

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33801

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K17939

研究課題名（和文）潜水反射試験により示される自律神経機能は加齢の影響を受け、血圧と関連するか？

研究課題名（英文）The effect of aging on autonomic nervous function assessed by diving reflex test and its relation to blood pressure

研究代表者

小西 真幸（Konishi, Masayuki）

常葉大学・健康プロデュース学部・講師

研究者番号：10711187

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：自律神経機能の低下は高血圧発症に先じるため、高血圧症の一次予防のためには自律神経機能の評価方法を確立させることが重要である。本研究では潜水反射試験という簡便な自律神経機能の評価方法を用い、40～80歳の男女58名に対し測定をおこなった。その結果、潜水反射試験中の血圧応答（3種類）・心拍応答（2種類）の組み合わせから、自律神経機能を6パターンに分類可能となることが確認された。このパターン分類が自律神経機能の評価する上で重要となるかもしれない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自律神経は高血圧だけでなく全死亡とも強く関連し、ヒトの健康にとって極めて重要な評価指標であるにもかかわらず、従来の方法では負担や時間等の制約から大規模な疫学研究や健康診断等の臨床応用に至っていない現状にある。本研究は簡便な潜水反射試験を用い、心拍と血圧の応答からパターン分類をするという、新たな自律神経機能の評価方法を提案した点で学術的・社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：The decline in autonomic nervous function precedes the onset of hypertension, making it crucial to establish methods for assessing autonomic nervous function for the prevention of hypertension. In this study, we examined a simple assessment method for autonomic nervous function called the diving reflex test, and measured 58 individuals aged 40 to 80 years. The data suggested that combinations of blood pressure responses (three types) and heart rate responses (two types) during the diving reflex test could potentially allow for the classification of autonomic nervous function into six patterns. This pattern classification could be useful in the evaluation of autonomic nervous function.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：自律神経 潜水反射試験 副交感神経 加齢 血圧

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 自律神経機能と高血圧の密接な関連

自律神経機能はヒトの生命活動の維持に重要な役割を担っている。特に自律神経は血圧調整機能を有し、自律神経機能の減弱は高血圧発症の危険因子であることが報告されている (Singh et al., 1998)。自律神経機能の低下が高血圧発症に先んじるため、高血圧症の一次予防のためには自律神経機能の評価方法を確立させることが重要である。

### (2) 自律神経機能評価の問題点

自律神経には交感神経と副交感神経の2種類が存在し、高血圧の発症には交感神経の亢進および副交感神経の減弱の両方が関与する (Narkiewicz et al., 2005; Jae et al., 2016)。高血圧の一次予防を目的とした自律神経機能の評価には交感神経と副交感神経の両方の機能を正確に評価する必要がある。交感神経の測定には採血によるカテコラミンの測定、微小針電極法による筋交感神経活動、コールドプレッサー試験、運動昇圧反応測定 (運動負荷による血圧応答) 等が用いられるが、いずれも被験者への身体的・時間的負担が大きい。副交感神経の測定には運動後心拍回復 (最大運動後の心拍の回復の程度) が用いられるが、最大運動が必要なためやはり被験者への負担が大きい。自律神経は高血圧だけでなく全死亡とも強く関連し、ヒトの健康にとって極めて重要な評価指標であるにもかかわらず、従来の方法では負担や時間等の制約から大規模な疫学研究や健康診断等の臨床応用に至っていない現状にある。

### (3) 潜水反射試験による自律神経評価の利点

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心拍・末梢血管抵抗・血圧の変化から自律神経機能の評価する。心拍数の減少 (徐脈) から副交感神経機能を、末梢血管抵抗の増加および血圧の上昇から交感神経機能の評価する (Stemper et al., 2002; Schlader et al., 2016)。この試験は準備を含めても約5分で終了し、冷水を顔につけるのみのため、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。さらに、交感神経と副交感神経の機能を同時に測定可能な唯一の方法である。

### (4) 潜水反射試験による自律神経評価の課題

加齢は高血圧発症の強力な危険因子である (Gurven et al., 2012)。また自律神経は加齢の影響を受け、加齢により交感神経活動は増加し (Ziegler et al., 1976)、副交感神経活動は低下する (Bonnemeier et al., 2003)。自律神経に生じる加齢変化は高血圧と関連するため、高血圧症の一次予防のためには加齢による自律神経調節異常を早期に発見する必要がある。潜水反射試験は簡便に交感神経および副交感神経機能を同時に測定可能であるが、加齢の影響はこれまでに検討されていない。

## 2. 研究の目的

本研究は、高血圧の一次予防に有用な指標の確立に向けた第一歩の研究として「潜水反射試験により示される自律神経機能は加齢の影響を受け、血圧と関連するか？」を明らかにすることを目的とし、以下の二つの研究課題を設定した。

研究課題 : 加齢が潜水反射試験により評価した自律神経機能に及ぼす影響の検討

研究課題 : 潜水反射試験により評価した自律神経機能と血圧の関連の検討

## 3. 研究の方法

研究課題 : 加齢が潜水反射試験により評価した自律神経機能に及ぼす影響の検討 40~80歳の男女400名を10歳ごとに年代で分け、潜水反射試験により評価した自律神経機能の加齢変化を検討する (平成30~31年度に実施)。

対象 : 40歳代男女100名、50歳代男女100名、60歳代男女100名、70歳代男女100名

方法 : 潜水反射試験にて自律神経機能を測定する。潜水反射試験は以下の手順で行う。

対象者は座位安静後、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心電計および連続血圧・血行動態測定装置 (Finometer MIDI, Finapres Medical Systems) を用い、R-R間隔および血圧、末梢血管抵抗を一拍ごとに測定する。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、収縮期血圧・拡張期血圧の最高値および末梢血管抵抗の最高値を交感神経機能の指標とする。

解析 : 潜水反射試験中に示される最長R-R間隔、血圧および末梢血管抵抗の最高値を年代別に比

較し、各指標と年齢の相関関係を検討する。

研究課題：潜水反射試験により評価した自律神経機能と血圧の関連の検討

40～80歳の男女1000名に対し潜水反射試験をおこない、血圧を従属変数とした多変量解析により潜水反射による自律神経機能と血圧の関連を検討する（平成30～令和2年度に実施）。

対象：40歳代男女250名、50歳代男女250名、60歳代男女250名、70歳代男女250名

方法：研究課題と同様の潜水反射試験に加え、安静時の血圧測定、心肺体力測定（運動負荷試験）を実施する。運動負荷試験からは運動昇圧反応と運動後心拍回復も測定する。

解析：安静時の収縮期・拡張期血圧を従属変数とし、血圧に関連する因子（性別、年齢、体組成、心肺体力等）を調整因子とした多変量解析により、潜水反射試験中の自律神経機能と血圧の関連を検討する。

上記が当初予定していた方法であるが、新型コロナウイルスの影響により、令和2年度～4年度は全ての測定が中止となった。科研費の補助期間は令和2年度までであったが、延長承認申請により令和5年度まで延長した。令和5年度は部分的に測定を再開することができた。新型コロナウイルスの影響により計画を大きく変更したため、これまでに得られた58名のデータを基に「潜水反射試験中の血圧・心拍応答のパターン分類」を試みた。

#### 4. 研究成果

これまでに40～80歳の男女58名のデータを解析し、潜水反射試験中の心拍・血圧応答の違いにより対象者を分類した。心拍応答では、49名が潜水反射試験中に徐脈を示したが、9名は徐脈を示さなかった。また血圧応答では、40名は潜水反射試験中に「血圧が増加」、7名は「血圧に明確な変化なし」、11名は「血圧が低下」に分類された。血圧応答の分類において、それぞれの集団の年齢（平均値±標準偏差）は、59±10、57±12、63±10歳であった。その他、体組成および最大酸素摂取量に集団間に差は見られなかった。また、それぞれの集団の潜水反射試験中の最長R-R間隔は、1394±532、1573±630、1300±308msであった。

さらに、潜水反射試験中の交感神経機能（血圧応答）には3種類、副交感神経機能（心拍応答）には2種類のパターンが存在することを確認した（下図）。つまり、潜水反射試験中の血圧応答（3種類）・心拍応答（2種類）の組み合わせから、自律神経機能を6パターンに分類可能となる（表1）。58名のうち、「心拍低下・血圧増加」は37名、「心拍変化なし・血圧増加」は3名、「心拍低下・血圧変化なし」は5名、「心拍変化なし・血圧変化なし」は2名、「心拍低下・血圧低下」は10名、「心拍変化なし・血圧低下」は1名に分類された。先行研究（Stemper et al., 2002; Schlader et al., 2016）では、潜水反射試験中には心拍が低下し血圧が上昇することが確認されているが、58名のうち21名は先行研究とは異なる変化を示した。データが少ないため現時点では統計的な解析は出来ないものの、今後予定されている5年後・10年後の追跡データと合わせ、上記のパターン分類が高血圧やその他の疾患の発症と関係があるか否かを検討する予定である。

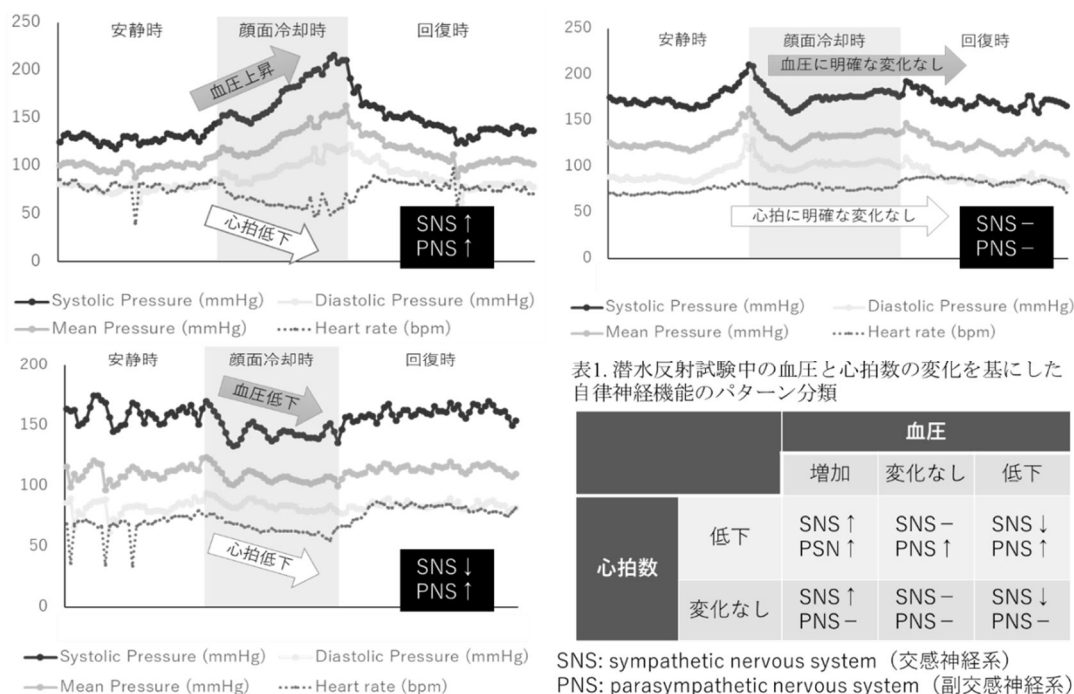


表1. 潜水反射試験中の血圧と心拍数の変化を基にした自律神経機能のパターン分類

		血圧		
		増加	変化なし	低下
心拍数	低下	SNS ↑ PNS ↑	SNS - PNS ↑	SNS ↓ PNS ↑
	変化なし	SNS ↑ PNS -	SNS - PNS -	SNS ↓ PNS -

SNS: sympathetic nervous system（交感神経系）  
PNS: parasympathetic nervous system（副交感神経系）

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 金鉉基, 田端宏樹, 小西真幸, 坂本静男	4. 巻 30
2. 論文標題 女性高齢者における身体活動の増加が血中脂質および血圧に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本臨床スポーツ医学会誌	6. 最初と最後の頁 148-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawano Hiroshi, Asaka Meiko, Yamamoto Kenta, Gando Yuko, Konishi Masayuki, Sakamoto Shizuo, Miyachi Motohiko, Higuchi Mitsuru	4. 巻 121
2. 論文標題 Greater arterial wall viscosity in endurance-trained men	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 2219-2228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-021-04686-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Midorikawa Taishi, Tanaka Shigeo, Ando Takafumi, Konishi Masayuki, Ohta Megumi, Torii Suguru, Sakamoto Shizuo	4. 巻 56
2. 論文標題 The Relationship between Changes in Organ-Tissue Mass and Sleeping Energy Expenditure Following Weight Change in College Sumo Wrestlers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medicina	6. 最初と最後の頁 536 ~ 536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/medicina56100536	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Xiang Mi, Konishi Masayuki, Hu Huanhuan, Nishimaki Mio, Kim Hyeon-Ki, Tabata Hiroki, Shimizu Hisao, Fang Yue, Li Xueyuan, Xu Jiawei, Zhang Zhiruo, Liang Huigang, Arai Takashi, Sakamoto Shizuo	4. 巻 17
2. 論文標題 When and How Should Chinese Pregnant Women Exercise? A Longitudinal Study in China	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 180 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph17010180	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tabata H, Kim HK, Konishi M, Endo N, Sakamoto S	4. 巻 49
2. 論文標題 Substrate metabolism responses to equicaloric exercise at the maximal fat oxidation intensity or high intensity in endurance-trained men	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本臨床生理学会誌	6. 最初と最後の頁 191-200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujii R, Nakamura N, Kawamura T, Ikemura T, Konishi M, Suzuki K, Sakamoto S, Muraoka I.	4. 巻 -
2. 論文標題 Influence of different preceding exercise on metabolism during subsequent endurance exercise	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Archivio per le Scienze Mediche	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tomoko Fukazawa, Ilias Smyrnioudis, Masayuki Konishi, Masaki Takahashi, Hyeon Ki Kim, Mio Nishimaki, Mi Xiang, and Shizuo Sakamoto	4. 巻 27
2. 論文標題 Effects of Chios mastic gum and exercise on physical characteristics, blood lipid markers, insulin resistance, and hepatic function in healthy Japanese men	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Food Sci Biotechnol	6. 最初と最後の頁 773-780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10068-018-0307-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Mio Nishimaki, Hiroki Tabata, Masayuki Konishi, Stefan Pettersson, Shizuo Sakamoto	4. 巻 14
2. 論文標題 Effects of different periods of rapid weight loss on dehydration and oxidative stress	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Archives of Budo	6. 最初と最後の頁 319-327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 KONISHI, M, NAKAMURA, N, TABATA, H, TANISAWA, K, HIGUCHI, M, SAKAMOTO, S
2. 発表標題 Effects of physical fitness on diving bradycardia in middle aged Japanese men
3. 学会等名 ECSS 25th Anniversary Congress 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平賀美晴, 田端宏樹, 小西真幸, 坂本静男
2. 発表標題 高強度運動後の20 でのクーリングが自律神経機能および炎症指標、免疫指標に与える影響の検討
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平賀美晴, 田端宏樹, 小西真幸, 坂本静男
2. 発表標題 高強度運動後の20度でのクーリングが自律神経機能および無酸素パフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平賀美晴, 田端宏樹, 小西真幸, 坂本静男
2. 発表標題 高強度運動後の20度でのクーリングが自律神経機能および無酸素パフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田端宏樹、小西真幸、谷澤薫平、伊藤智子、川上諒子、薄井澄誉子、澤田亨、石井香織、緑川泰史、鳥居俊、鈴木克彦、岡浩一朗、樋口満、坂本静男
2. 発表標題 年代別・性別によるウエスト身長比と生活習慣病有病率との関連-WASEDA ' S Health Study-
3. 学会等名 第38回日本臨床運動療法学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田端宏樹、谷澤薫平、小西真幸、伊藤智子、川上諒子、薄井澄誉子、石井香織、緑川泰史、鳥居俊、澤田亨、鈴木克彦、岡浩一朗、樋口満、坂本静男
2. 発表標題 最大脂質酸化量の決定要因の検討-WASEDA ' S Health Study-
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Konishi M, Sawada S, Kawakami R, Tanisawa K, Tabata H, Nakamura N, Kim HK, Ito T, Higuchi M, Suzuki1 K, Torii S, Lee IM, Blair SN, Oka K, Sakamoto S
2. 発表標題 Parasympathetic nervous regulation and prevalence of lifestyle-related diseases in Japanese: WASEDA'S Health Study
3. 学会等名 American College of Sports Medicine's 66th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Konishi M, Tabata H, Higuchi M, Sakamoto S.
2. 発表標題 Effects of age on diving bradycardia and heart rate recovery in people older than 40 years.
3. 学会等名 23rd Annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小西真幸、澤田亨、川上諒子、谷澤薫平、田端宏樹、中村宣博、金鉉基、伊藤智子、樋口満、鈴木克彦、鳥居俊、岡浩一朗、坂本静男.
2. 発表標題 中高齡男女における潜水徐脈および運動後心拍回復と生活習慣病有病率の関係 - WASEDA ' S Health Study -
3. 学会等名 第6回介護予防・健康づくり学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小西真幸、田端宏樹、樋口満、坂本静男
2. 発表標題 一般中年男性における潜水徐脈反応と心肺体力の関連
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------