

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26750340

研究課題名(和文)潜水徐脈反応と運動後心拍回復の関連に関する研究

研究課題名(英文)The relationship between diving bradycardia and heart rate recovery

研究代表者

小西 真幸(Konishi, Masayuki)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教

研究者番号：10711187

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文):潜水反射試験は、顔面を約30秒間冷水につけ止息することによって生じる徐脈の程度から副交感神経活動を評価する。この潜水徐脈が、簡便な副交感神経機能の指標となり得るかを検討するため、従来の指標である運動後心拍回復とともに加齢や心肺体力の影響を調べた。運動後心拍回復と同様、高齢者では若年者よりも潜水徐脈は弱まり、低体力者は高体力者より潜水徐脈は弱かった。潜水徐脈により、副交感神経機能の減弱を簡便に評価できることが示唆された。

研究成果の概要(英文):Diving bradycardia has been observed to occur due to facial cooling and breath-holding, and reflected parasympathetic regulation. The purpose of this study was to investigate the effects of age and physical fitness on diving bradycardia and post-exercise heart rate recovery. The present study suggests that diving bradycardia and heart rate recovery both decreased with increasing age, and both decreased in people with low physical fitness than in people with high physical fitness. Diving bradycardia may be affected by ageing and physical fitness, and evaluate parasympathetic regulation easily.

研究分野：運動生理学

キーワード：自律神経 潜水反射試験 副交感神経

### 1. 研究開始当初の背景

顔面冷却と止息による潜水徐脈反応は、運動後の心拍回復 (heart rate recovery: HRR) と高い関連を示す可能性がある。HRR は全死亡率の強力な予測因子であるが、高強度の運動負荷や医師を含めた測定者の確保、測定時間を考慮すると、大規模な疫学調査には不向きである。一方、潜水徐脈反応の測定は準備を含め約 5 分で終了し、被験者にとって負担が少なく短時間に大人数の測定が可能である。潜水徐脈反応が HRR と高い関連を示せば、大規模な疫学調査や臨床現場への応用が期待される。我々は予備実験において潜水徐脈反応と HRR の関連を確認しているが、より強固なエビデンスとするため大人数での研究が必要である。

HRR は加齢により減弱し、心肺体力の低下により減弱することが報告されている。しかしながら、潜水徐脈反応が加齢や心肺体力の影響を受けるか否かは明らかでない。

### 2. 研究の目的

本研究は以下の二つの課題を検討し、潜水徐脈反応による副交感神経機能評価の有用性を検討することを目的とした。

研究課題 : 性別・年齢・身体組成および心肺体力の相違が潜水徐脈反応と運動後心拍回復の関係に及ぼす影響の検討

研究課題 : 12 週間の運動トレーニングが潜水徐脈反応および運動後心拍回復に及ぼす影響

### 3. 研究の方法

潜水反射試験 : 5 程度の冷水に顔面を浸し、止息した状態を約 30 秒間維持する。安静時から顔面冷却の終了まで R-R 間隔を測定する。測定中に示される最長 R-R 間隔を副交感神経機能の指標とする。

運動後心拍回復 (HRR) : 心肺運動負荷試験をおこない、運動負荷中の最高心拍数から運動負荷終了後 1、2、3 分時の心拍数を引き、運動後心拍回復とした。

#### 研究課題

若年者 10 名 (22 ± 2 歳) および高齢者 11 名 (69 ± 4 歳) の潜水徐脈および運動後心拍回復を比較した。

40-69 歳の男性 115 名、女性 58 名に対し潜水反射試験および運動後心拍回復の測定をおこない、年齢・性別との関連を検討した。

40-59 歳の男性 43 名を心肺体力の基準値 (健康づくりのための身体活動基準 2013) により 2 群に分け、潜水徐脈および運動後心拍回復を比較した。

#### 研究課題

中年肥満男性 22 名を 12 週間の運動トレーニング群またはコントロール群に分け、介入前後の潜水徐脈および運動後心拍回復を比較した。

### 4. 研究成果

#### 研究課題

若年者の潜水徐脈および運動後心拍回復は高齢者より高値を示した ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ )。潜水徐脈の結果を図 1 に示す。

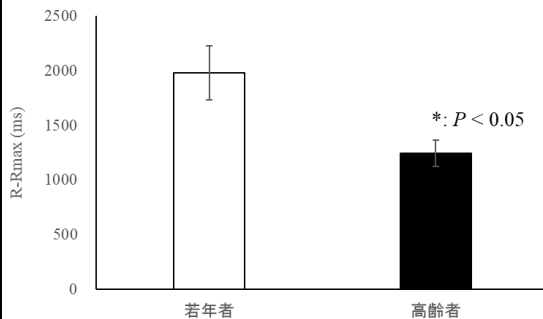


図 1. 若年者と高齢者の潜水徐脈の比較

潜水徐脈および運動後心拍回復は年齢と負の相関を示した ( $r = -0.235$ ,  $P < 0.01$ , 図 2)。また 40 歳代の潜水徐脈は 50 歳代および 60 歳代よりも有意に高値を示した (ともに  $P < 0.01$ )。性別との関連はなかった。

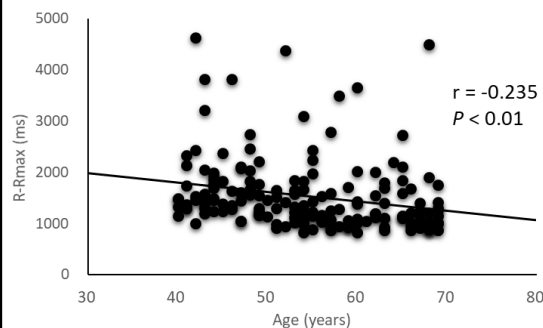


図 2. 潜水徐脈と年齢の関係

高体力群の潜水徐脈および運動後心拍回復は低体力群より高値を示した (ともに  $P < 0.01$ )。潜水徐脈の結果を図 3 に示す。

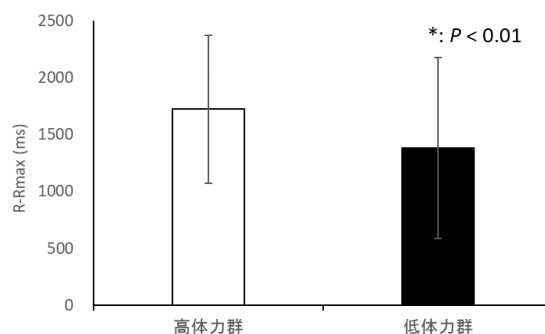


図 3. 高体力群と低体力群の潜水徐脈の比較

#### 研究課題

12 週間の運動介入により心拍変動は増加したものの、潜水徐脈および運動後心拍回復は変化しなかった。12 週間の運動介入により心肺体力は有意に向上したものの、心肺体力の基準値 (健康づくりのための身体活動基準値 2013) を上回らなかった者もいたためと推察される。

## 結論およびインパクト・今後の展望

高齢者では若年者や中年者よりも潜水徐脈は弱まり、低体力者は高体力者よりも潜水徐脈は弱かった。これらの結果は従来の副交感神経指標である運動後心拍回復と同様であった。潜水徐脈により副交感神経機能の減弱を従来よりも簡便に評価できる可能性がある。

これまでの先行研究では中年者のデータが少なく、加齢による連続的な影響は示されていない (Petrella RJ, et al., 1999)。また、中年者における心肺体力の潜水徐脈への影響を本研究で初めて示した。潜水反射試験の副交感神経機能評価としての有用性を示す、重要なインパクトを当該分野にもたらしたと推察される。

今後は副交感神経機能のみではなく交感神経機能も同時に測定する必要がある。特に高血圧の一次予防のためには交感神経機能の異常を早期に発見する必要がある。潜水反射試験中には副交感神経だけでなく交感神経が賦活することが報告されており、潜水反射試験により副交感神経と交感神経を同時に測定可能である (Schlader et al., 2016)。潜水反射試験中の交感神経機能に対する加齢および心肺体力の影響を検討し、高血圧発症との関連を検討することにより、高血圧の一次予防としての潜水反射試験の有用性が明らかとなる。今後は潜水反射試験中の交感神経機能を測定し、加齢や心肺体力、高血圧発症との関連を検討することを計画している。

## <引用文献>

Petrella RJ, Cunningham DA, Nichol PM, Thayer R. Cardiovascular responses to facial cooling are age and fitness dependent. *Med Sci Sports Exerc.* 31(8), 1999, 1163-1168.

Schlader ZJ, Coleman GL, Sackett JR, Sarker S, Johnson BD. Sustained increases in blood pressure elicited by prolonged face cooling in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 1;311(4), 2016, R643-R648.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### [雑誌論文](計 7 件)

Konishi M, Tabata H, Ando K, Kim H-K, Nishimaki M, Xiang M, Sakamoto S: Mild decrease in skin temperature reduces the heart rate during moderate exercise. *Journal of Sport Science.* 査読あり. 5(6), 2017, 305-312.

DOI:10.17265/2332-7839/2017.06.002

Konishi M, Kawano H, Xiang M, Kim H-K, Ando K, Tabata H, Nishimaki M, Sakamoto S: Diurnal variation in the diving bradycardia response in young men. *Clinical Autonomic Research.* 査読あり. 26(2), 2016, 135-140.

DOI: 10.1007/s10286-016-0342-1.

Kim H-K, Ando K, Tabata H, Konishi M, Takahashi M, Nishimaki M, Xiang M, Sakamoto S. Effects of Different Intensities of Endurance Exercise in Morning and Evening on the Lipid Metabolism Response. *Journal of Sports Science and Medicine.* 査読あり. 15, 2016, 467-476.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974859/>

### (総説)

小西真幸. 皮膚温の低下に着目したクアオルト健康ウォーキングの生理・生化学的な効果. *体力科学.* 査読あり. 66(3), 2017, 203-208.

DOI : 10.7600/jspfsm.66.203

### [学会発表](計 11 件)

Konishi, M., Kawano, H., Tabata, H., Kim, H.K., Xiang, M., Sakamoto, S. Autonomic regulation in physically fit and recreationally active young and older men. 22nd Annual Congress of the European College of Sport Science, July, 2017.

小西真幸, 金鉉基, 田端宏樹, 中村宣博, 坂本静男. 肥満者の潜水徐脈反応は運動トレーニングにより変化するか? 第72回日本体力医学会, 2017.

金 鉉基, 小西真幸, 田端宏樹, 中村宣博, 高橋将記, 柴田重信, 坂本静男. 朝または夕方の12週間の運動が身体組成および代謝に及ぼす影響. 第72回日本体力医学会, 2017.

Konishi, M., Tabata, H., Ando, K., Kim, H.K., Nishimaki, M., Xiang, M., Sakamoto, S. Mild decrease in skin temperature inhibits heart rate elevation during moderate exercise, but does not affect metabolism. 21st Annual Congress of the European College of Sport Science, July, 2016.

Konishi M, Kim H-K, Ando K, Tabata H, Nishimaki M, Xiang M, Sakamoto S. A correlation between bradycardia during cold face test and heart rate recovery immediately after exercise. 19th Annual Congress of the European College of Sport Science, July, 2014.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小西 真幸 (Konishi, Masayuki)  
早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教  
研究者番号：10711187

### (2) 研究協力者

坂本 静男 (Sakamoto Shizuo)  
早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授  
研究者番号：00266032

河野 寛 (Kawano Hiroshi)  
国土舘大学・文学部・准教授  
研究者番号：40508256