

# 第4回

## 脳・神経・内分泌系から 運動の意義を考える会

～運動アロスタシスについて考える～

### Concept

脳も筋と同様、運動に対して反応・適応します。昨今の脳科学研究の急速な発展、続々見いだされる新規生理活性物質（ホルモンなど）は、様々な運動効果を仲介する脳・ホルモン機構や分子経路を考え、心身の統合を理解する上で新たな視点を提供してくれます。こうした新しいトピックスや研究上の様々な課題について情報交換し、身体運動科学の新たな視点に向けた議論を育む場を提供するフォーラムを開催いたします。

今回は、運動によるからだの反応及び適応現象がセットポイントを逸脱しながらも合目的に達成され、身心が運動や環境変化に統合的に適応していくというプロセスについて、アロスタシス（自ら変動することによって身体を安定させる）という概念から議論することにしました。新たな統合的概念として“運動アロスタシス”を提案する契機にできればと考えております。

日時：2011年9月15日（木） 13:30～17:00（13:00 受付開始）

場所：下関市立生涯学習プラザ、多目的ホール（学会F会場）

会費：2,000円（学生は1,000円）

世話人：

北 一郎（首都大学東京）、丹 信介（山口大学）

三上俊夫（日本医科大学）、征矢英昭（筑波大学）

# プログラム

## 1. 話題提供 (発表30分+討論15分)

- 1) 13:30~14:15 アロスタシスからみた運動適応  
征矢英昭 (筑波大学)
- 2) 14:15~15:00 運動・環境適応とアロスタシス  
西保 岳 (筑波大学)
- 3) 15:00~15:45 骨格筋のアロスタシス -筋の可塑性と老化制御-  
町田修一 (東海大学)

コーヒーブレイク

## 2. トピックアワー (質疑応答含め 15 分程度)

- 1) 16:00~16:15 運動による循環調節中枢の可塑性  
和気秀文 (和歌山県立医科大学)
- 2) 16:15~16:30 運動トレーニングが視床下部神経核における代謝関連遺伝子の発現に及ぼす影響  
志内哲也 (徳島大学)
- 3) 16:30~16:45 長時間運動時の脳グリコゲン減少と中枢性疲労  
松井 崇 (筑波大学)
- 4) 16:45~17:00 継続的な運動が急性ストレス時の視床下部背内側核の神経活動に及ぼす影響  
丹 信介 (山口大学)

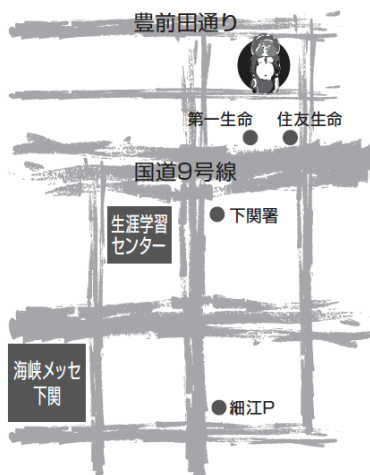
## 3. 総括 17:00

## 4. 懇親会 18:00~20:00

場所：居酒屋 たぬき (住所：〒750-0016 下関市細江町1-5-6, Tel : 083-232-4781)

会費：会費5,000円、学生3,000円

地図：生涯学習センターから約250m、徒歩5分程度。



# 話題提供

## シンポジウム（1）

### アロスタシスからみた運動適応

征矢英昭

筑波大学人間総合科学研究科 体育科学専攻 運動生化学

我々の健康は、生体の内外に生じる様々なストレスに対処し適応することが基盤となる。同様に、運動によりもたらされる様々な有益な効果も、運動を繰り返し行うことで得られる適応が基になる。特にストレス応答を伴う運動を行うと、運動時に増大する酸素やエネルギー需要を満たすシステムとして視床下部が興奮し、その支配下で働く全身の調節系（自律神経、内分泌系、免疫系）の働きが亢進する。これが、繰り返し継続される（トレーニング）ことで、心筋・骨格筋肥大や酵素適応、エネルギー貯蔵の増加、毛細血管密度や血管伸展性の増大、さらに、酸素摂取量や酸素負荷量の増加、パフォーマンスの向上など、多くの運動適応が起こる。しかし、運動をハードにやり過ぎるとオーバートレーニングシンドロームなどで体調不良に陥り、窒素バランスの低下や免疫機能の低下が起こる。一方、不活動を強いられると筋萎縮や筋力低下が起こるとともに、海馬の可塑性が低下し、鬱状態に陥ることも示唆されている。こうした運動効果の二面性はストレスに対する新しい概念、アロスタシスからうまく説明できる。

アロスタシス(Allostasis)は、Steringらと共にMcEwenたちが提唱したストレス適応における新概念である (McEwen BS, New Engl J Med, 1998)。“アロ(Allo)”は“異なる、変わる”を意味し、自ら変化・変動することによって体内環境の安定性(homeostasis)を維持する安定(stability through change)を意味する。アロスタシスでは、生体調節の平衡ポイント（セットポイント）の変容も想定するなど、よりダイナミックな概念となることから、解剖的、機能的な様々な変容を伴う運動適応を捉えるにはうってつけである。例えば、運動ストレスに対してアロスタシスがうまく機能すれば良好な適応状態が生まれ、パフォーマンスも増大するが、ストレスの度が過ぎたりすれば、アロスタシスの能力が及ばず、病的な状態に陥る。これをアロスタティックロード (Allostatic load) と呼ぶ。アロスタシスが奏功するかどうかは、ストレスを受容する個人の経験、遺伝、そして行動によって影響を受ける。また、運動には筋活動に伴う機械的歪みをはじめ、多くの生理・生化学、物理、並びに心理的要因など多くのストレス要因が関わる複合的、統合的ストレスといえる。したがって、それらに対するアロスタシスがどう対処し、合目的な適応がなされるかが運動適応の正否を決める。それらを臓器別に縦割りで論じるのではなく、どう関連するかを議論し解析することで、運動適応に共通する基盤的機構解明が進むと思われる。

今回は、同じ動物の脳と筋のグリコゲン代謝が激しい運動ストレスやトレーニングでどのように応答し、適応しうるのかについて比較・検討しながら、アロスタシスがどんな戦略でエネルギーを保持し、利用しようとするのかなどについて楽しく議論できれば幸いである。

## シンポジウム（2）

### 運動・環境適応とアロスタシス

西保 岳

筑波大学人間総合科学研究科 体育科学専攻 運動生理学

恒常性、ホメオスタシスは生物のもつ重要な性質のひとつで生体の内部や外部の環境因子の変化にかかわらず生体の状態が一定に保たれるという性質、あるいはその状態を指すと考えられており、その典型例として、体温や血圧、体液の浸透圧、血糖値などが挙げられる。ヒトの最適温は37℃付近であり、これより体温が高い場合は発汗、皮膚血管の拡張で体温を下げようとし、体温が低い場合はふるえ（悪寒戦慄）や非ふるえ熱産生（代謝の亢進による発熱）によって体温を上げようとする。また、血圧に関しても、一過性に血圧が低下した場合には、心拍数増加（心拍出量増加）や血管抵抗増加が生じて血圧を上昇させようとするし、血圧が上昇した場合には逆の反応が生じて、ある一定範囲に維持される。しかしながら、運動時の体温や血圧は増加し、一定強度運動を続ける場合には、ほぼ一定値で安定するよう見える。さらに、長期的に暑熱下で生活した場合（暑熱順化）や運動トレーニングを行った場合には、安静時や運動時の体温（脳温）や血圧値はトレーニング前から変化する。すなわち、運動におけるこのような生体適応現象を、統合的概念としてのホメオスタシスの解釈を工夫して説明するには限界があり、アロスタシス（自ら変動することによって身体を安定させる、動的平衡）という概念を用いて説明した方がよりフィットするよう思われる。

“運動”に関して、各臓器、部位、機能別に細分化されて研究が行われている現状において、体育、スポーツ科学、健康科学の中で、Whole Bodyの“身体”の運動として、その適応・調節を論ずることは極めて重要であろう。したがって、“運動”の生理学的特徴の統合的概念としての運動アロスタシスを用いて、臓器、部位別間の情報共有、共同研究を促進することが期待される。

本研究会においては、我々の研究を交えて、体温調節、循環調節における運動アロスタシスにあてはまる現象や調節機能を紹介する予定である。

## シンポジウム（3）

### 骨格筋のアロスタシス -筋の可塑性と老化制御-

町田修一

東海大学体育学部 大学院体育学研究科

骨格筋は、よく使うと肥大し、使わないと萎縮するという可塑性に富んだ組織である。また、肉離れや打撲などの外力によって筋損傷が発生した場合でも、骨格筋は高い再生能を有していることから数週間後には回復（再生）できる。骨格筋は筋線維の集合体であり、筋線維を構成するミオシンやアクチン等の筋タンパク質は、常に新しいものがつくり出され（合成）、古いものが破壊（分解）されている。つまり、筋の活動レベルや環境に適宜に対応して筋タンパク質の合成と分解の動的バランスが決定され、骨格筋の肥大や萎縮、そして再生が行われる。その一方で、加齢（老化）に伴い筋の可塑性が失われていくことが知られている。

今回の研究会では、筋の可塑性を規定する因子に着目し、運動や不活動、さらには加齢（老化）に対する骨格筋の適応について話題提供を行う。特に、(1) 肥大や萎縮時に骨格筋で産生されて全身を制御する因子、(2) 骨格筋の幹細胞、(3) 筋線維タイプの役割について言及する予定である。

# トピックアワー

## トピックアワー (1)

### 運動による循環調節中枢の可塑性

和気秀文

和歌山県立医科大学 生理学第2講座

## トピックアワー (2)

### 運動トレーニングが視床下部神経核における代謝関連遺伝子の発現に及ぼす影響

志内哲也

徳島大学大学院 ヘルスバイオサイエンス研究部 統合生理学

ニューロンは糖をエネルギーとして利用することで、神経活動を行っていることはよく知られている。しかしながら近年、視床下部ニューロンにおいて脂肪酸代謝も行われており、(おそらく)代謝産物などがシグナルとして神経活動を調整することで、摂食行動やエネルギー代謝調節に影響を与えることが明らかになりつつある。本研究では、軽運動トレーニングにより視床下部における脂肪酸代謝に関連する遺伝子の発現がどのように変化するかについて、視床下部を各神経核に分取して調べたので報告する。

## トピックアワー (3)

### 長時間運動時の脳グリコゲン減少と中枢性疲労

松井 崇<sup>1,2</sup>、征矢英昭<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学大学院 人間総合科学研究科 運動生化学, <sup>2</sup>日本学術振興会特別研究員

運動は脳神経を活性化すること、更に長時間行えば低血糖を引き起こすことから、アストロサイトに局在する脳グリコゲン (Gly) の分解・利用を高め、減少させることが想定された。この問題に迫るため、私どもは、ラットに異なる持続時間のトレッドミル運動 (分速 20 m) を課し、ゴールドスタンダードであるマイクロ波加熱法により脳 Gly を定量した。正常血糖を維持した 30~60 分の運動では、筋・肝 Gly は持続時間依存的に減少したが、脳 Gly は変化しなかった。低血糖の生じた 120 分の運動では、大脳皮質や海馬などの脳 Gly が 37~60%低下した。減少した脳 Gly は、減少した血糖と正の相関を、増加した脳内乳酸と負の相関を示した。さらに、大脳皮質では、脳 Gly 分解促進因子であるモノアミン代謝が亢進し、減少した Gly と負の相関を示した。これらの結果は、長時間運動時に脳 Gly が分解・利用され、減少することを初めて示唆する。さらに、脳 Gly 減少は中枢性疲労因子とされる脳内モノアミンの増加、並びに低血糖と関係することから、中枢性疲労を統合する新しい因子として重要かもしれない。

## トピックアワー (4)

### 継続的な運動が急性ストレス時の視床下部背内側核の神経活動に及ぼす影響

丹 信介

山口大学 教育学部 スポーツ健康科学