# 運動に対する骨格筋の 代謝応答とその適応

電気通信大学 共通教育部 健康・スポーツ科学部会 基盤理工学専攻 化学生命工学プログラム 星野 太佑 (2017年10月着任)

## 動いていますか?

#### 死のリスクファクター



## 本日の概要

- ・骨格筋ミトコンドリアの重要性
- 運動が骨格筋ミトコンドリアを増やす
   メカニズム
- 骨格筋ミトコンドリアを増やすメカニズ ムと乳酸

2









運動によるシグナル分子 (リン酸化酵			
素)の活性化			
・エネルギーを燃やす。ATP/AMP比が変わる			
→AMP-activated kinase (AMPK)			
・カルシウムのイオン津産の増加			
→Ca <sup>2+/</sup> calmodulin-dependent protein kinase II (CaMKII)			
<ul> <li>・活性酸素、メカノストレスの増加</li> <li>→n38 MAP kinase (n38 MAPK)</li> </ul>			
これらが活性化して、転写因子が核に移動してミトコンドリア酵素の			
mrinaを増加させる (転与を活性化させる) 13 13			
メノハン貝はいフ培えるか			
連動パフォーマンス *Exercise performance			
• Whole muscle metabolism			
タンパク質の増加は、chronicな適応 • Protein content タンパク質量 • Enzyme function			
ら の mRNAは運動1回1回でacuteに増える			
Char			
mRNA重			
Acute eventise eventise chronic exercise training			
Hours Days Weeks Months			
時間 日 週 Egan et al. Cell Metab. 2013			

### 運動がミトコンドリアを増加させるメカニズム



## 質問:どんな運動がミトコンドリアを 増やすのに効果的か?

あまりきつくない、ゆっくりした長い運動?LO
強いでも短い運動?HI

Table 1. Energy expenditure and metabolic responses during isocaloric low and high intensity exercise trials

	LO	HI
Total EE (kcal)	412 ± 11	403 ± 1
Rate of EE (kcal min <sup>-1</sup> )	$6.0 \pm 0.3$	11.5 ± 0.7*
Exercise intensity (%V <sub>O2peak</sub> )	38.8 ± 0.4	79.4 ± 1.5*
Exercise time (min)	69.9 ± 4.0	36.0 ± 2.2*
RER	0.90 ± 0.01	$0.98 \pm 0.01^*$
CHO oxidation rate (g min $^{-1}$ )	$0.9 \pm 0.1$	$2.5 \pm 0.2^{*}$
Total carbohydrate oxidized (g)	64 ± 2	89 ± 3*
Rate of fat oxidation (g min <sup>-1</sup> )	$0.23\pm0.02$	$0.12 \pm 0.04^{*}$
Total fat oxidized (g)	15 ± 1	4 ± 1*
Rate of glycogen utilization (mmol (kg dw) <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	$1.3 \pm 0.2$	$3.1 \pm 1.0^{*}$
Plasma lactate at rest (тм)	$1.12 \pm 0.16$	$0.99 \pm 0.14$
Plasma lactate at termination (mм)	$1.22 \pm 0.11$	7.23 ± 1.07*

Values are mean  $\pm$  s.E.M. \*Significantly different from low intensity trial (P < 0.05). EE, energy expenditure; CHO, carbohydrate; RER, respiratory exchange ratio.

Egan et al. J Physiol. 2010















おまけ:高強度でなければいけないわけではない Aトレ:1分間きつめの運動(20秒x3間に休憩付き)を週3回 Bトレ:45分間の持続運動を週3回



### 謝辞

以下の皆様に感謝いたします.

- 東京大学, 八田秀雄研究室
- 東京大学, 黒田真也研究室
- 電気通信大学, 狩野豊研究室
- 電気通信大学, 星野研究室
- Arend Bonen Laboratory, University of Guelph, Canada

47

## まとめ

- 運動はシグナル伝達を介して、転写を活性化させる (acute)。それを繰り返すことで、骨格筋ミトコンドリアを増 やす (chronic)。
- 骨格筋ミトコンドリアを増加させるためには、短時間高強 度でもよい。
- 乳酸が高強度運動による骨格筋ミトコンドリアの新生に関わる可能性がある。

46