

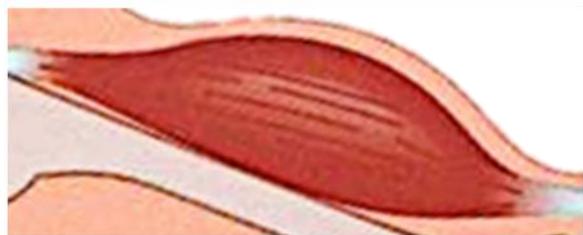
# 心拍モニター解析による非侵襲的な 運動強度の新規評価法

福岡大学 スポーツ科学部  
教授 上原 吉就

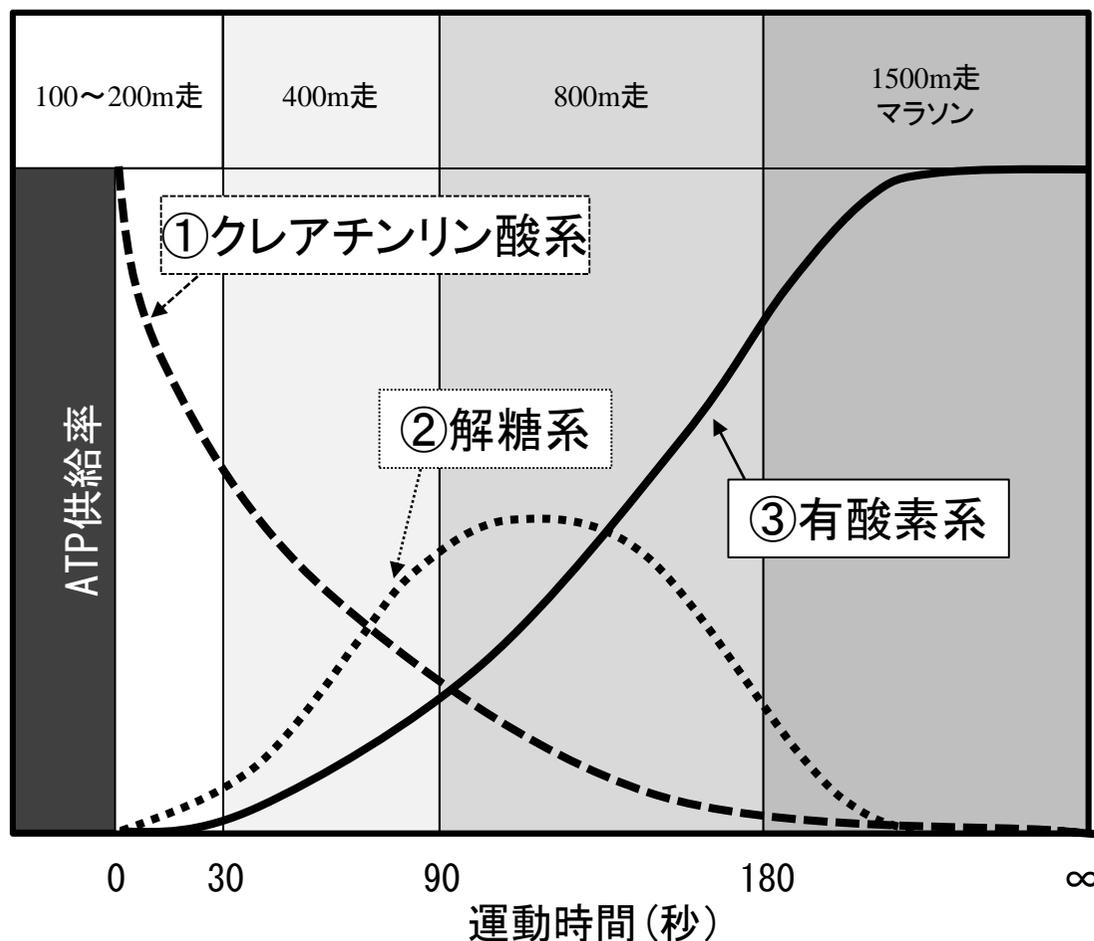
令和3年5月20日

# ATP(アデノシン3リン酸)

のエネルギーで筋肉を収縮させる



運動持続時間・強度とエネルギー供給系の割合



有酸素系

の能力 = 持久力(体力)

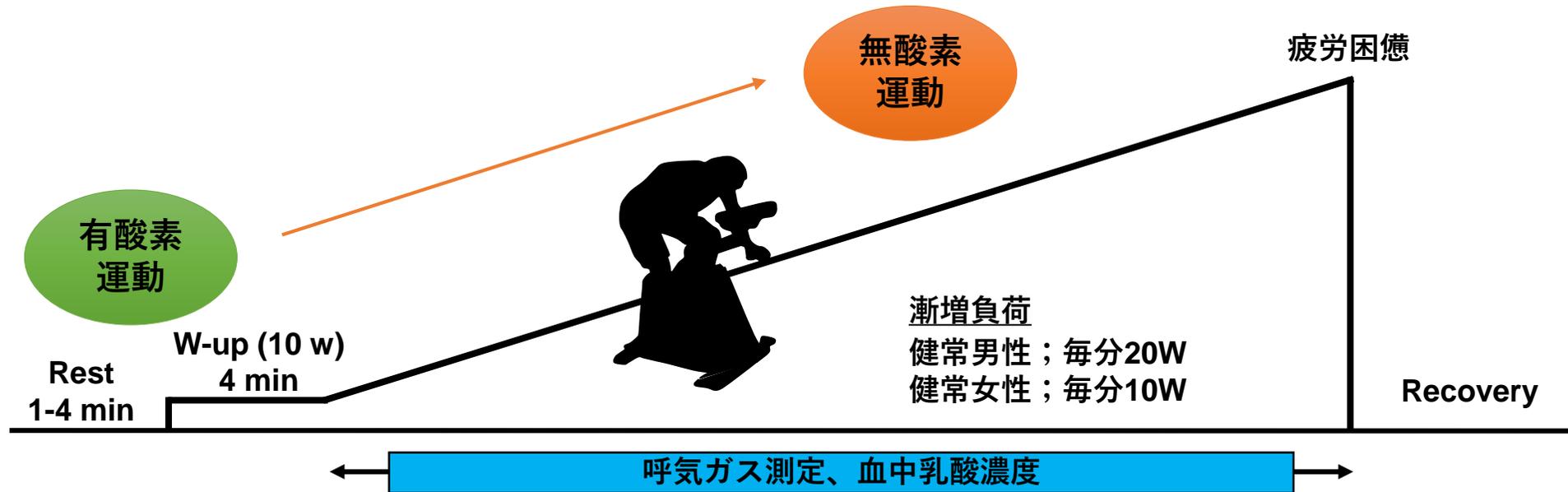
各人の有酸素系の能力を把握できると様々なメリットがある。

## アスリート

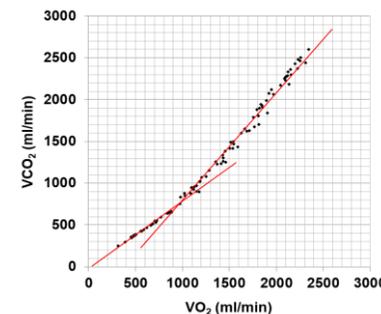
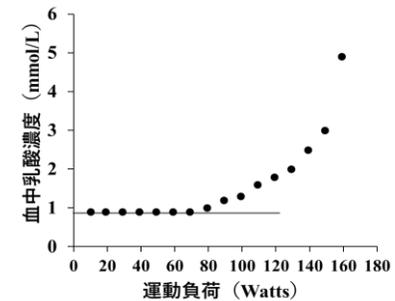
- ・ 持久力が判る
- ・ トレーニング効果が判る
- ・ 効果的なトレーニング強度が判る...

## 非アスリート

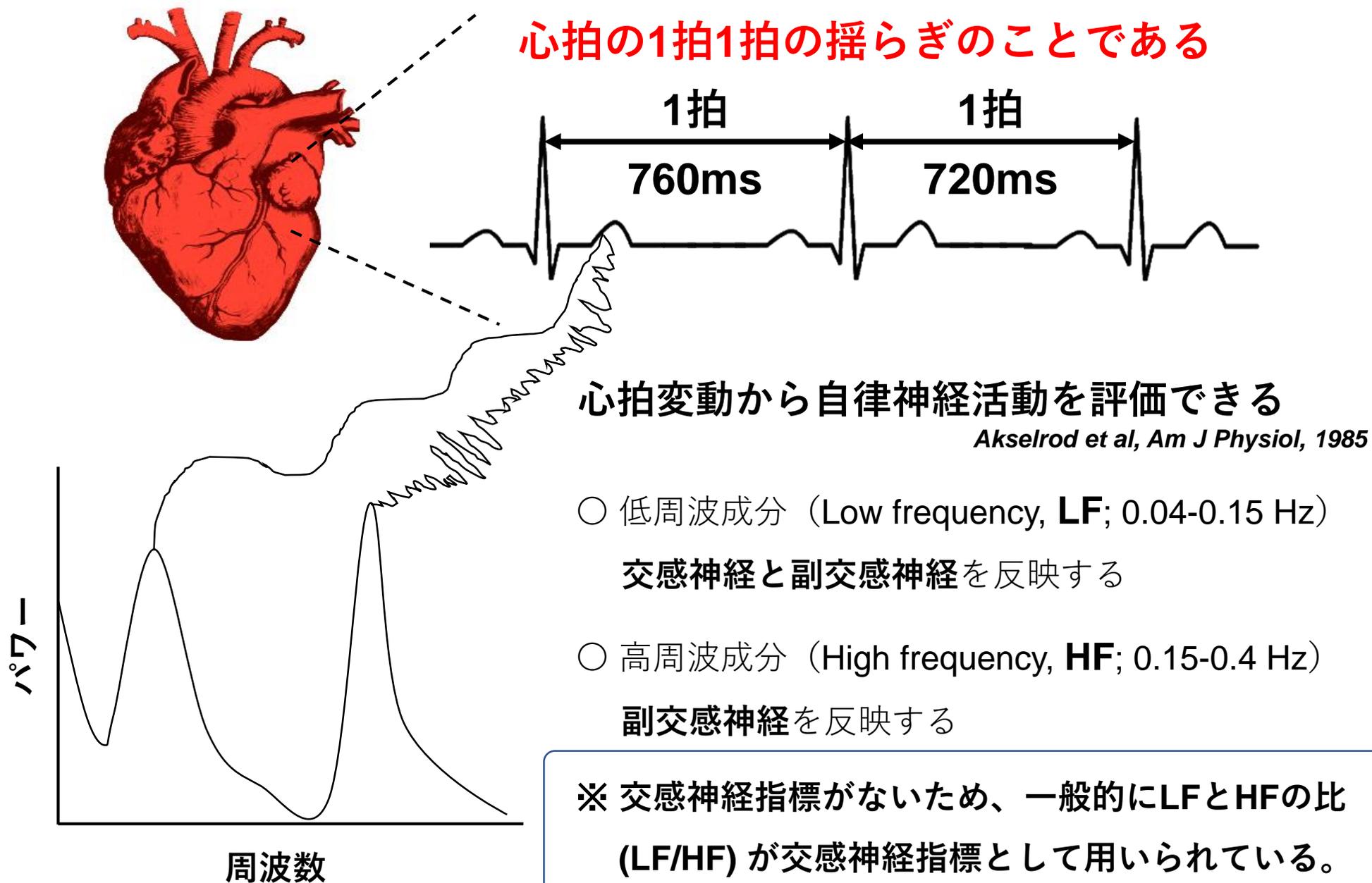
- ・ 健康指標になる
- ・ ダイエットに効果的な運動強度が判る
- ・ 安全な運動強度が判る...



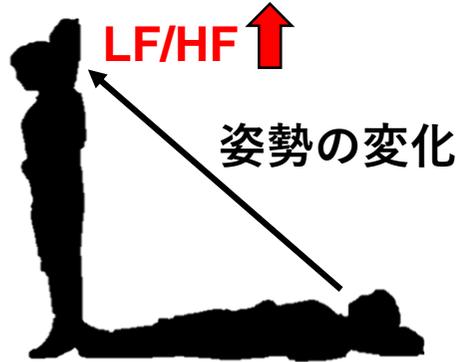
- 心拍数測定  
→ 容易, 安価, 不正確 (実用性に乏しい)
- 血中乳酸濃度測定  
血中乳酸濃度を測定 (30秒~1分毎) し, 急増点 (乳酸性作業閾値; LT) を見付ける  
→ 侵襲的, 面倒, 医療従事者・熟練者が必要
- 呼吸ガス分析  
最大酸素摂取量および換気性作業閾値 (VT) を算出  
VT:  $O_2$  摂取量 と  $CO_2$  排出量 の屈曲点  
→ 極めて高価, 熟練者が必要



## 心拍変動（Heart Rate Variability）とは



LF/HFは交感神経指標として  
広く用いられている



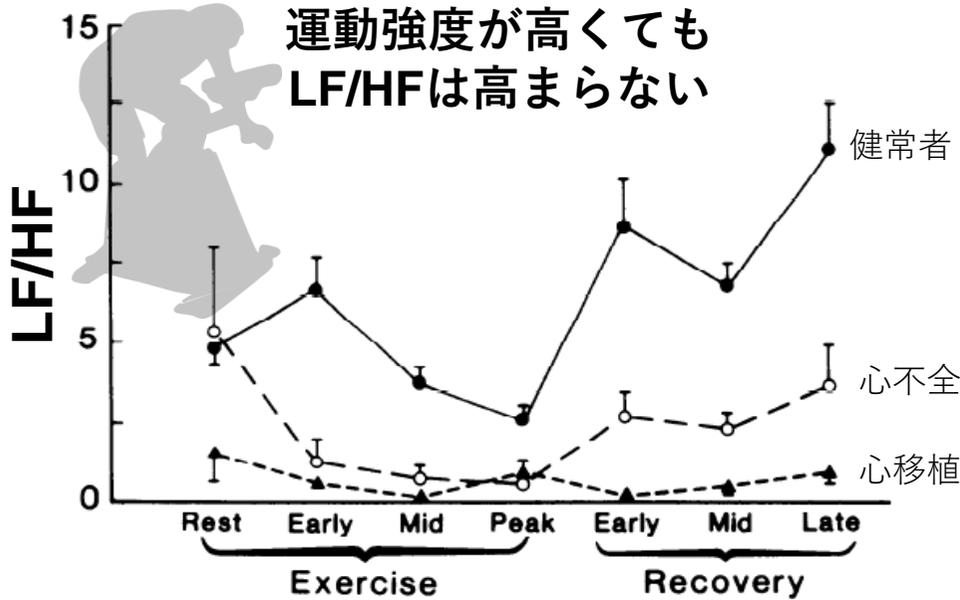
Pagani et al., Circ Res, 1986

LF/HFが  
交感神経活動の指標であるならば...

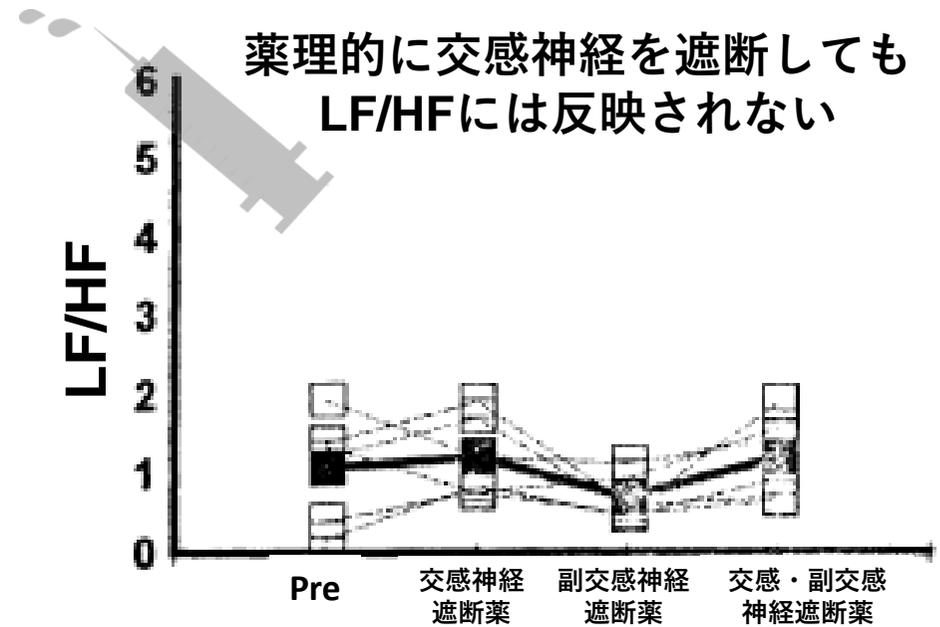


運動によって  
交感神経活動は高まる

LF/HFも高まるはず...



Arai et al., Am J Physiol, 1989



Polanczyk et al., Eur J Appl Physiol, 1998

運動中の交感神経指標として有用ではない可能性がある

# 従来技術とその問題点

## 運動強度の測定法(従来の簡易測定法)

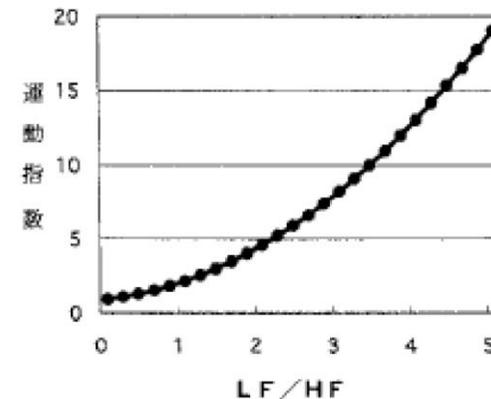
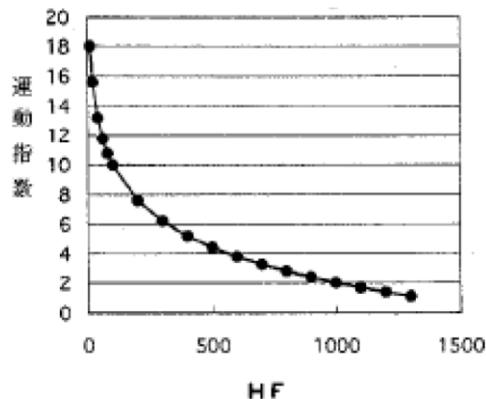
先行研究 特開2007-181486「運動負荷の測定装置」出願人:菊池誠

目的: 運動中の被検者における最適な運動負荷量を判定する。

- ・ 測定した心拍変動のパワースペクトルから、LF, HF, LF/HFを算出、HFやLF/HFから運動負荷を検出する。

HF: 副交感神経の活動が反映

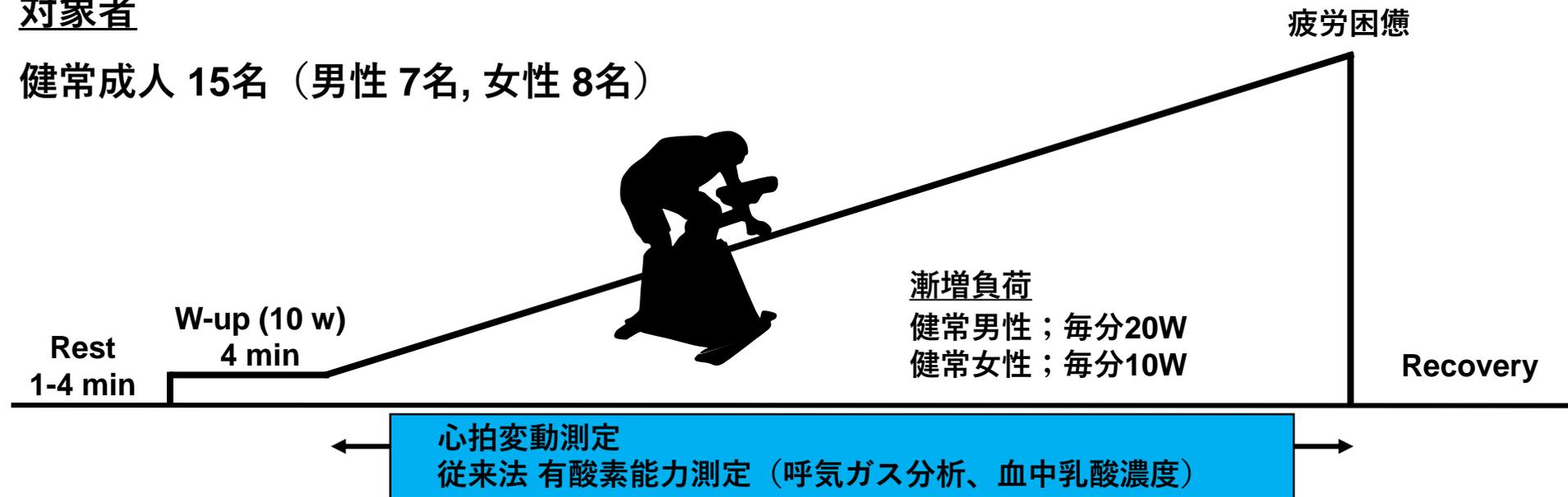
LF/HF: 交感神経の活動が反映



- ・ 運動中の交感神経活動が本当にこのように変化していくのか？
- ・ 交感神経活動が変化するなら、その急増点まで把握できるのか？

## 対象者

健常成人 15名 (男性 7名, 女性 8名)



## 心拍変動測定

心電図からR-R間隔を測定し、リアルタイム周波数解析により得られた自律神経成分は試験開始から10秒ごとに平均値を算出した。

## 自律神経成分

- **Low frequency power (LF) : 交感神経と副交感神経**
- **High frequency power (HF) : 副交感神経**
- **LF/HF : 交感神経 (従来法)**
- **新規指標 の開発**

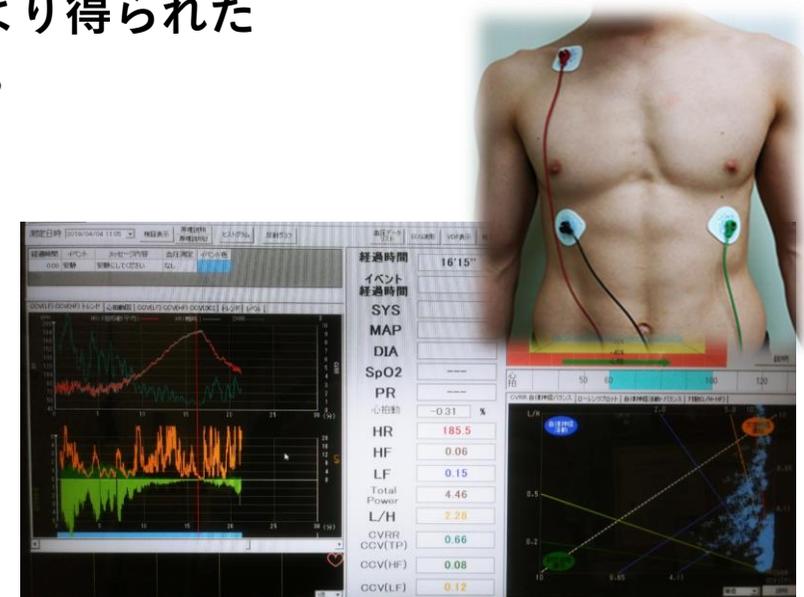
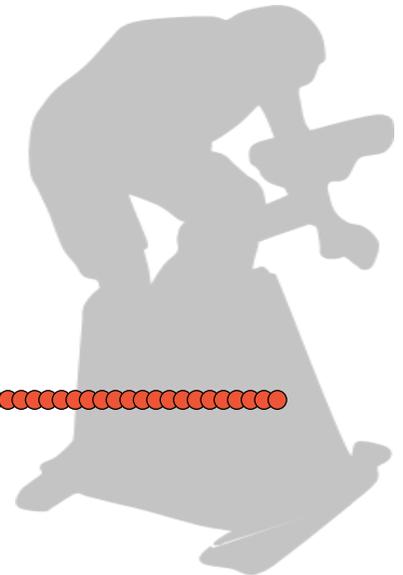
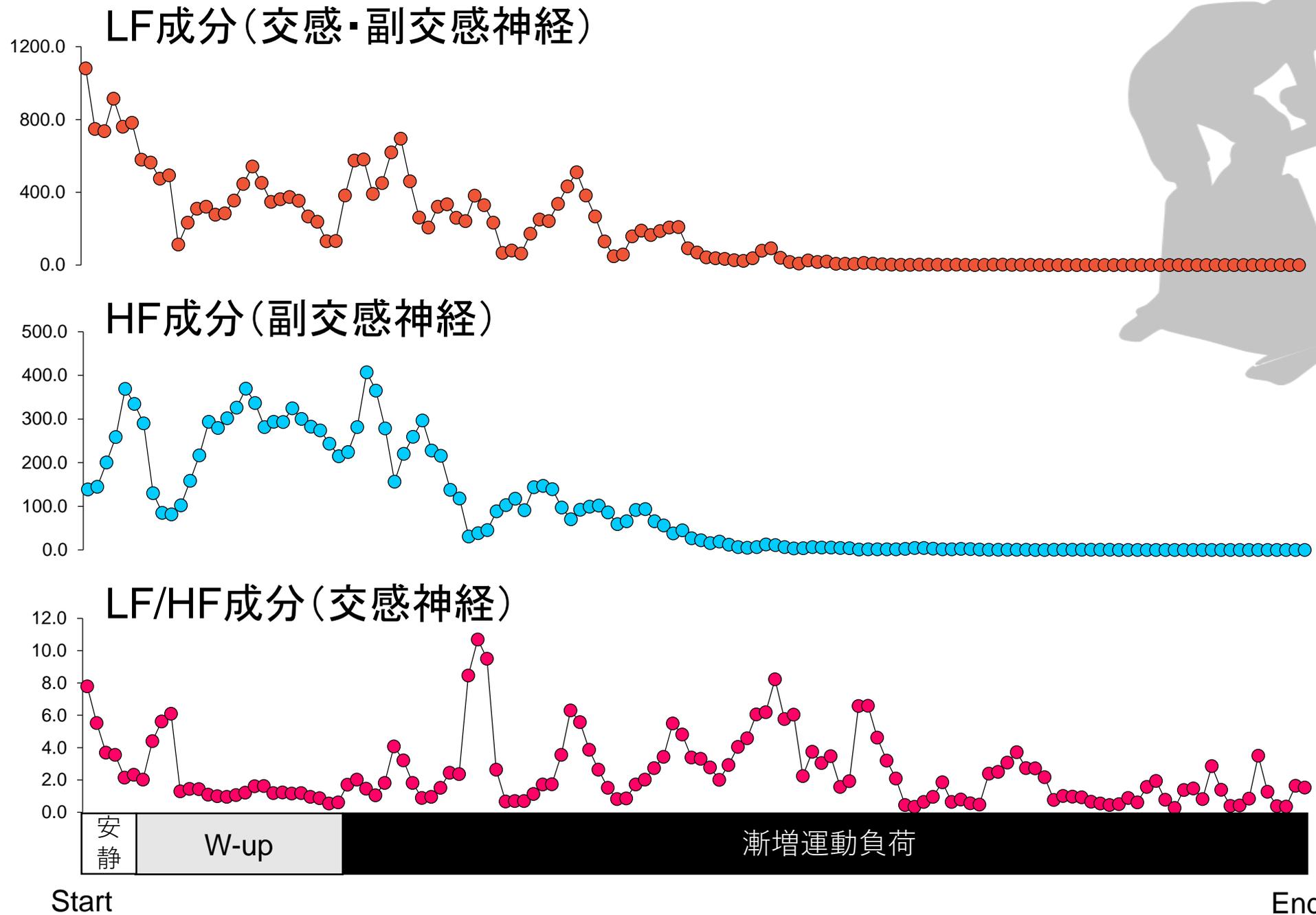


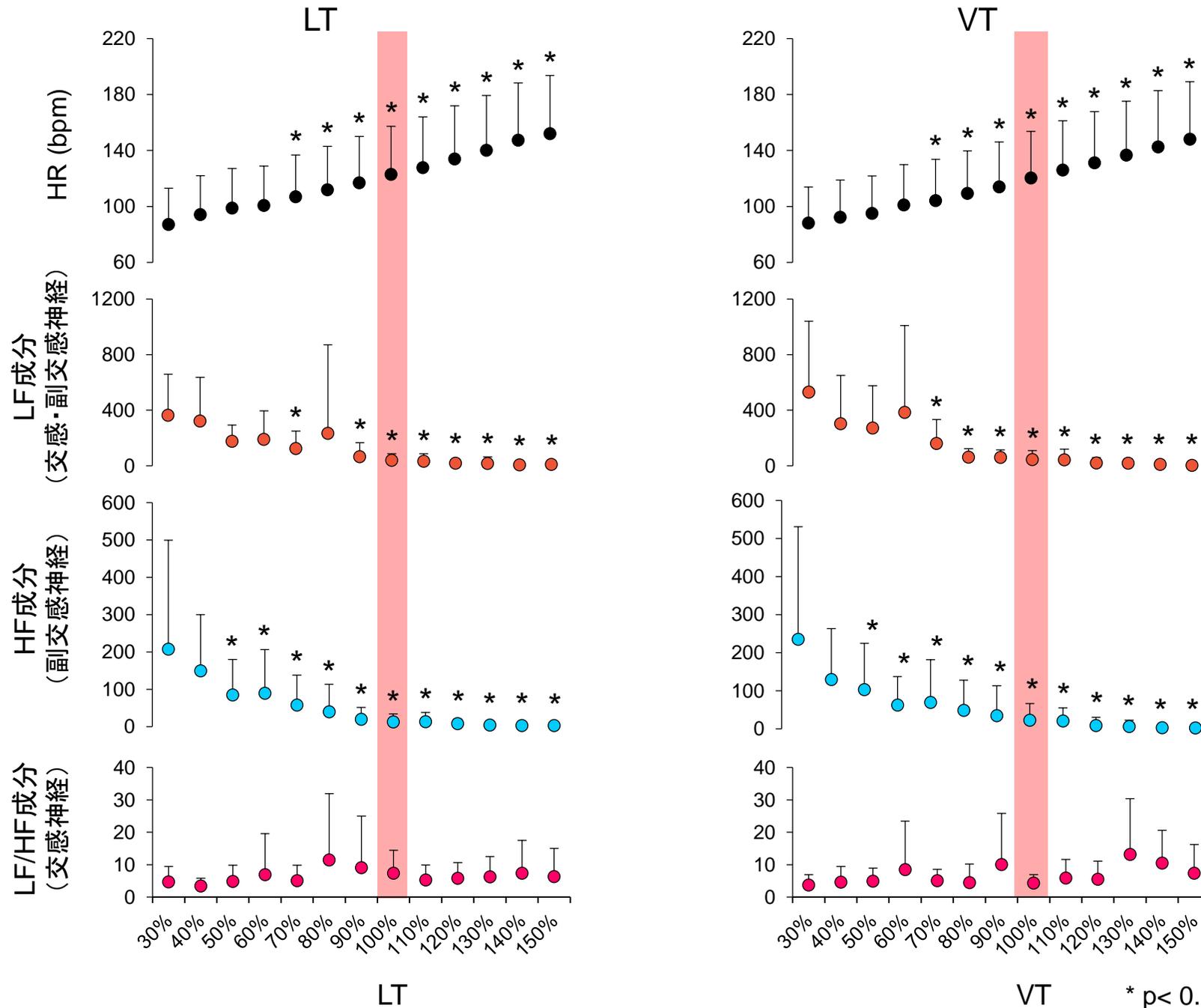
Table 1. Subject background of the men (n= 7) and women (n= 8)

Variables	Men	Women
Age	21.4 ± 1.3	21.0 ± 0.8
High (cm)	172.1 ± 4.1	160.0 ± 5.5
Weight (kg)	62.0 ± 5.8	53.7 ± 3.7
VO <sub>2 max</sub> / W (ml/min/kg)	45.1 ± 5.8	40.8 ± 2.8
RQ	1.21 ± 0.06	1.13 ± 0.05
HR (beat · min <sup>-1</sup> )	191 ± 8	183 ± 10
RPE	19 ± 1	19 ± 1
LA (mmol/L)	7.6 ± 1.5	8.5 ± 1.9
VT_VO <sub>2</sub> /W (ml/min/kg)	19.6 ± 3.0	20.9 ± 2.0
LT_VO <sub>2</sub> /W (ml/min/kg)	21.9 ± 2.8	20.6 ± 4.3

値は平均±標準偏差で示す. RQは呼吸商, HRは心拍数, RPEは主観的運動強度, LAは血中乳酸濃度を示す. RQ, HR, RPEは運動終了時の値を示す. LAは運動終了3分後の値を示す.

# 運動負荷試験中の従来法による自律神経動態



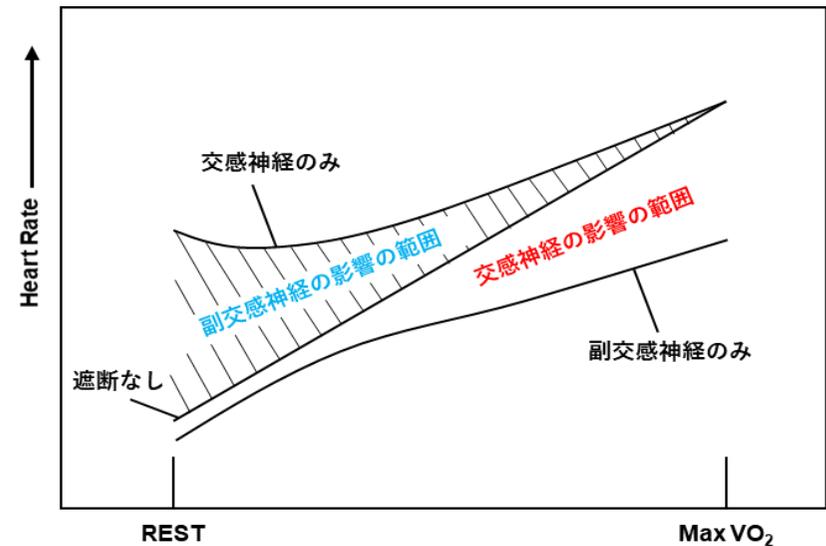
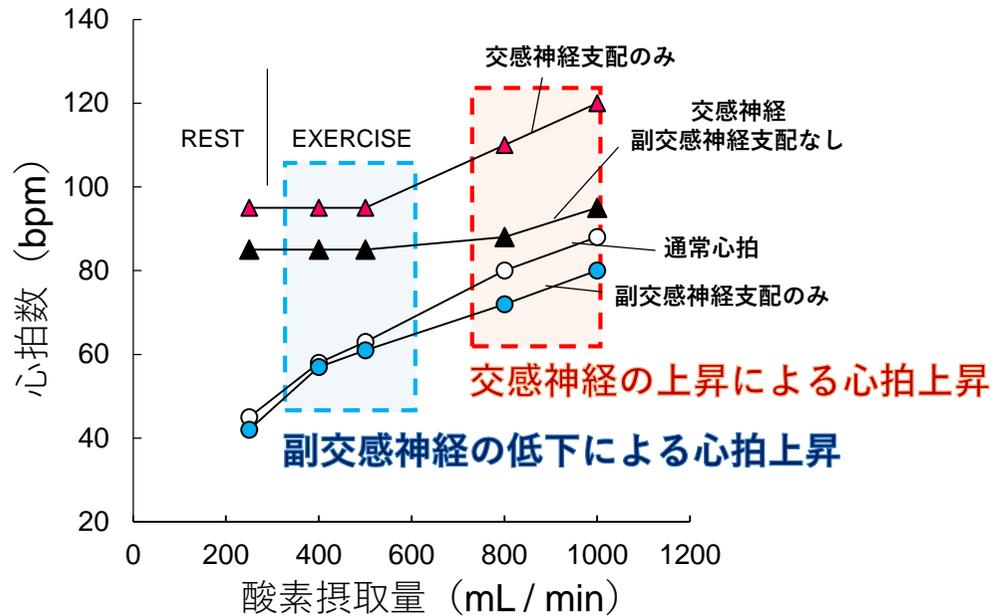


\* p < 0.05 vs 30%LT, 30%VT

(n=15)

先行研究で示された運動強度の増加に伴うLF/HF変化は認められない

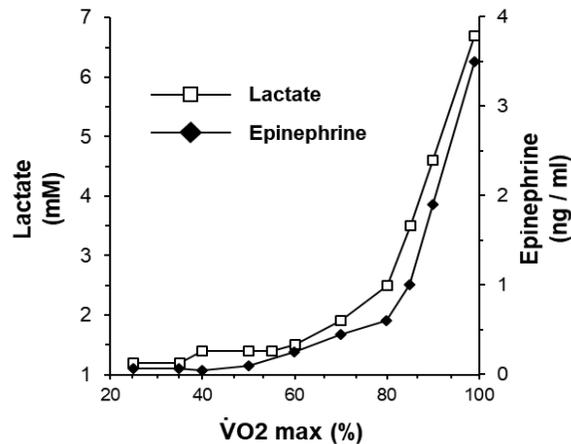
## ① 運動中の心拍上昇と自律神経の関係



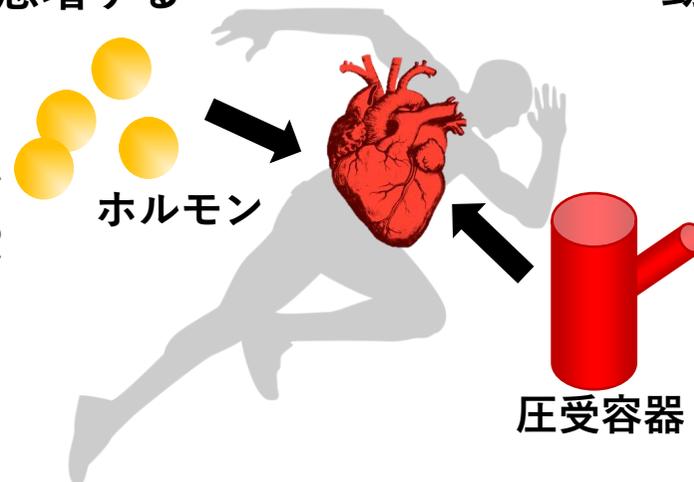
Modified from Robinson et al., Circulation Res, 1966

## ② 運動中の交感神経に影響を与える因子

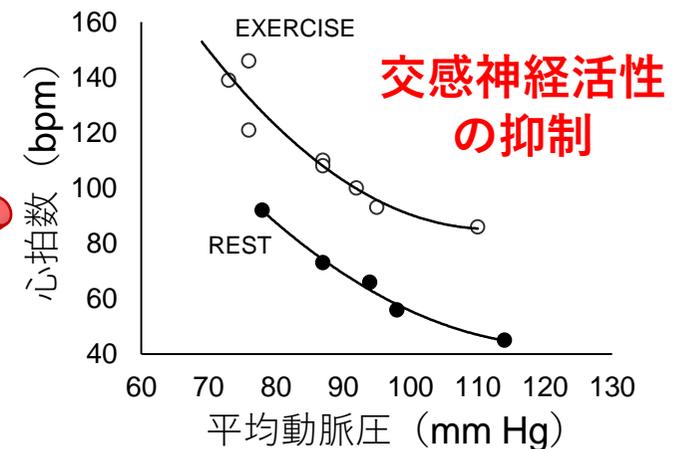
エピネフリンは中強度から急増する



Mazzeo et al., J Appl Physiol, 1989

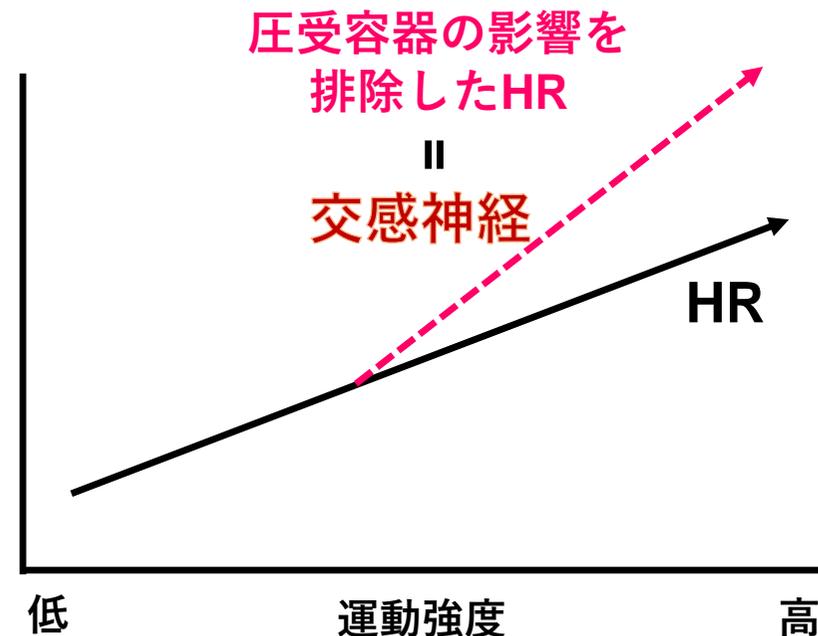
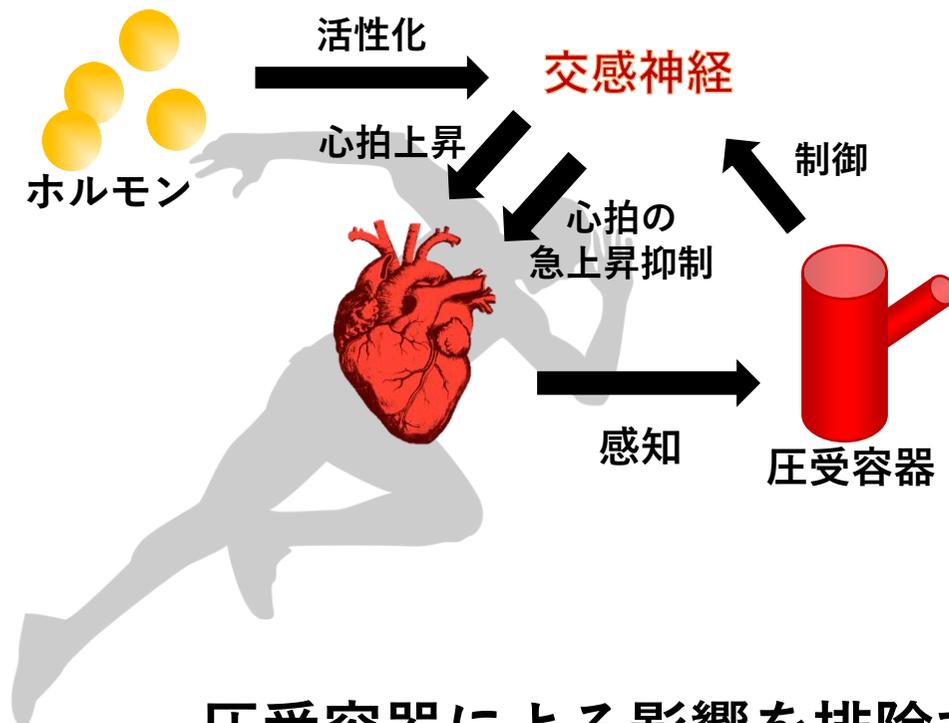


動脈圧の増加は心拍数を低下させる



Modified from Robinson et al., Circulation Res, 1966

動脈圧は心拍数の急増を制御している



圧受容器による影響を排除することでHRは急増する

新規指標

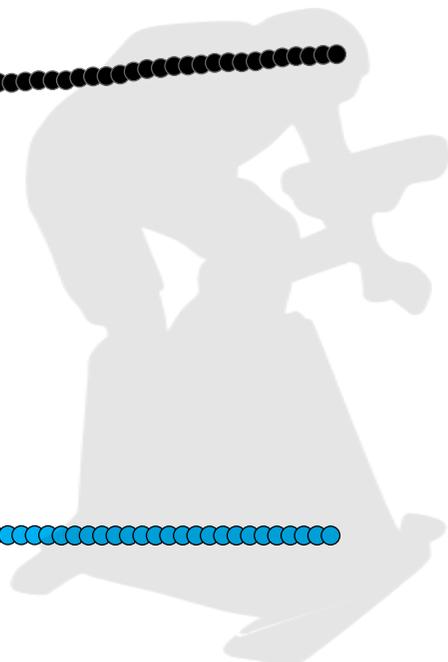
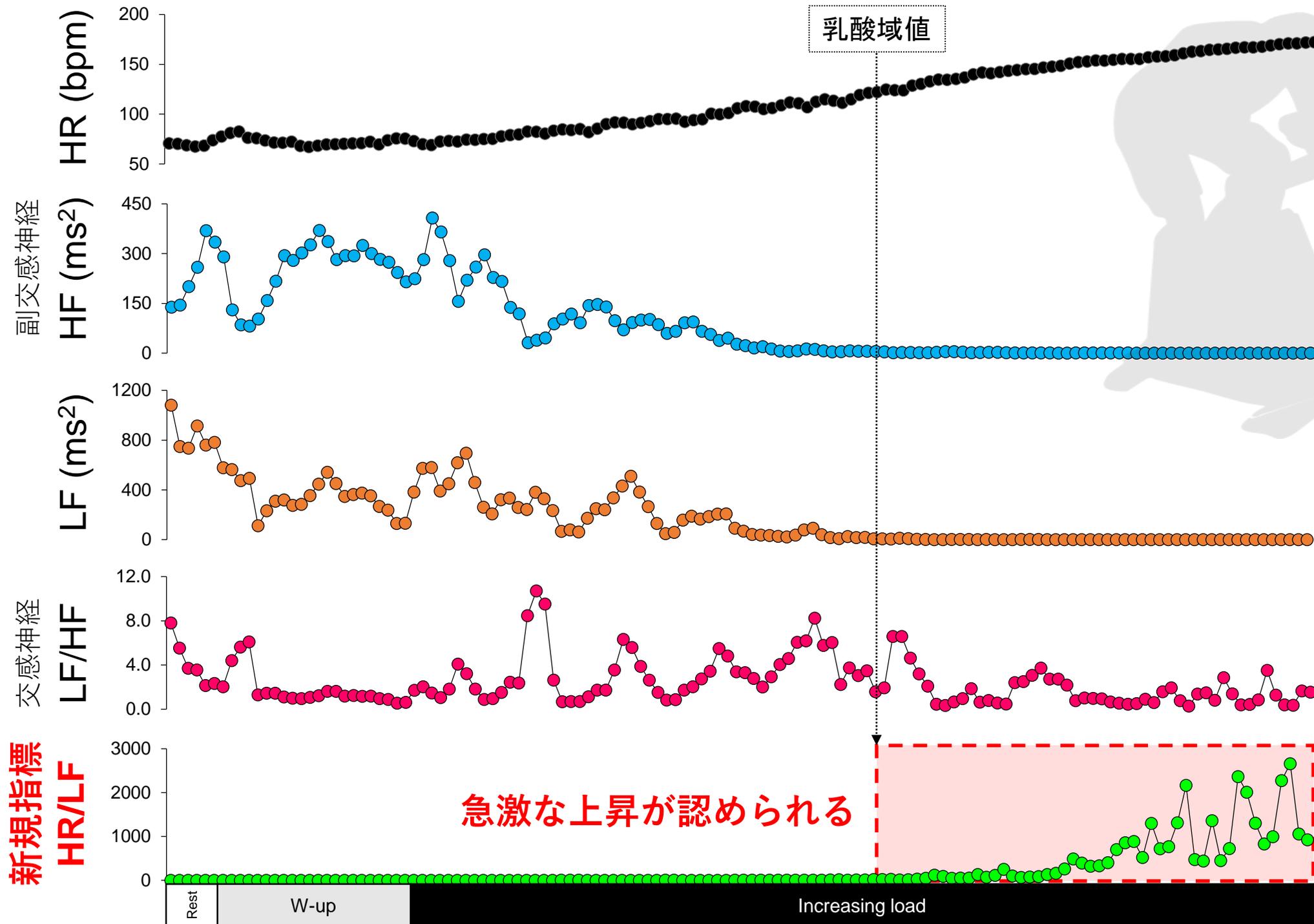
Heart rate (HR)

LF

LF成分: 交感神経、副交感神経活動

圧受容器反射を反映

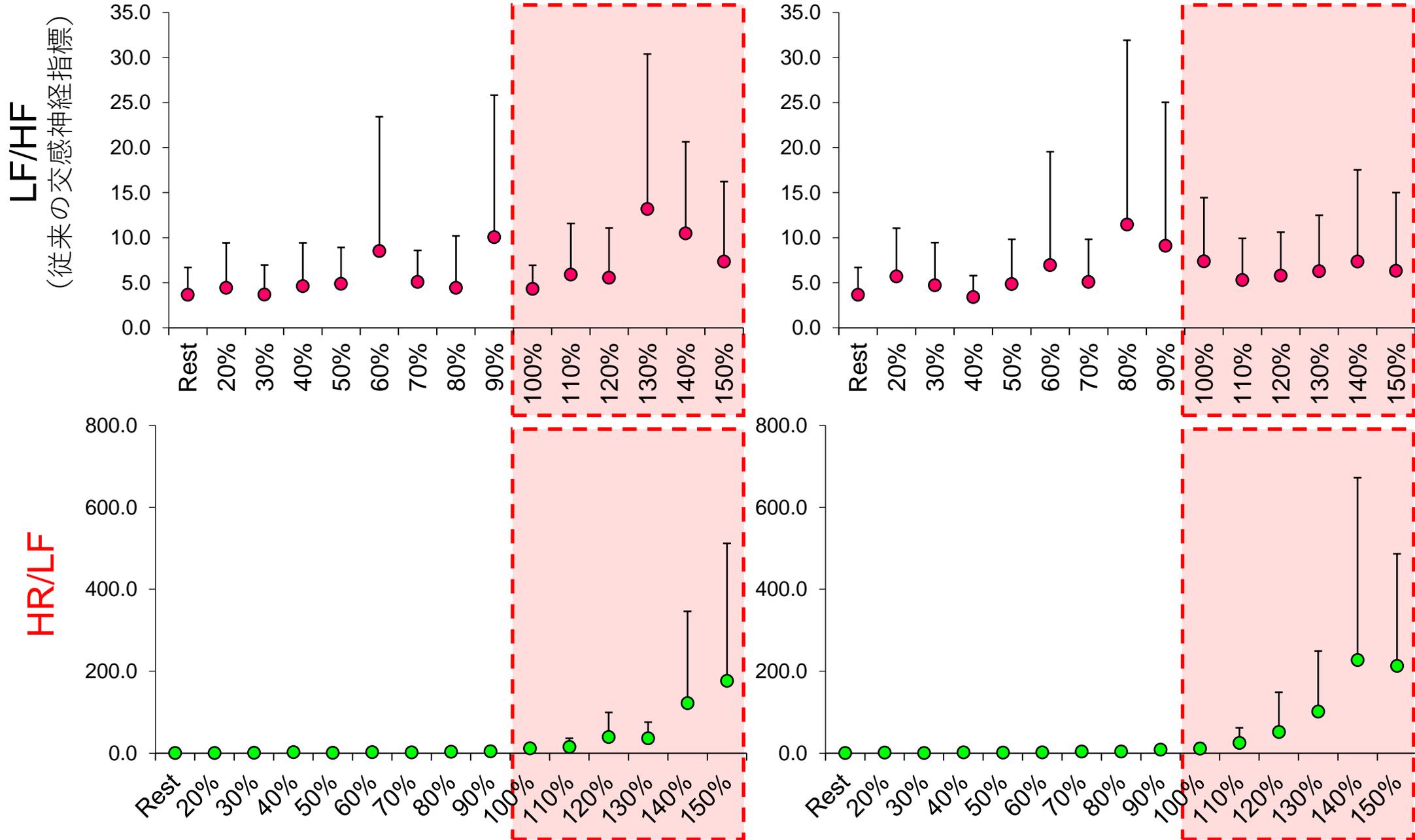
Heart rate (HR) / LF は、交感神経活動を反映した新規の指標となる可能性



# LF/HF (従来の交感神経指標) と HR/LF (新規指標) との比較

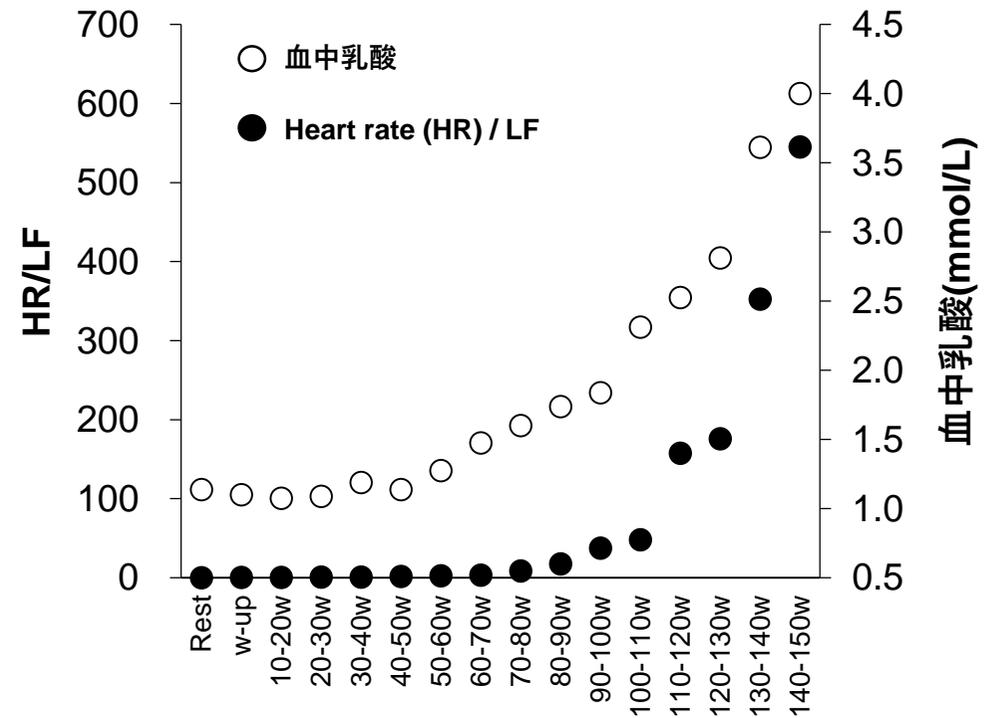
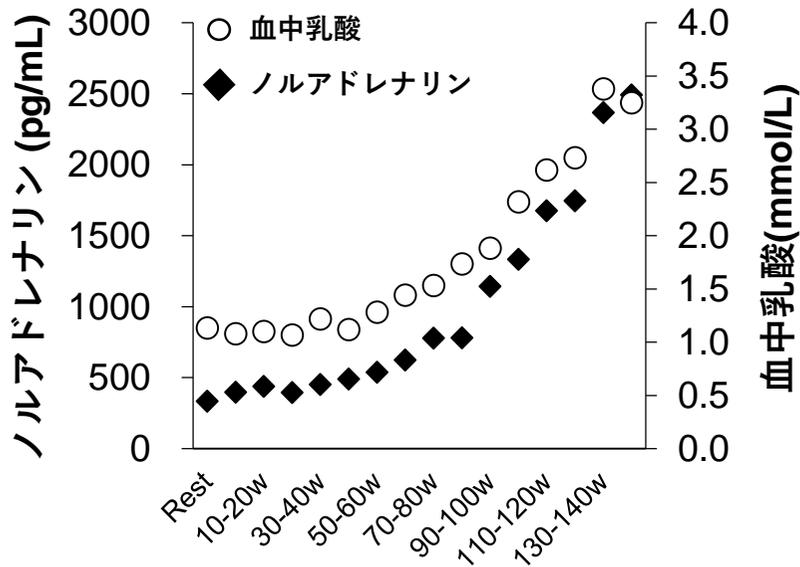
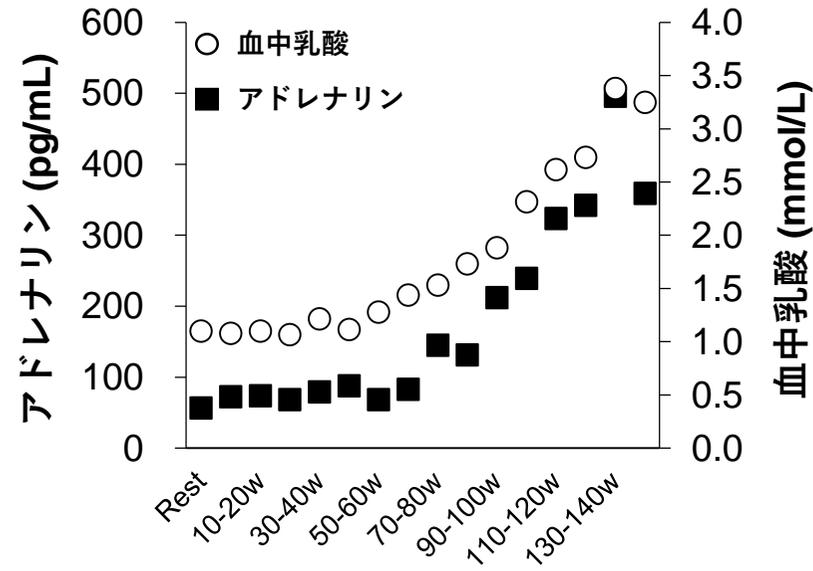
換気性作業閾値 (VT)

乳酸性作業閾値 (LT)



新規指標 (HR/LF) は VT および LT から急増する

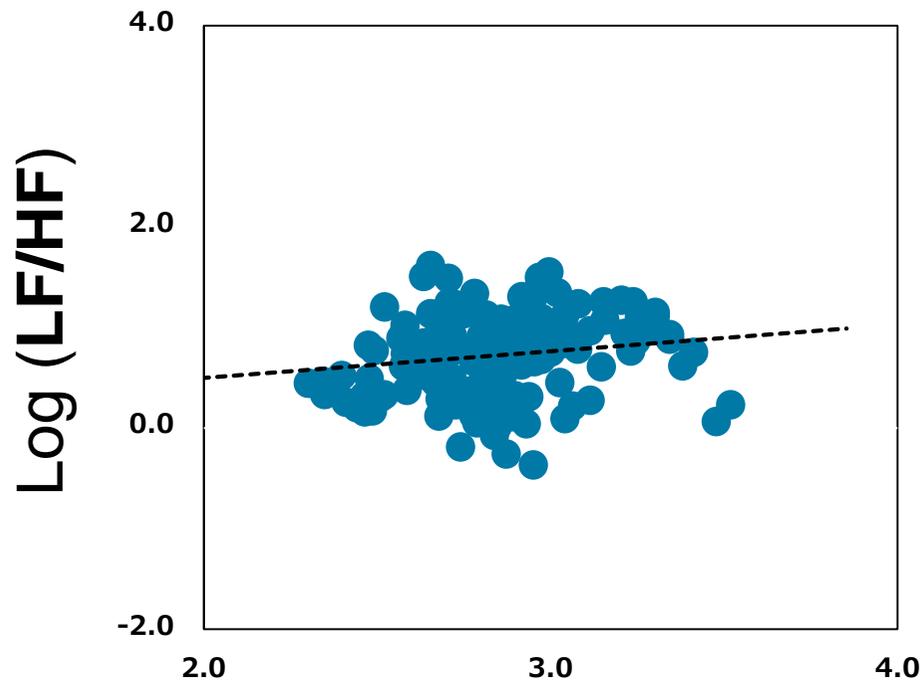
# 漸増運動負荷中の乳酸値 と カテコラミン ならびに 新規の自律神経活動指標 (HR/LF) の動態



(n=8)

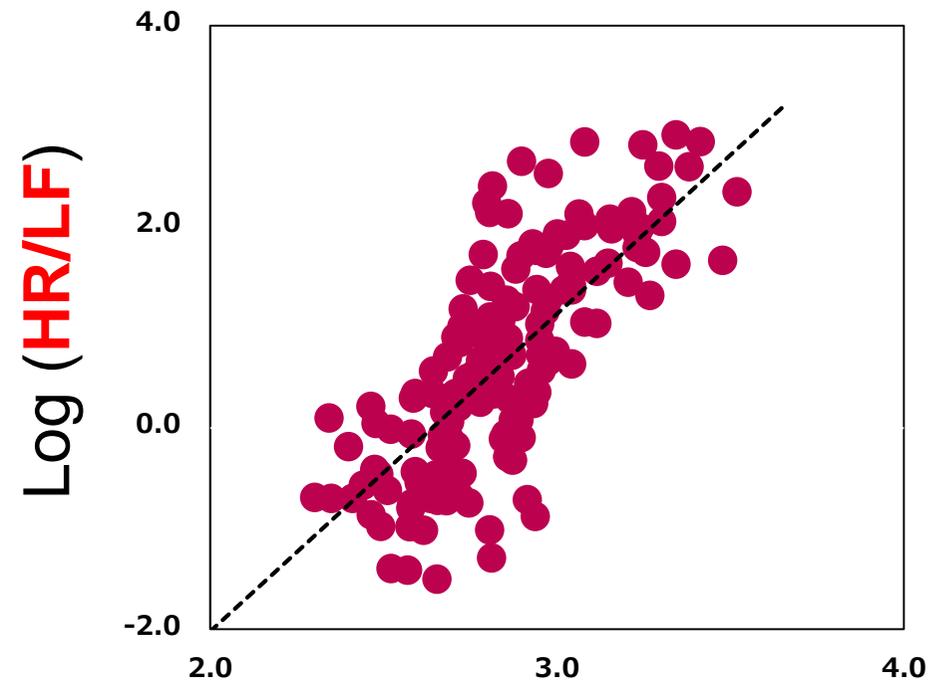
# 漸増運動負荷中の血中ノルアドレナリン濃度と新規の交感神経活動指標との関係性

## 従来の交感神経指標



Log (ノルアドレナリン, pg/mL)

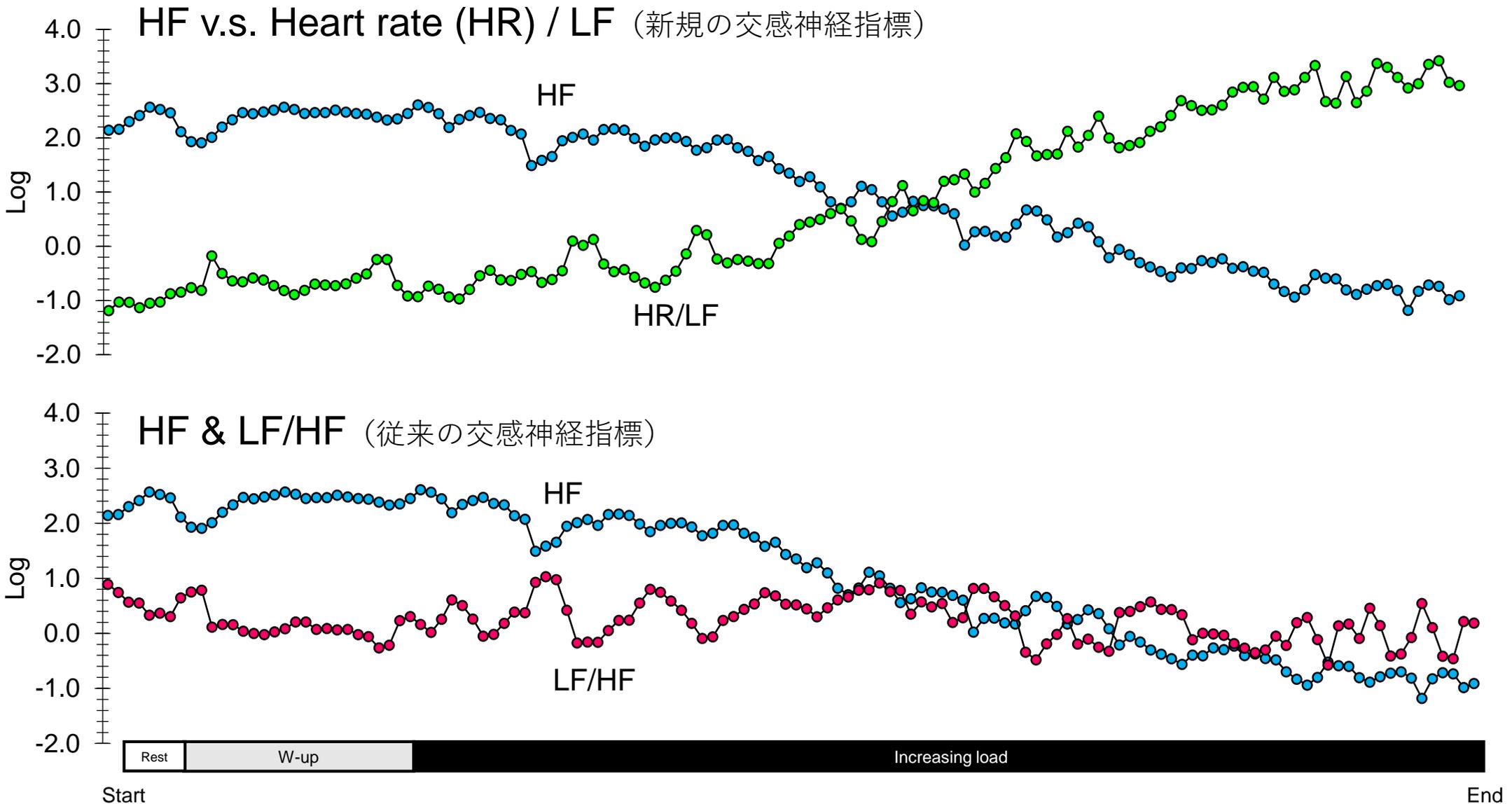
## 新規の交感神経指標



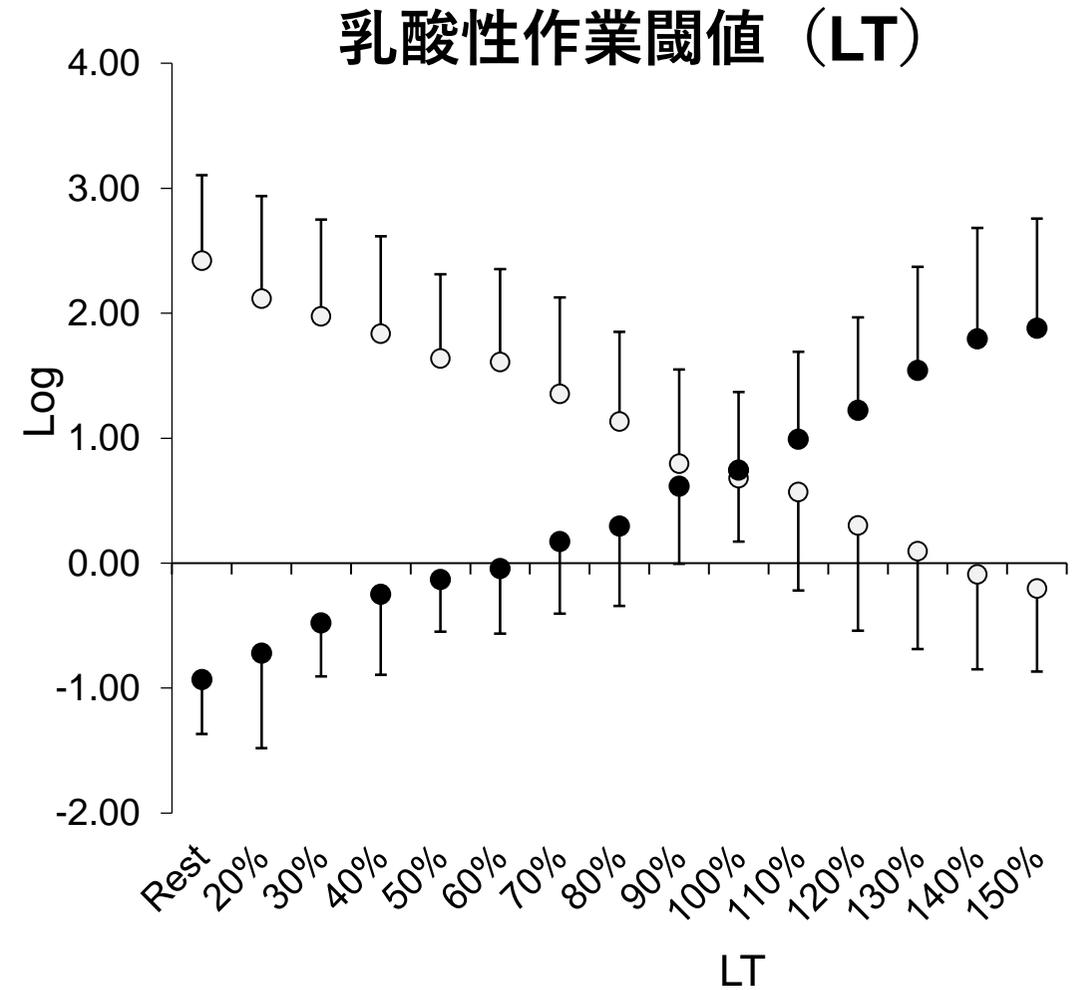
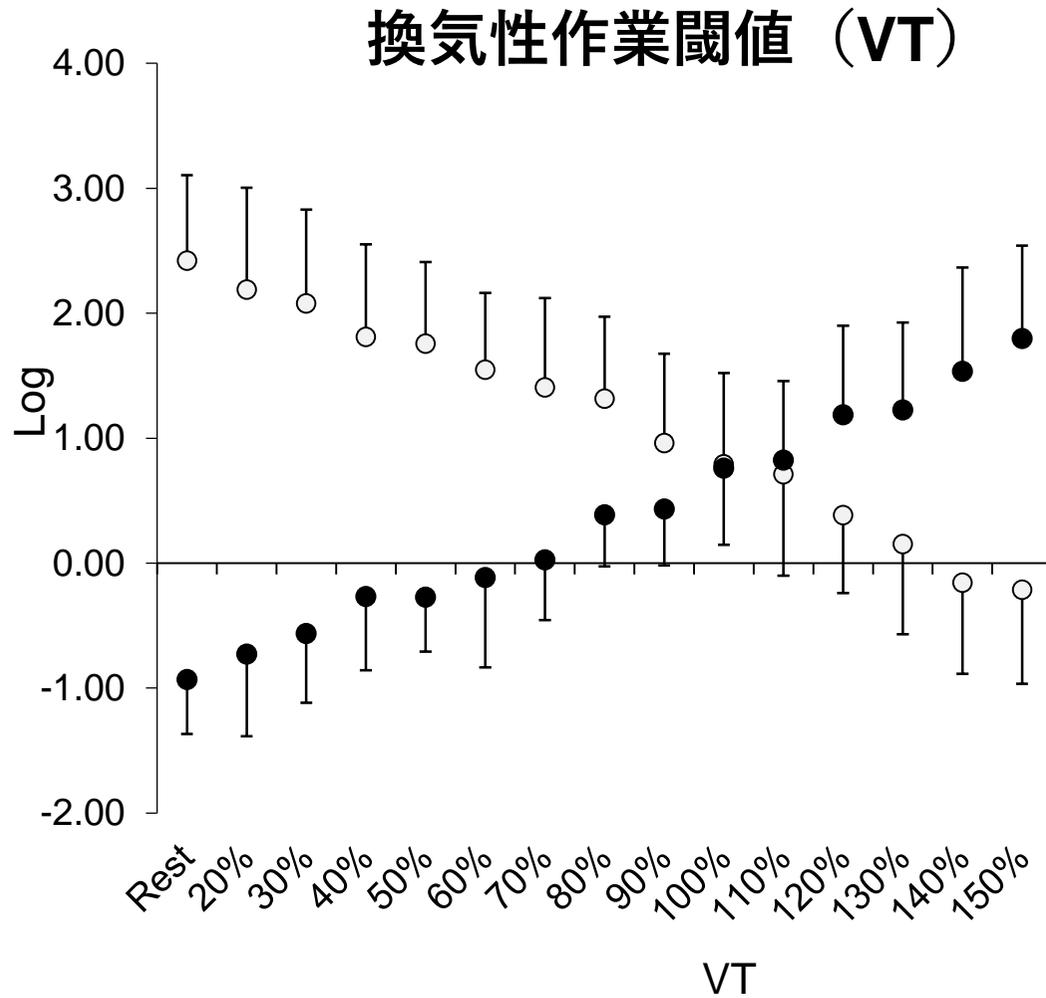
Log (ノルアドレナリン, pg/mL)

# 新規指標を応用した より正確な乳酸域値・換気性域値の判定方法

## クロスポイント



- HF
- HR/LF



**HF と新規指標 (HR/LF) の優位性がVTおよびLT近傍で入れ替わる**

# 新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、運動中の交感神経活動を反映する指標の開発に成功した。
- この指標を応用することによって、正確に最適運動強度を求めることが可能となった。
- 本技術の適用により、現在スタンダードに用いられている呼気ガス分析装置を使用する必要が無くなり、コストが 1/100～1/1,000 程度まで削減することが期待される。

# 想定される用途

- 本技術を適用することで、簡便、安価でかつ正確に有酸素性能力および最適運動強度を測定する専門機器開発が可能となる。
- スポーツ現場、アスリート向けの最適運動強度の測定装置に応用可能である。
- 医療ならびにジム等の健康関連機器の開発および搭載・応用が可能である。
- 上記以外に、ダイエットやファンラン等に用いられるスマートウォッチ等のウェアラブル端末への応用も期待できる。

# 企業への期待

- 既に関済済みのスポーツ・健康機器、医療・リハビリテーション機器やウェアラブル端末への技術を持つ企業には、本技術の導入が有効と思われる。

# 産学連携の経歴

---

- 2020年4月～ 旭化成株式会社と共同研究開始

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：生体情報測定装置、生体情報測定方法  
および生体情報測定プログラム
- PCT国際出願(PCT/JP2020/016762)
- 出願人 : 学校法人 福岡大学
- 発明者 : 上原 吉就、松田 拓朗、田上 友季也

# 問い合わせ先

**福岡大学**

**研究推進部 産学官連携センター**

**TEL 092-871-6631**

**FAX 092-866-2308**

**E-mail [sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp](mailto:sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp)**