
心拍モニターを応用した 運動体力レベル測定のアプローチ開発

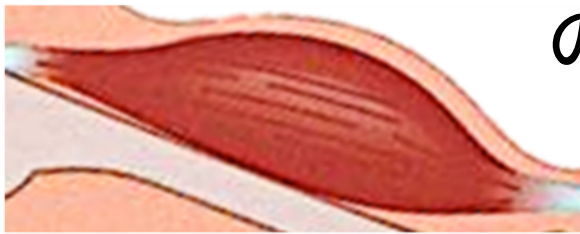
福岡大学 スポーツ科学部

上原 吉就

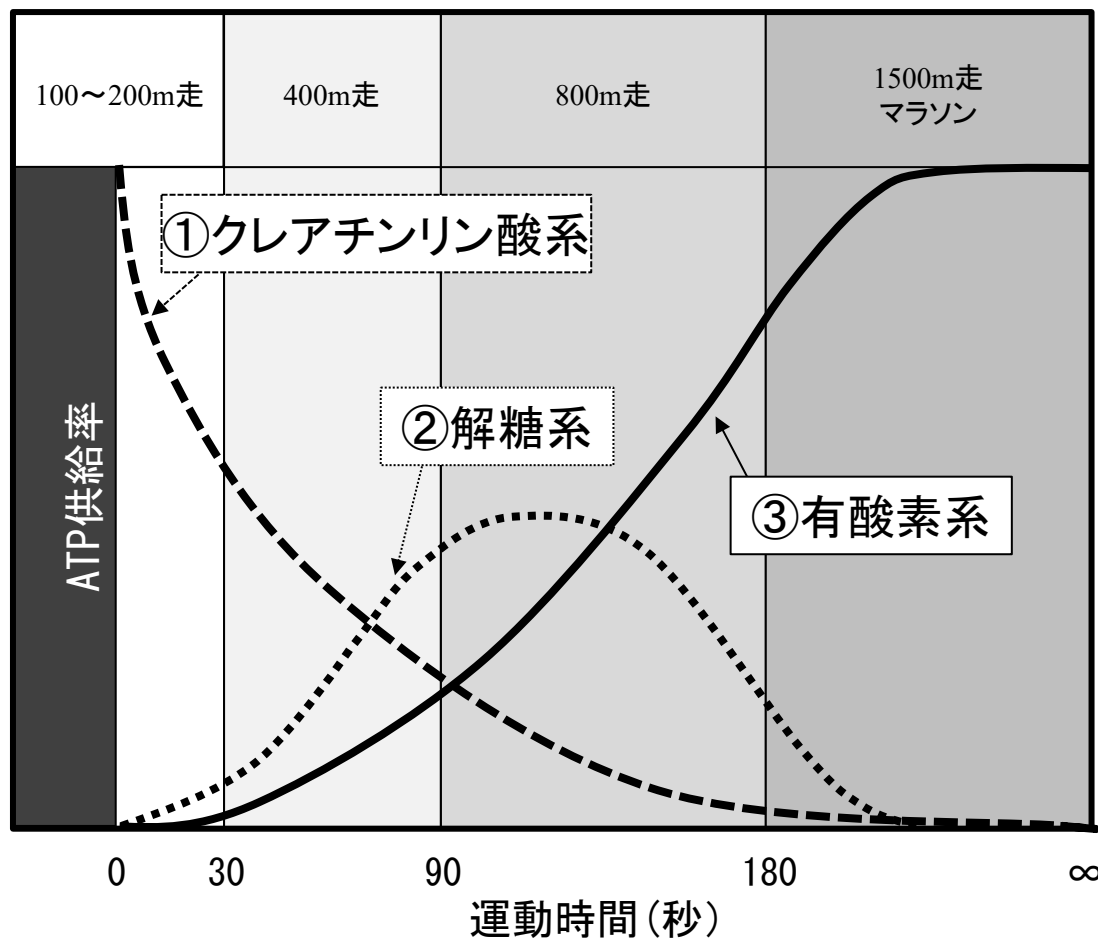
体力を知ることの意義

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



有酸素系能力 = 持久力(体力)

各人の体力(有酸素系能力)を把握することによる様々なメリット

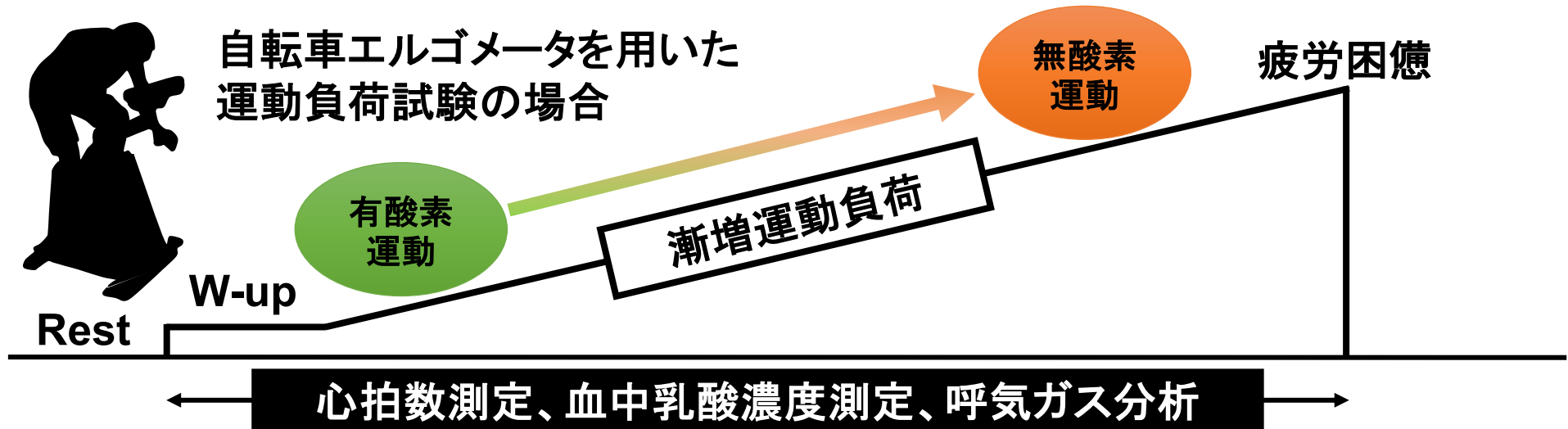
アスリート

- ・ 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...

従来の体力レベル(有酸素系能力)の評価方法とその課題



● 心拍数測定

課題: 容易, 安価ではあるが不正確(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, 最大努力のおおよそ50%に相当)を見付ける

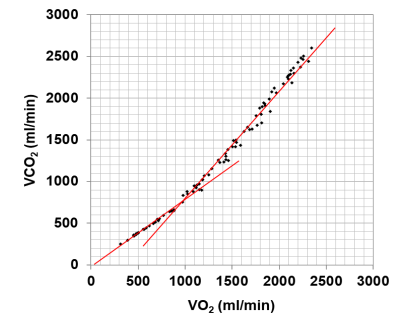
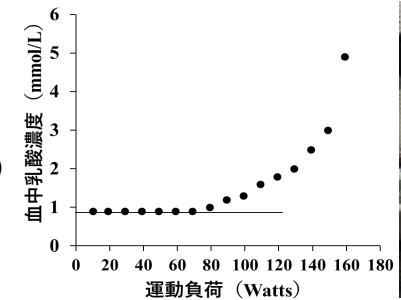
課題: 侵襲的, 測定回数が多く, 医療従事者・熟練者が必要

● 呼気ガス分析

最大酸素摂取量および換気性作業閾値 (VT)を算出

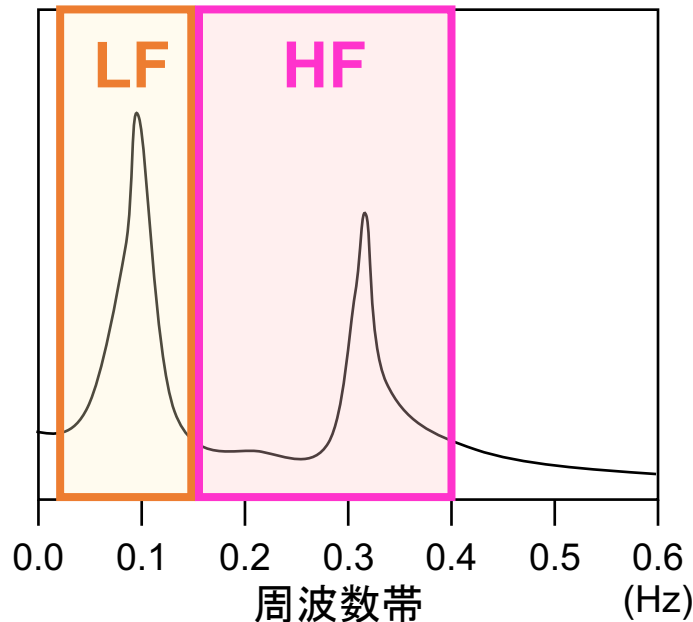
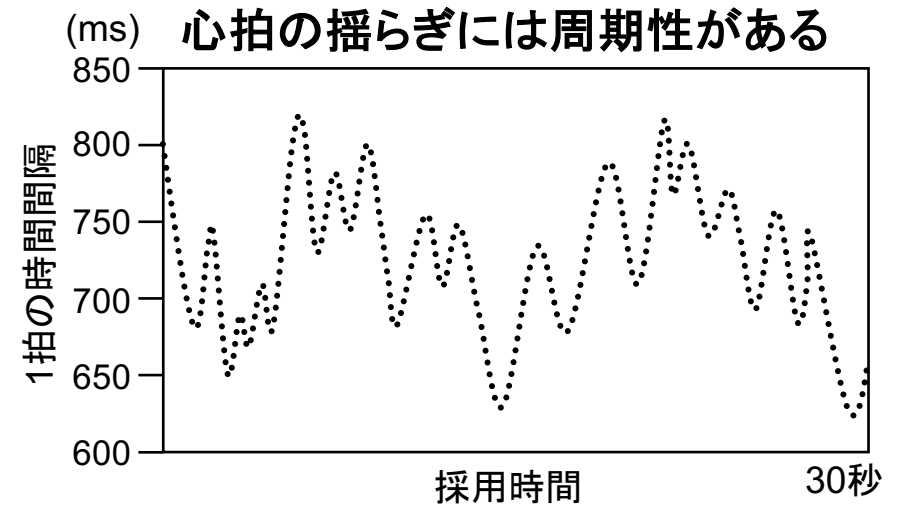
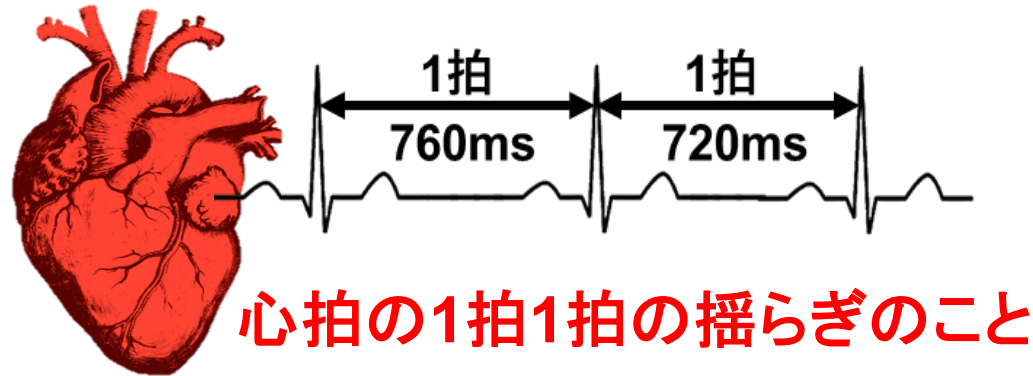
VT: O_2 摂取量と CO_2 排出量の屈曲点, 最大努力のおおよそ50%に相当

課題: 極めて高価, 熟練者が必要



心拍の揺らぎ(心拍変動)から自律神経活動を評価する試み

心拍変動(Heart Rate Variability: HRV)とは



周波数解析により心拍の揺らぎに影響を与える生体信号を抽出することができる

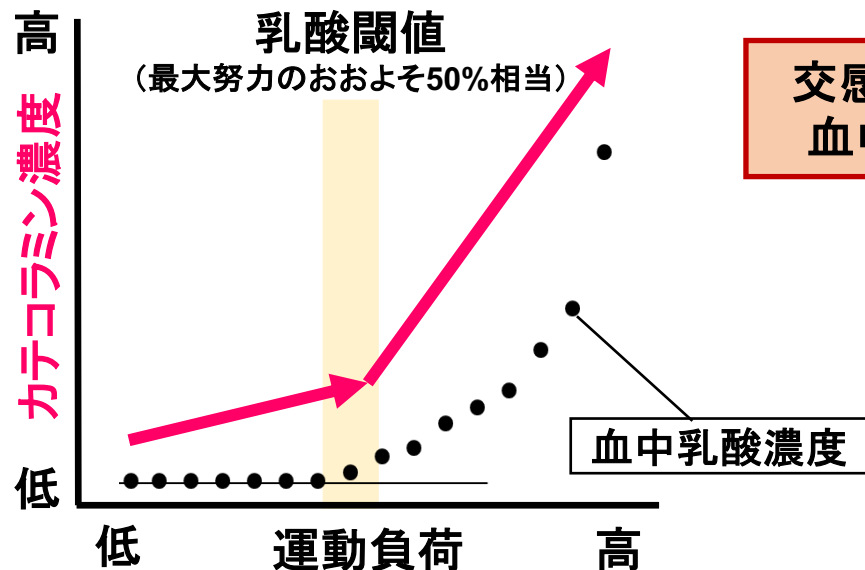
- 低周波成分 (Low frequency, LF; 0.04-0.15 Hz)
交感神経と副交感神経を反映
- 高周波成分 (High frequency, HF; 0.15-0.4 Hz)
副交感神経を反映
- LFとHFの比 (LF/HF)
交感神経指標

Berntson et al, Psychophysiology, 1997

心拍変動による自律神経活動の評価は広く用いられている。

心拍変動による自律神経評価の運動への応用とその課題

漸増運動負荷中の交感神経活性



交感神経活動を活性化させる
血中カテコラミン濃度の変化

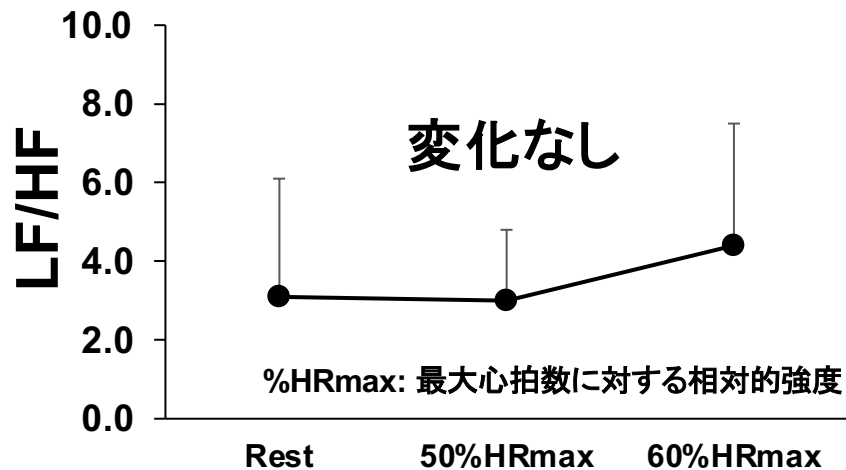
体力レベルの指標となる
血中乳酸濃度の変化

ほぼ一致する

運動中の自律神経活動を評価することで
体力レベルを評価できる可能性

心拍変動の交感神経指標であるLF/HFにおいても同様の変化を示すのか？

運動負荷に対するLF/HFの変化



%HRmax: 最大心拍数に対する相対的強度

Leicht et al., Eur J Appl Physiol, 2008

LF/HF (従来の交感神経指標)における課題

運動負荷によって**LF/HFは変化しない**ことが
多く報告されている。

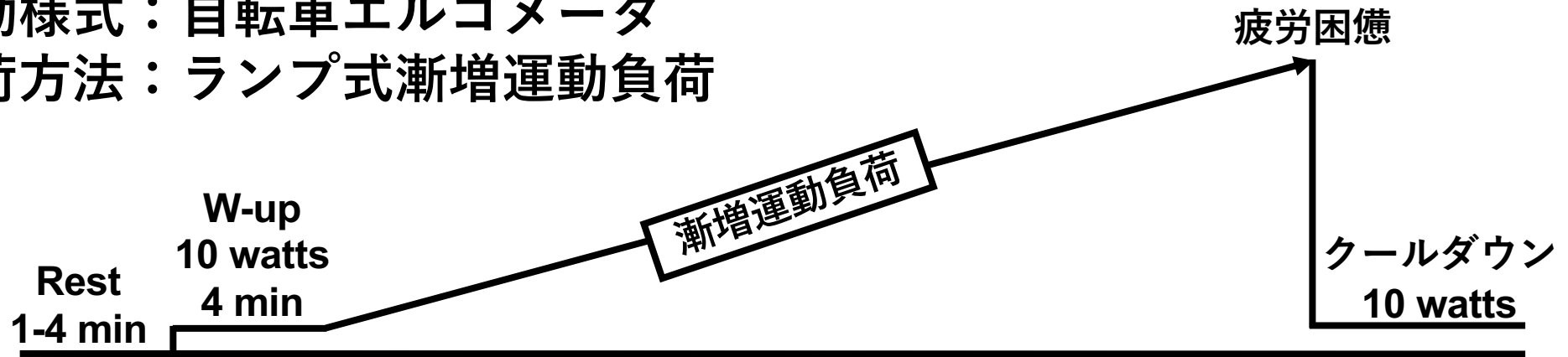
運動中の交感神経指標としては疑問視されている。

- ① 運動中の交感神経活性を反映する心拍変動の新規指標の開発
- ② 心拍変動の新規指標を応用した運動体力レベル評価法の開発

漸増運動運動負荷中の心拍変動測定方法

運動様式：自転車エルゴメータ

負荷方法：ランプ式漸増運動負荷



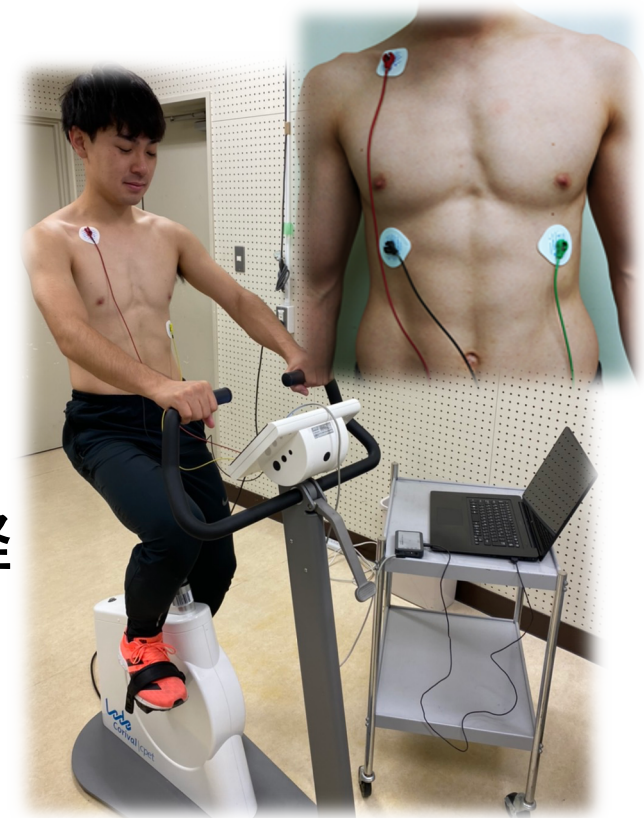
心拍変動測定

心電図（3誘導）からR-R間隔を測定

自動周波数解析により自律神経成分を算出

自律神経成分

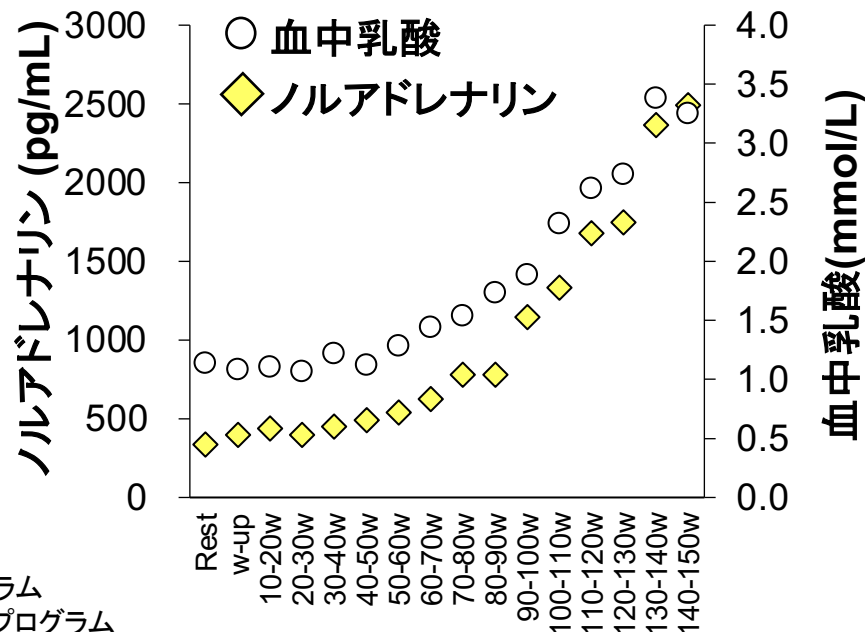
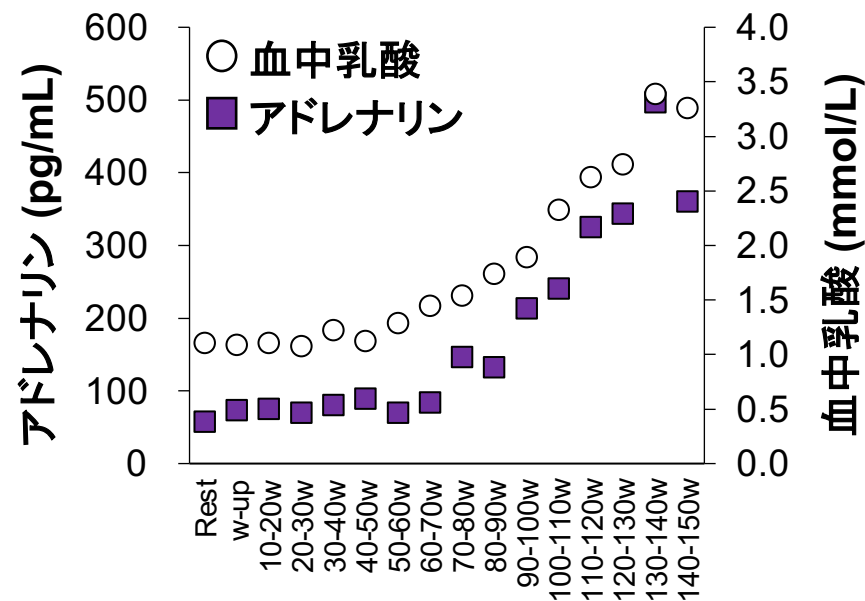
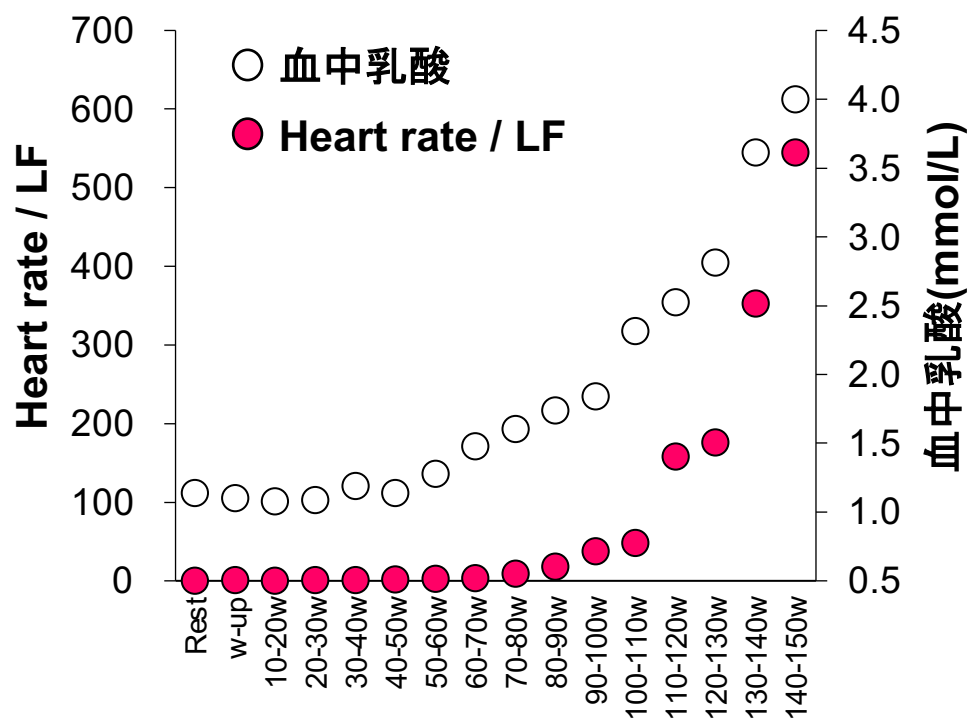
- Low frequency (LF)：交感神経と副交感神経
- High frequency (HF)：副交感神経
- **Heart rate / LF**：新規交感神経指標



①運動中の交感神経活性を反映する心拍変動の新規指標の開発

新規交感神経指標

心拍数とLF成分(心拍変動の周波数成分)の比,
Heart rate / LF を開発



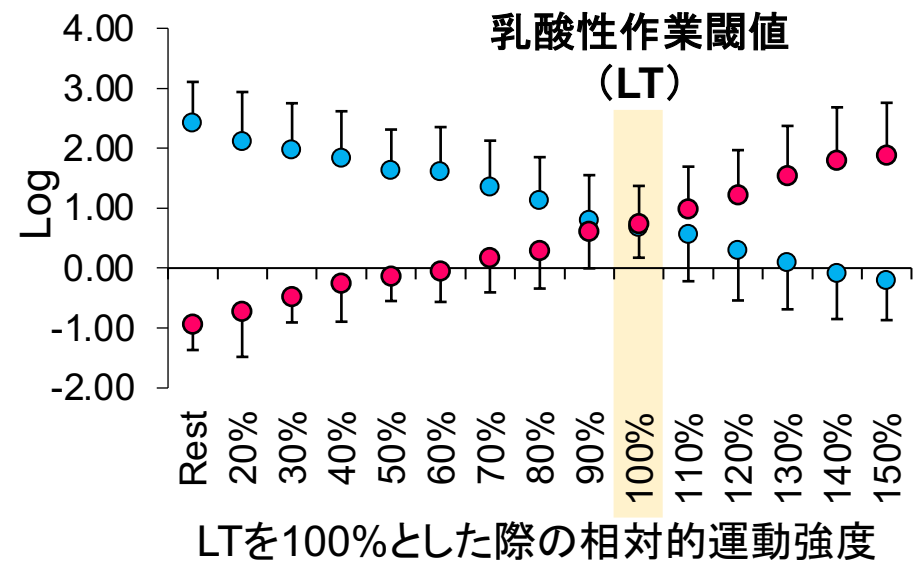
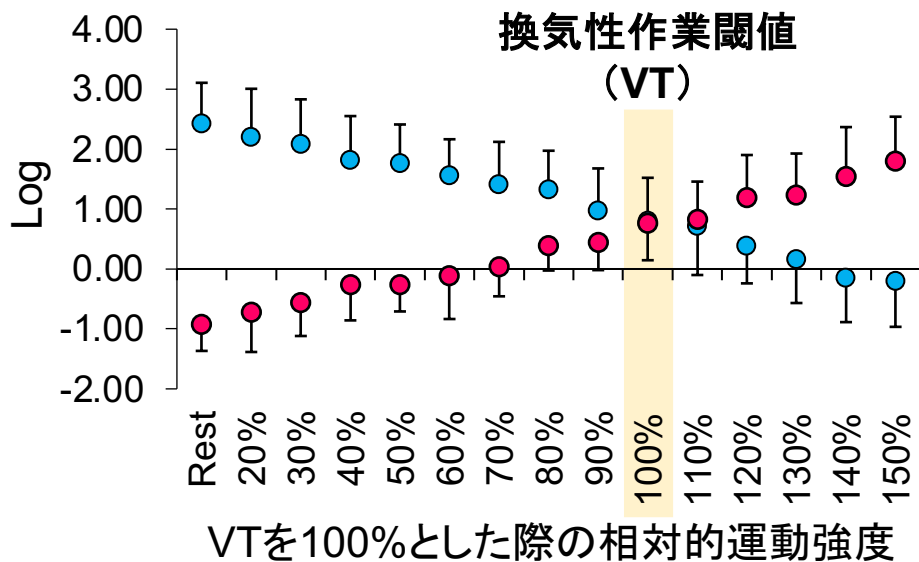
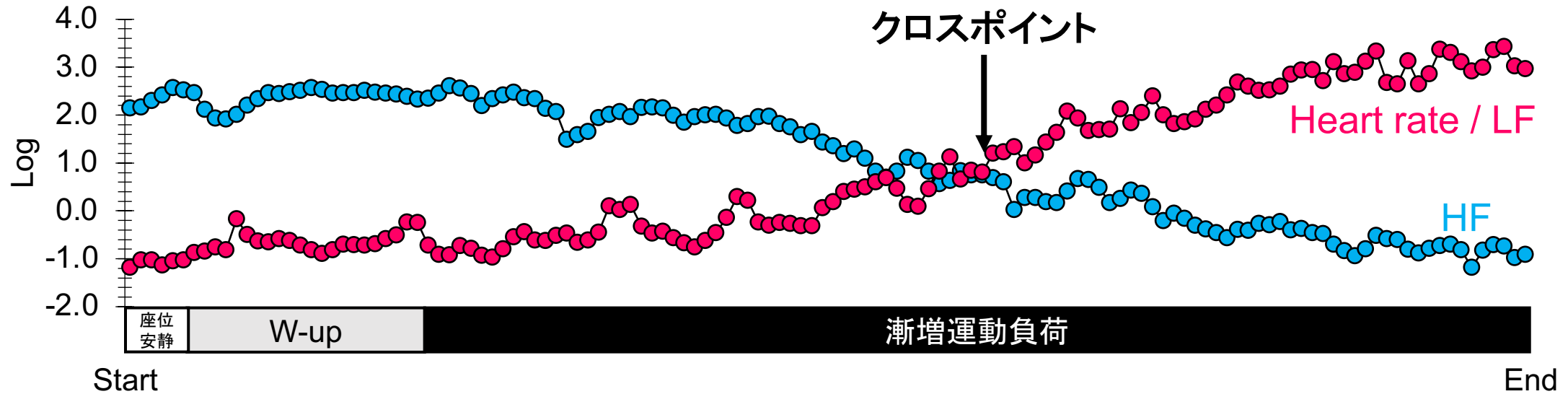
- ・特許出願(特願 2019-078637): 運動強度測定装置、運動強度測定方法および運動強度測定プログラム
- ・PCT国際出願(PCT/JP2020/016762): 生体情報測定装置、生体情報測定方法および生体情報測定プログラム

Heart rate / LF (新規指標) はカテコラミンおよび血中乳酸の変化と一致する。

②新規指標を応用した運動体カレベルの評価法の開発

クロスポイントの判定法

Heart rate / LF (新規の交感神経指標)とHF (副交感神経指標)を組み合わせ、両指標が入れ替わるポイント(クロスポイント)を決定する。



クロスポイントは最大努力のおおよそ50%に相当するVTおよびLT近傍で出現する。

新技術の概要と従来の技術との比較

①運動中の交感神経活性を反映する心拍変動の新規指標の開発

- これまでの課題であった運動中の交感神経活性を反映する**心拍変動の新規指標の開発に成功**した。
- **非侵襲的かつ簡便に**運動中の交感神経活性の状態を評価することが可能となる。

②心拍変動の新規指標を応用した運動体力レベル評価法の開発

- Heart rate / LF (新規交感神経指標)を応用してHF (副交感神経指標)との交点(クロスポイント)を求めることで、**最大努力のおおよそ50%に相当する運動強度を正確に判定する方法の開発に成功**した。

本技術の開発により、これまでの体力レベル評価法の課題であった**正確性, 侵襲性, コスト面**(1/100~1/1,000 程度まで削減)の改善が期待できる。

医療関連

医療機器 / リハビリテーション機器への搭載

野外, 在宅でのリハビリテーションの管理

フィットネス・健康関連

トレーニング機器 (ルームランナー, 自転車エルゴメータ等) への搭載

ウェアラブル端末 (心拍計等) への搭載

スマートフォンへの搭載

一般健康関連機器への搭載

多様なスポーツにおけるトレーニング管理
(マラソン, サッカー, 自転車競技, トライアスロン等)