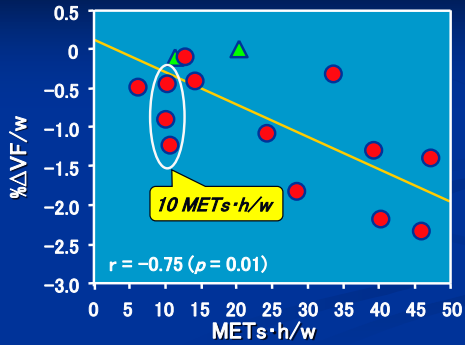


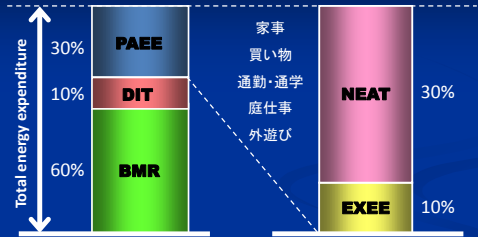


### 内臓脂肪を減少させるにはどのくらいの有酸素性運動が必要か？



(Ohkawara et al., Int J Obes, 2007)

### ヒトの総エネルギー消費量の構成



- TEE: Total energy expenditure
- PAEE: Physical activity energy expenditure
- DIT: Diet induced thermogenesis
- BMR: Basal metabolic rate
- NEAT: Non exercise activity thermogenesis
- EXEE: Exercise energy expenditure

### 24時間のエネルギー消費量およびRQの測定



測定室内



管理システム

#### ヒューマンカロリーメーター

身体に機器を装着せずに、日常生活条件下でのエネルギー消費量を高精度に測定できる装置(部屋)

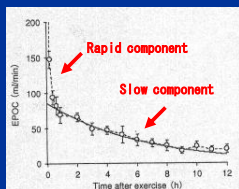
### ヒューマンカロリーメーター入室中の活動内容

時刻	活動内容	活動時間
9:15	入室	
9:30	朝食	
12:00	座位活動	30分
12:30	自転車こぎ (50W)	30分
13:30	昼食	
16:00	立位活動	30分
16:30	自転車こぎ (50W)	30分
19:00	夕食	
21:30	座位活動	30分
22:00	掃除・片付け	30分
23:00	就寝	
-----		
7:00	起床・トイレ→基礎代謝	60分
8:05	退室	

## EPOC(運動後代謝亢進)

(excess post-exercise oxygen consumption)

運動実践自体によるエネルギー消費に加えて、運動終了後も運動中の酸素債の回復や安静状態(非活動時)での代謝が高いまま維持されていることによる付加的なエネルギー(酸素)消費



### Rapid component

運動終了後約1時間のうちに、安静時よりも増加している酸素消費

### Slow component

Rapid component後、数時間持続して安静時よりも増加している酸素消費

EPOCの経時的変化 (Boersheim et al., 1992)

## 歩行活動のみで24時間過ごした場合

### 1. コントロールの日 (計75分)

ゆっくり歩行 : 30分 × 1回  
速歩 : 30分 × 1回  
ジョギング : 15分 × 1回

### 2. 中強度活動の多い日 (計240分)

ゆっくり歩行 : 30分 × 1回  
速歩 : 30分 × 1回 + 15分 × 11回  
ジョギング : 15分 × 1回

### 3. 高強度活動の多い日 (計180分)

ゆっくり歩行 : 30分 × 1回  
速歩 : 30分 × 1回 + 15分 × 4回  
ジョギング : 15分 × 1回 + 15分 × 3回

## EPOCによるエネルギー消費量 増加分は大きくない

	中強度活動の多い日	高強度活動の多い日
コントロールをベースに推定したTEE (kcal)	2781 ± 185	2784 ± 167
実測したTEE (kcal)	2816 ± 197	2813 ± 163
Δ PAEE (kcal)	553 ± 53	556 ± 49
EPOC (kcal)	35 ± 78	29 ± 53
EPOC / 実測したTEE (%)	1.2 ± 2.7	1.0 ± 0.8
EPOC / Δ PAEE (%)	6.2 ± 13.9	5.1 ± 9.2

(Ohkawara et al., Am J Clin Nutr, 2008)

## 日本人の食事取基準2010における 身体活動レベルの(PAL)区分

I 低い	II 普通	III 高い
1.4 - 1.6 (1.5)	1.6 - 1.9 (1.75)	1.9 - 2.2 (2.0)

身体活動レベルとは  
総エネルギー消費量/基礎代謝量  
1日の推定エネルギー必要量は  
基礎代謝量にPALをかけた値としている

## 各プロトコルにおける総エネルギー消費量、基礎代謝量および身体活動強度

	TEE (kcal)	身体活動強度 PAL	歩数 (steps/day)
コントロール日	2228±143	1.42±0.10	8973±543
中強度運動の多い日	2816±197	1.82±0.14	29588±1126
高強度運動の多い日	2813±163	1.74±0.15	23775±1038

TEE: 1日の総エネルギー消費量

身体活動強度(PAL): TEE/基礎代謝量

(Ohkawara et al., BMC Res Notes, 2011)

## A Preliminary Exercise Study of Japanese Version of High-intensity Interval Aerobic Training (J-HIAT)

By Tomoaki MATSUO<sup>1)</sup>, Satoshi SEINO<sup>2)</sup>, Kazunori OHKAWARA<sup>3)</sup>, Kiyoji TANAKA<sup>2)</sup>, Shin YAMADA<sup>1)</sup>, Hiroshi OHSHIMA<sup>1)</sup>, and Chiaki MUKAI<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Space Biomedical Research Office, Japan Aerospace Exploration Agency, Biorok, Japan

<sup>2)</sup>Graduate School of Comprehensive Human Science, University of Tsukuba, Biorok, Japan

<sup>3)</sup>Health Promotion and Exercise Program, National Institute of Health and Nutrition, Tokyo, Japan

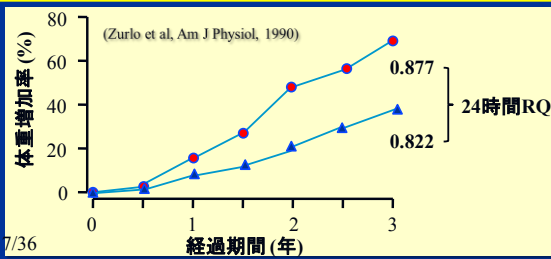
- 宇宙滞在中に宇宙飛行士の体重は減少する。
- 様々な要因のうち「宇宙での滞在時間」が最も強い要因。
- 宇宙滞在100日あたりで2.5%の体重減少。
- エネルギー消費量の著しい増大を伴い、体重減少を促進する運動プログラムは、火星探査など今後の長期ミッション進行のマイナス要因となる可能性がある。(Blanc et al., 1998; Stein et al., 2000) (Blanc et al., ISS experiment "Energy", in progress)

(Matsuo, Ohkawara et al., Aviat Space Environ Med, in press)

## 24時間の呼吸商(RQ)が低いと肥満になりにくい?

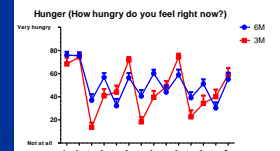
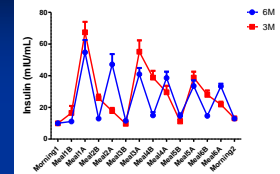
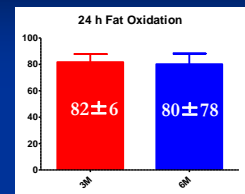
### 呼吸商 (respiratory quotient: RQ)

生体内のエネルギー代謝過程によって産生されたCO<sub>2</sub>と消費したO<sub>2</sub>の比。エネルギー源に糖質、脂質、たんぱく質のみが使われた時の理論上のRQは、それぞれ1.0、0.7、0.835になる。



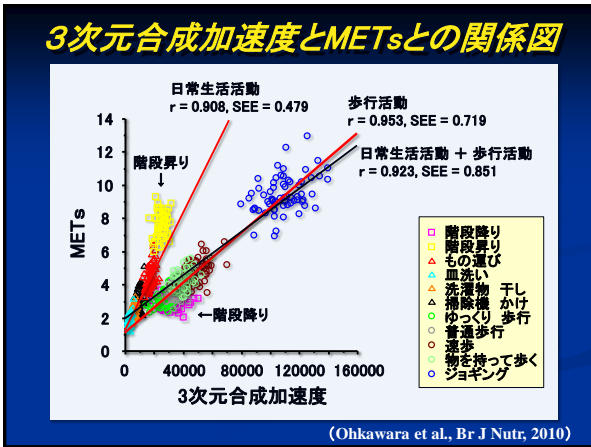
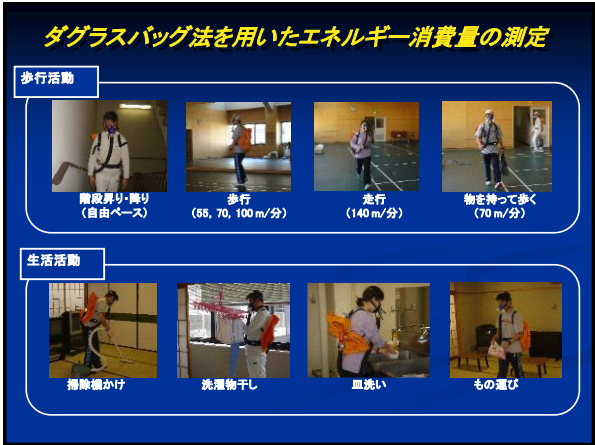
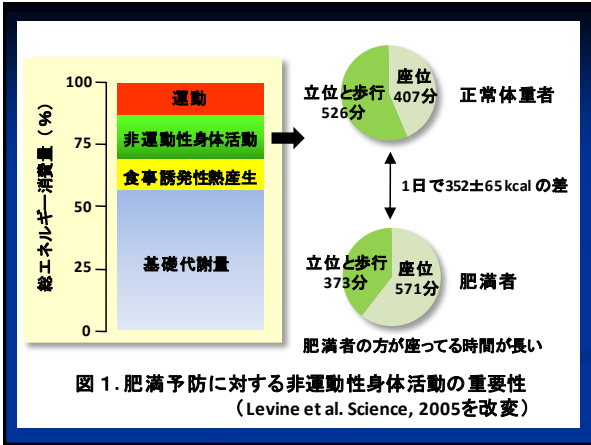
7/36

## Six versus three meals per day: effects on energy expenditure, fat oxidation, and hunger



エネルギー摂取量が同じであれば、1日3食を6食に分けても、エネルギー消費量、脂質酸化量はかわらない。

(北米肥満学会2011)



- ### 減量に対するNEATの影響について
- 6か月間の介入方法の効果を比較するランダム化比較試験 (UMIN000001259)
    - 対照群: 動機づけ支援1回
    - 弱介入群: 動機づけ支援1回 + 資料提供
    - 強介入群: 動機づけ支援1回 + 資料提供 + 集団型減量支援 (計8回)
  - 対象者は40 - 65歳の肥満者188人 (女性145人, 男性43人)
 

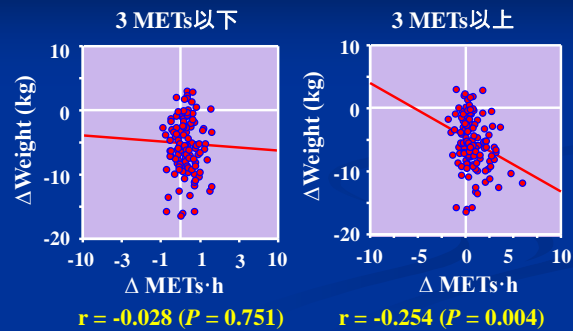
(Nakata et al., Obesity Facts, 2011)  
(Ohkawara et al., ACSM, 2011)

### 減量プログラムによる 体重および身体活動量の変化

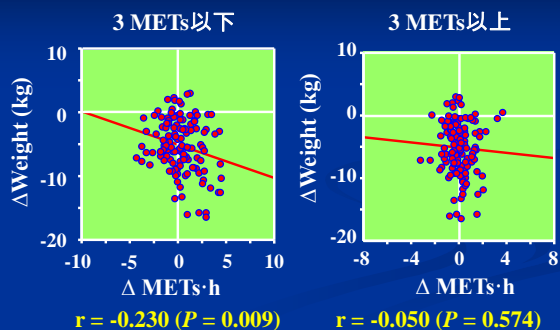
	ベースライン	変化量
体重 (kg)	70.5±9.3	-5.2±4.2 *
生活活動		
3 METs以上の強度 (METs·h)	4.2±1.5	0.0±1.0
3 METs以下の強度 (METs·h)	16.7±2.2	0.2±1.8
歩行活動		
3 METsの強度 (METs·h)	1.8±1.1	0.7±1.2 *
3 METs以下の強度 (METs·h)	2.1±0.8	0.2±0.5 *

\*有意な変化 (P<0.05) (Mean±SD)

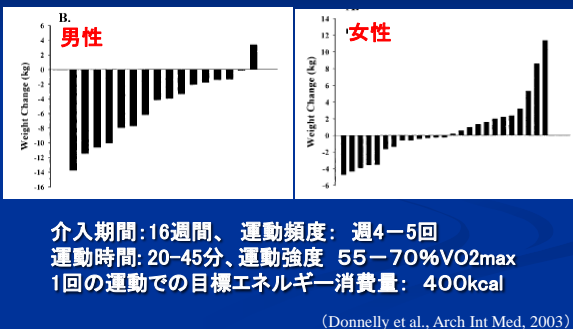
### 体重変化と歩行活動による 身体活動量の変化との関係



### 体重変化と生活活動による 身体活動量の変化との関係



### 監視型運動介入でどのくらい体重が減少する のか？ MIDWEST EXERCISE TRIAL



## なぜ期待値よりも痩せられないか？

➡ エネルギー代償反応が起こる

行動として現れる反応としては

● 運動後の身体活動量が減る

非運動性身体活動 (NEAT) or 自発的身体活動 (SPA)

● 運動後に余分に食べてしまう

## エネルギー代償反応(1) 運動とその後の身体活動量

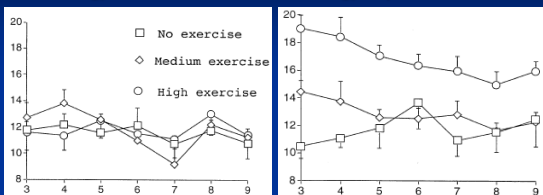
	年齢	運動種目	期間 (週)	PAL	
				介入前	介入中
Bingham (1989)	30±3	ジョギング	9	1.58	1.99*
Westerterp (1992)	37±3	ジョギング	40	1.68	2.08*
Van Etten (1997)	33±6	筋トレ	18	1.76	1.92*
Goran (1992)	66±6	サイクリング	8	1.51	1.40
Hunter (2000)	67±4	筋トレ	26	1.45	1.53
Meijer (2001)	61±6	筋トレ	12	1.67	1.65

(Westerterp, Proc Nutr Soc, 2003; Westerterp et al., Am J Clin Nutr, 1998; 田中, トレーニング科学, 2005)

## 運動によってNEATが減少する可能性もある？

Energy Intake (MJ/d)

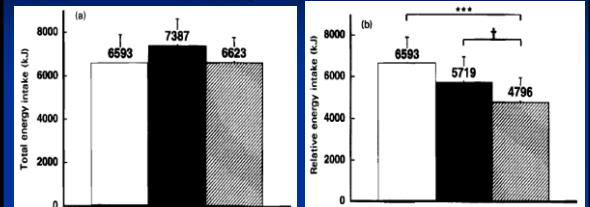
Energy Expenditure (MJ/d)



介入期間: 7日間 非肥満の若年男性6名  
1日の運動量: 400 or 800 kcal (Medium or High)  
女性を対象とした同様の研究でも似た傾向が認められた。  
ただし、男性の方が身体活動量の減少が顕著であった。

(Stubbs et al., Eur J Clin Nutr, 2002)

## 高強度運動は運動誘発性食欲不振が 顕著なため、食事量が減りやすい？



安静 低強度 高強度  
非肥満の若年男性11名  
35% or 75%VO<sub>2</sub>maxで400kcalを消費  
運動誘発性食欲不振 (Exercise-induced anorexia)

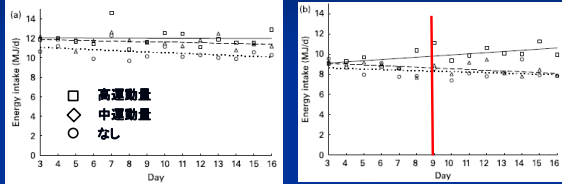
(Imbeaults et al., Br J Nutr, 1997)



## 高運動量の運動で女性は食事量を増やす？

男性

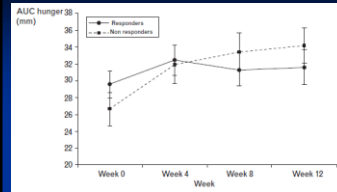
女性



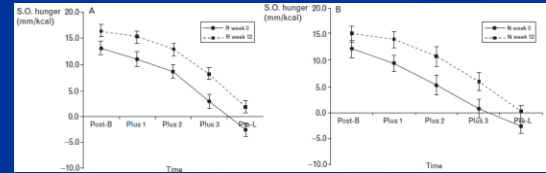
介入期間: 14日間 非肥満の若年男女6名ずつ  
1日の運動量: 400 or 800 kcal (Medium or High)  
高運動量群の女性は約1週間で徐々に食事量が増加

(Stubbs et al., Eur J Clin Nutr, 2002)

## 12週間の運動介入で食欲は変化するか？

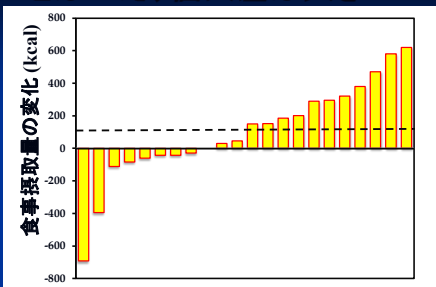


肥満男女35名ずつ  
1日の運動量: 500kcal  
70%HRmax  
体重変化:  $-3.7 \pm 3.6$ kg  
( $-14.7 - 1.7$  kg)



(King et al., Am J Clin Nutr, 2009)

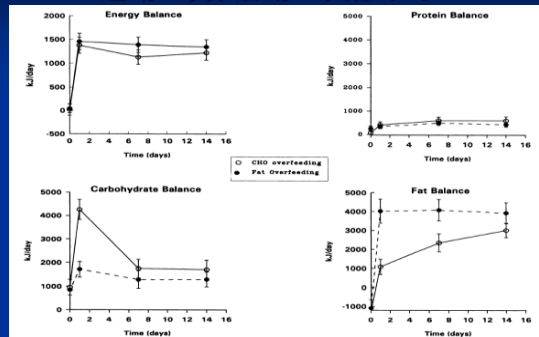
## とはいえ、個人差は大きい



非肥満女性を対象とし、最大心拍数の70%強度で50分の運動  
破線は運動により消費したエネルギー消費量(149.0 kcal)を基  
線から加えた位置

(Finlayson et al., Physiol Behav, 2009)

## 過食に対する代謝適応 -運動・身体活動は貢献するか-



(Horton et al., Am J Clin Nutr, 1995)