

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：34429

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04851

研究課題名（和文）運動トレーニングによる高齢者の発汗機能改善特性とその性差

研究課題名（英文）The improvement characteristic of sweating function in elderly people by the exercise training and the sex differences

研究代表者

井上 芳光（Inoue, Yoshimitsu）

大阪国際大学・人間科学部・教授

研究者番号：70144566

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,800,000円

研究成果の概要（和文）：マラソントレーニングを継続する高齢者は、若年ランナーと同等もしくはそれ以上の汗腺機能を保持することが、運動・アセチルコリン（ACh）誘発性発汗反応や汗イオン再吸収能力に見出された。ただし、この改善度は汗腺機能の老化が早期に発現する部位（下肢）で小さいことが示唆された。これら的高齢ランナーの発汗特性は性に関わらず観察され、高齢ランナーの運動・ACh誘発性の発汗量や汗イオン再吸収能力には性差がみられなかった。ただ、女性高齢ランナーにも、低い汗腺出力を高い活動汗腺数で補償する女性の特徴が保持された。これら的高齢ランナーの汗腺機能に関する知見は、高齢者の熱中症予防策を構築する上で有益になるだろう。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、マラソンのような持続的運動トレーニングを継続すれば、（1）少なくとも70歳前後の高齢者でも若年ランナーに匹敵する汗腺機能を保持できること、（2）汗腺機能のトレーニング効果は老化が早期に進行する身体部位（下肢）では小さいこと、（3）上記（1）（2）の汗腺機能特性には性差がないこと、をそれぞれ見出したことに学術的意義がある。これらの知見は、将来的にさらに増加することが予想される高齢者の熱中症を予防するために、高齢者に対し（可能ならばより早期から）、持続的運動トレーニングを奨励し、日常生活下で発汗する機会を増大させることがいかに重要であるかを示す大きな社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：We found that the elderly people with high endurance performance through long time marathon training compared to the young long-distance runners had similar or superior sweat gland function in exercise- and acetylcholine-induced sweating responses and sweat ion reabsorptive ability. It was suggested that the degree of sweat gland's improvement in the elderly runners was smaller on the lower limbs, at which the age-related decrements in sweat gland function occurs earlier. Similar improvement characteristics of the sweat gland function were observed in both sexes and the degree of improvement was almost equal between the elderly male and female runners. However, the elderly female runners maintained the female sweating characteristic that compensate lower sweat gland output in higher active sweat glands. Our findings in the present study can contribute to development of measures for preventing heat illness in the elderly.

研究分野：生理人類学

キーワード：高齢者 マラソントレーニング 汗腺機能 汗イオン再吸収能力 運動誘発性発汗 アセチルコリン誘発性発汗 性差

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトは長年の進化の過程で自然環境の変化や筋活動へ適応するために合理的な発汗能力を獲得してきた。この発汗能力は個体発生から死に至るまで性差を伴いながら時間軸で変化し、さらに生活環境(運動トレーニングなど)によって修飾される。これまで我々は発汗能力の発育・老化とその性差を運動トレーニングとの関連から解明に努めてきたが(井上 2014)、熱中症に罹りやすい高齢者の運動トレーニングによる発汗機能改善特性およびその性差に関して、未解決な課題が数多く残されている。

これまで申請者は、熱放散反応が老化に伴い皮膚血流量→単一汗腺あたりの汗出力→活動汗腺数と順次低下し、この一連の低下も全身同等ではなく、下肢→躯幹後面→躯幹前面→上肢→頭部と順次進行することを明らかにしている。さらに、発汗機序の老化は求心性入力(皮膚の温度感受性)→汗腺レベル(コリン感受性 and/or 汗腺萎縮)→遠心性出力(交感神経節後線維の要素)→発汗中枢(発汗開始深部体温閾値)の順序で出現することも解明している。発汗機能の老化は、運動トレーニングや暑熱順化で抑制できることが知られている。我々も高齢者を対象とした 8 日間の運動トレーニング(43 環境下での 90 分間の軽度自転車運動)で発汗開始深部体温閾値やコリン感受性が亢進すること(Inoue et al. 1999)、さらに高い全身持久力や日常歩行量を有する高齢者ほど、高い単一汗腺あたりの汗出力に起因して発汗量が多いことも運動刺激・薬物刺激実験で明らかにしている。運動トレーニングによる単一汗腺あたりの汗出力の改善度は、男性高齢者と男児が若年者より小さいこと、老化が早期に出現する皮膚温度感受性には、最大酸素摂取量( $VO_2max$ )や日常歩行量と関連性がみられないことも 70・80 歳代の高齢者で明らかにしている(Inoue et al. 2016)。これらの知見に基づくと、発汗の老化過程で見出された老化が早期に進行する機序や身体部位ほど、高齢者の運動トレーニングによる発汗機能の亢進の程度(トレーナビリティ)が小さいのではないかと仮説されるが、その点は不明である。

これまで我々は(Inoue et al. 2005, 2014; Ichinose-Kuwahara et al. 2010)、一般に若年女性は男性より発汗量が少なく、それは低い単一汗腺あたりの汗出力(小さな汗腺サイズ and/or 低いコリン感受性を意味する)に起因することを明らかにしている。この性差は老化に伴い小さくなり、アセチルコリン誘発性発汗では 80 歳あたりで性差がみられなくなることを見出している(Inoue et al. 2017)。若年女性の発汗能力は長期運動トレーニングで性周期の影響(卵胞期>黄体期)を消失しながら亢進するものの(Kuwahara et al. 2005a, b)、その効果は男性より小さいことを報告している。しかし、これらのデータは、若年女性についての報告であり、高齢女性の運動トレーニング者がどのような発汗改善特性を有し、その改善の程度に性差はみられるのか否か不明である。

## 2. 研究の目的

本研究では、(1) 長期間持続的運動トレーニングを継続している高齢男性および高齢女性の発汗能力を若年運動トレーニング者や一般高齢者とそれぞれ比較し、発汗に関する各種機序の老化は運動トレーニングでどの程度まで防げるのか、また老化が早期におこる身体部位および各発汗機序で改善の程度(トレーナビリティ)が劣るのか否か解明する。さらに、(2) 長期間持続的運動トレーニングを継続している高齢男性および高齢女性の発汗能力を比較し、高齢者の発汗能力におけるトレーニング効果の性差を検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) トレッドミル走行を用いた身体 17 部位の局所発汗テスト

この実験では、少なくとも 10 年以上持続的運動トレーニングを継続した 66~75 歳の高齢男性マラソンランナー(男 OR 群)と大学陸上競技部瞬発系パートに所属する男子選手(男 YS 群)に対して、27.5・50%RH 下で 8 km/h のトレッドミル走を 30 分間負荷した。さらに、男 OR 群の中で優れたマラソン記録(3 時間 10 分, 3 時間 20 分)と最大酸素摂取量(58 ml/kg/min, 65 ml/kg/min)を有する 2 名には、異なる日に 11 km/h の 30 分間トレッドミル走も負荷し、大学陸上競技長距離男子選手(男 YR 群)の発汗反応と比較した。実験中、直腸温、3 か所の皮膚温(胸・上腕・大腿)、心拍数(HR)および身体 17 部位【前額、頬(右)、胸部(右と中央)、腹部(右と中央)、背(右と中央)、腰部(右と中央)、脇腹部(右)、上腕部(右)、前腕部(右)、大腿部(右の前面と後面)、下腿(右の前面と後面)】の局所発汗量(高分子吸収シート法)、総発汗量を測定した。なお、各被験者は短パンのみ着用して実験に参加した。

### (2) 自転車運動時における発汗テスト

**30** ・50%RH 環境下で低・中・高強度自転車運動を各 15 分間連続負荷した。低・中・高強度運動時の目標 HR は男女 OR 群で **95, 110, 125** 拍/分, 男女 YR 群で **100, 117, 135** 拍/分とした。その間, 直腸温, 皮膚温, 胸・前腕・大腿の局所発汗量 (SR: カプセル換気法), 活動汗腺数などを測定した。

(2-1) **男性実験**: 70 歳前後の高齢男性マラソンランナー (男 OR 群: 2 年以内にフルマラソンを 3-4 時間で完走し, 月間走行距離は 150~500km/月) と大学陸上競技中長距離選手 (男 YR 群: 専門 800~5000m) に対し, 上記自転車運動を負荷した。各被験者には, 短パンのみ着用させて実験に参加させた。

(2-2) **女性実験**: 65 歳前後の高齢女性マラソンランナー (女 OR 群: 2 年以内にフルマラソンを 3.5~4.5 時間で完走し, 月間走行距離は 80~300km/月), 若者運動鍛錬者 (女 YR 群) と一般若者 (女 YU 群) に対し, 上記の自転車運動を負荷した。女 YR 群は少なくとも 6 年以上陸上中距離 (1 名のみバスケットボール) に励む大学運動部員で, 女 YU 群は少なくとも 3 年以上習慣的にスポーツを実施していない者であった。各被験者には, 実験中スポーツブラ・短パン・下着を着用させた。

### (3) 汗イオン再吸収能力テスト

上記(2)自転車運動発汗テスト時において, SR とガルバニック皮膚コンダクタンス (GSC) を胸・前腕・大腿で連続的に測定し, SR - GSC の対応関係を個人の部位毎に検討した (Amano et al. 2016, 2017)。SR - GSC の対応関係には 3 つの相が認められ (第一相: 運動開始とともに SR の増加なしに GSC が増加, 第二相: SR が増加するものの GSC はほとんど変化しない, 第三相: SR と GSC が両方とも増加), 第二相と第三相の交点の SR 値 (SRth) を汗塩分再吸収能の指標として求めた。なお, SRth は数値が高いほど優れた汗塩分再吸収能を示す。

(3-1) **男性実験**: 被験者および実験条件は, 上記の(2-1)実験と同様である。

(3-2) **女性実験**: 被験者および実験条件は, 上記の(2-2)実験と同様である。

### (4) アセチルコリン誘発性発汗テスト

各被験者に対し, 快適環境下で前腕屈曲面と大腿前面の皮膚に 10%アセチルコリン溶液を 2 mA の直流通電で 5 分間それぞれ投与し, 投与後 7 分間の SR をカプセル換気法で測定した。さらに測定終了直後に活動汗腺数を測定し, SR を活動汗腺数で除して, 単一汗腺あたりの汗出力 (SGO) を算出した。

(4-1) **男性実験**: マラソントレーニングを長期間継続する高齢男性マラソンランナー (男 OR 群), 一般高齢男性 (男 OU 群), 男子大学陸上競技長距離選手 (男 YR 群) に対して実施した。

(4-2) **女性実験**: 高齢女性マラソンランナー (女 OR 群), 一般高齢女性 (女 OU 群), 若年女子長距離選手 (女 YR 群) に対して実施した。

(5) **皮膚温度感受性テスト**: 熱流束温冷覚閾値計を用い, 快適環境下で前額・胸・背など身体 8 部位における温覚・冷覚閾値の熱流束差 (皮膚の温・冷受容器の感受性を意味する) を測定し, 高齢者において, マラソントレーニングが皮膚温度感受性の老化をどの程度抑制できるのか, さらにその身体部位差を検討した。

(5-1) **男性実験**: 高齢男性マラソンランナー (男 OR 群), 一般高齢男性 (男 OU 群) を対象とした。

(5-2) **女性実験**: 高齢女性マラソンランナー (女 OR 群), 一般高齢女性 (女 OU 群) を対象とした。

## 4. 研究成果

### (1) トレッドミル走行を用いた身体 17 部位の局所発汗テスト

30 分間の 8 km/h 走終了時における直腸温・平均体温・HR には男 OR 群と男 YR 群間に有意な差はみられなかった。総発汗量 (男 OR 群と男 YR 群:  $521 \pm 41$  (SEM) vs.  $453 \pm 25$  g/m<sup>2</sup>/h) にも有意な群差は認められなかった。しかし, 身体 17 部位で測定した局所発汗量では, 腰中央, 脇腹, 腹右, 胸左, 上腕, 右頬で男 OR 群が男 YR 群よりも有意に多かったが, 下肢部位では有意な群差は認められなかった。マラソン記録の優れた男 OR 群の 2 名と男 YR 群の 11 km/h 走では, 運動終了時の HR は, OR 群の No.1 (138 拍/分), No.2 (135 拍/分) と男 YR 群 (140 ± 3 拍/分) に類似した。直腸温と平均皮膚温から求めた運動終了時の平均体温では, 男 OR 群の No.1・

**No.2** とも男 **YR** 群に類似した。総発汗量は高齢ランナー**No.1** ( $743 \text{ g/m}^2/\text{h}$ ), **No.2** ( $796 \text{ g/m}^2/\text{h}$ ) とも男 **YR** 群 ( $643 \pm 49 \text{ g/m}^2/\text{h}$ ) よりも多かった。シート法で求めた局所発汗量は、男 **YR** 群に比し男 **OR** 群の **No.1** が前腕、上腕、胸中央、胸左、腰中央、腰右、下腿前で、**No.2** が胸中央、胸左、腹中央、腹右、脇腹、腰中央、腰右、下腿前でそれぞれ顕著に多かった。

以上の結果から、男 **OR** 群は男 **YS** 群より優れた発汗機能を、男 **OR** 群の中で優れた全身持久力を有する者は男 **YR** 群と同等もしくはそれ以上の発汗機能を有することが示唆された。しかし、この高齢者に観察された発汗機能の改善には身体部位差が存在し、その改善の程度は老化が早期に発現する部位（下肢）で小さいことが推察された。

## (2) 自転車運動時における発汗テスト

(2-1) 男性実験:  $\text{VO}_2\text{max}$  は男 **OR** 群が男 **YR** 群より有意に低かった ( $47 \pm 3$  vs.  $58 \pm 2 \text{ ml/kg/min}$ )。低・中・高強度時における運動負荷強度のみならず、体重補正した負荷強度でも男 **OR** 群が男 **YR** 群より有意に低かった。運動中の直腸温(運動終了時:  $37.90 \pm 0.07$  vs.  $37.95 \pm 0.07$ ) と総発汗量 ( $665 \pm 38$  vs.  $603 \pm 47 \text{ g/m}^2/\text{h}$ ) には有意な年齢差はみられなかった。**SR** は、男 **OR** 群が男 **YR** 群より前腕の低・中強度で、胸の中強度でいずれも有意に高かったが、逆に大腿の高強度で有意に低かった。活動汗腺数には前腕・胸・大腿の低・中・高強度で有意な年齢差はみられなかった。**SGO** は男 **OR** 群が男 **YR** 群より、前腕および胸の中強度で有意に高かったが、逆に大腿の高強度で有意に低かった。

以上の結果から、少なくともマラソントレーニングのような持久的運動トレーニングは男性では少なくとも70歳まで若年ランナーと同等もしくはそれ以上の発汗機能を保てることを示唆された。ただし、老化が早期に発現する部位（大腿）では単一汗腺あたりの汗出力の低下（汗腺の萎縮 and/or コリン感受性の低下を意味する）に起因して発汗機能が低下していた。

(2-2) 女性実験:  $\text{VO}_2\text{max}$  は女 **OR** 群と女 **YR** 群との間に有意な群差はみられなかったが ( $45 \pm 2$  vs.  $48 \pm 2 \text{ ml/kg/min}$ )、両群は女 **YU** 群 ( $39 \pm 2 \text{ ml/kg/min}$ ) より有意な高値を示した。運動中の直腸温(運動終了時:  $37.96 \pm 0.06$  vs.  $37.82 \pm 0.09$  vs.  $37.70 \pm 0.10$ ) およびそれと平均皮膚温から求めた平均体温には、3群間で有意な差がみられなかった。胸・前腕の**SR** では女 **OR** 群が女 **YU**・女 **YR** 群より有意に高いもしくはその傾向がみられ、大腿の**SR** では女 **OR** 群と女 **YR** 群がほぼ同等で、両群が女 **YU** 群より有意な高値を示した。このことから、女 **OR** 群は女 **YU** 群のみならず女 **YR** 群よりも優れた発汗機能を有することが示唆された。この優れた発汗機能は発汗開始平均体温閾値（中枢機構の指標）より発汗感受性（末梢機構の指標）で顕著であり、活動汗腺数ではなく単一汗腺あたりの汗出力（汗腺肥大 and/or 優れたコリン感受性を意味する）に起因した。さらに、女 **OR** 群の優れた末梢機構の程度には身体部位差が存在し、女性においても老化が早期に発現する部分（大腿）ほど小さいことも示唆された。

(2-3) 高齢マラソンランナーの性差 (男 **OR** 群 vs. 女 **OR** 群): 女 **OR** 群が男 **OR** 群より、年齢 ( $70 \pm 1$  vs.  $65 \pm 1$  歳)、身長、体重、体表面積が有意に低く、体表面積/体重比が有意に高く、 $\text{VO}_2\text{max}$  ( $47 \pm 3$  vs.  $45 \pm 2 \text{ ml/kg/min}$ )、体脂肪率には有意な性差はみられなかった。運動中の直腸温および平均体温にも有意な性差はみられなかった。運動終了直前の**SR** は、胸 ( $1.085 \pm 0.092$  vs.  $0.825 \pm 0.111 \text{ mg/cm}^2/\text{min}$ ,  $P=0.09$ ) で女 **OR** 群が男 **OR** 群より低い傾向だったが、前腕・大腿には有意な性差はみられなかった。活動汗腺数は前腕で女 **OR** 群が男 **OR** 群より有意に高かったが、胸・大腿では有意な性差はみられなかった。**SGO** は胸で女 **OR** 群が男 **OR** 群より低い傾向だったが、前腕・大腿では有意な性差はみられなかった。以上の結果、運動時における高齢ランナーの汗腺機能は男女ほぼ同等であることが示唆された。

## (3) 汗イオン再吸収能力テスト

(3-1) 男性実験: **SR** - **GSC** の対応関係には、すべての被験者および身体部位で3つの相が観察され、汗イオン再吸収能力の指標として求めた第二相と第三相の交点の**SRth**には、胸、前腕で有意な年齢差はみられなかったが、大腿では男 **OR** 群が男 **YR** 群よりも有意な低値 ( $0.263 \pm 0.042$  vs.  $0.393 \pm 0.044 \text{ mg/cm}^2/\text{min}$ ) を示した。この結果は、高齢者でも持久的マラソントレーニングで若年ランナーに匹敵する汗イオン再吸収能力が保持できることを示す。ただし、この改善度には身体部位差があり、汗腺機能の老化が早期に発現する部位（大腿）で小さいことが示唆された。

(3-2) 女性実験: 運動時の**SR** - **GSC** の対応関係から求めた**SRth** (汗イオン再吸収能力の指標) は、女 **OR** 群が前腕・大腿で女 **YU** 群・女 **YR** 群より、胸で女 **YU** 群より有意な高値を示した。さらにその指標は胸・前腕・大腿のいずれの部位においても、高強度運動時の**SGO** と

有意な正の相関関係（胸： $r=0.89$ ；前腕： $r=0.89$ ；大腿： $r=0.70$ ）を有した。しかし、その指標はアセチルコリン誘発性 **SGO** と前腕 **SRth** では有意な相関関係（ $r=0.67$ ）がみられたが、大腿では有意な相関はみられなかった。これらの結果は、優れた汗腺イオン再吸収能力はコリン感受性より汗腺サイズに起因する可能性を示唆しているのかもしれない。

**(3-3) 高齢マラソンランナーの性差：**汗イオン再吸収能力の指標である **SRth** は、大腿で女 **OR** 群が男 **OR** 群より高い傾向を示したが（ $p=0.073$ ）、胸・前腕には有意な性差は認められなかった。以上の結果、高齢ランナーの汗イオン再吸収能力は、男女ほぼ同等であることが示唆された。

#### **(4) アセチルコリン誘発性発汗テスト**

**(4-1) 男性実験：**男 **OR** 群は男 **OU** 群より前腕・大腿で高いアセチルコリン誘発性の **SR** と **SGO**、男 **YR** 群と同等の **SR**、活動汗腺数、**SGO** を示した。そのため、高齢者における汗腺のコリン感受性はマラソントレーニングで亢進し、その亢進の程度は部位に関わらず若者ランナーと同程度まで保持できることが窺われた。男 **OR** 群と男 **YR** 群間の発汗反応の相違が、アセチルコリン刺激時と運動刺激時（2-1 実験）の大腿で異なることは、汗腺レベルでコリン感受性よりも早期に老化するメカニズムの存在を示唆しているのかもしれない。

**(4-2) 女性実験：**女 **OR** 群は女 **OU** 群より、**SR**（前腕：**178%**、大腿：**200%**）・活動汗腺数・**SGO**（前腕：**140%**、大腿：**162%**）が有意に高かった。しかし、女 **OR** 群の **SR**、**SGO** は、前腕・大腿とも女 **YR** 群より有意に低かった。その結果、女性高齢ランナーの汗腺機能は女性若年ランナーよりは劣るものの、マラソントレーニングで顕著に亢進することが示唆された。

**(4-3) 高齢マラソンランナーの性差：**女 **OR** 群の **SR** は男 **OR** 群と前腕・大腿とも同等だったが、女 **OR** 群は男 **OR** 群より、有意に高い活動汗腺数と有意に低い **SGO** を示した。このことから、マラソントレーニングに伴う汗腺機能の亢進の程度は男女ほぼ同程度であることが窺われた。ただし、女性高齢ランナーは男性高齢ランナーより低い単一汗腺あたりの汗出力を高い活動汗腺数で補償する特徴が見出された。

#### **(5) 皮膚温度感受性テスト**

**(5-1) 男性実験：**男 **OR** 群が男 **OU** 群より、冷覚閾値の熱流束差では手背で、温覚閾値の熱流束差では背・手背・下腿でいずれも有意な低値を示した。この結果は、マラソントレーニングは身体部位差があるものの、加齢に伴う皮膚温度感受性の低下を予防する有効な手段であることが示唆された。

**(5-2) 女性実験：**温覚閾値の皮膚温度感受性には、いずれの部位でも女 **OU** 群と女 **OU** 群に有意な差はみられなかったが、冷覚閾値では手背で女 **OR** 群が女 **OU** 群より有意な鋭敏さを示した。この結果は、マラソントレーニングは女性においても、加齢に伴い低下することが報告されている皮膚温度感受性を予防する有効な手段であることが推察された。

**(5-3) 高齢マラソンランナーの性差：**女 **OR** 群が男 **OR** 群より、冷覚閾値の皮膚温度感受性では胸・手背・大腿で、温覚閾値では大腿でいずれも有意な鋭敏さを示した。この結果は、マラソントレーニングを実施しても女性の優れた皮膚温度感受性は保持されていることを示唆している。

#### **まとめ**

マラソントレーニングのような持続的運動トレーニングを継続する高齢者は、若年ランナーと同等もしくはそれ以上の汗腺機能を保持できることが、運動およびアセチルコリン誘発性の発汗反応や汗イオン再吸収能力に観察された。ただし、この改善度には身体部位差が存在し、汗腺機能の老化が早期に発現する部位（下肢）で小さいこと、その発現はアセチルコリン刺激時より運動刺激時に顕著であることが示唆された。これらの高齢ランナーの発汗特性は男女でほぼ同様に観察され、若年者で見出されていた運動トレーニングに伴う汗腺機能の改善度における性差（女性<男性）は、高齢マラソンランナーではほとんどみられなかった。ただ、高齢ランナーでも女性は男性より、低い単一汗腺あたりの汗出力を高い活動汗腺数で補償する女性の特徴を保持していた。また、加齢に伴い低下することが明らかにされている皮膚温度感受性は、その低下を持続的運動トレーニングで遅延できるが、女性の優れた皮膚温度感受性は高齢マラソンランナーでも保持されていた。これらの高齢マラソンランナーの汗腺機能に関する知見は、高齢者の熱中症予防策を構築する上で有意義な学問的基盤になるものと思われる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 7件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Gerrett N, Amano T, Havenith G, Inoue Y, Kondo N	4. 巻 119
2. 論文標題 The influence of local skin temperature on the sweat glands maximum ion reabsorption rate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Eur J Appl Physiol	6. 最初と最後の頁 685-695
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00421-018-04059-5	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 該当する

1. 著者名 Oue A, Asashima C, Oizumi R, Ichinose-Kuwahara T, Kondo N, Inoue Y	4. 巻 118
2. 論文標題 Age-related attenuation of conduit artery blood flow in response to passive heating differs between the arm and leg	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eur J Appl Physiol	6. 最初と最後の頁 2307-2318
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00421-018-3953-5.	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 Gerrett N, Amano T, Inoue Y, Havenith G, Kondo N	4. 巻 6
2. 論文標題 The effects of exercise and passive heating on the sweat glands ion reabsorption rates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physiol Rep	6. 最初と最後の頁 e13619
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14814/phy2.13619	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 Gerrett N, Amano T, Inoue Y, Havenith G, Kondo N.	4. 巻 6
2. 論文標題 The effects of exercise and passive heating on the sweat glands ion reabsorption rates.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physiological Reports 6(5):e13619, 2018	6. 最初と最後の頁 e13619
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14814/phy2.13619	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 井上芳光, 坂東沙耶, 山崎彩佳, 戸谷真理子, 一之瀬智子, 上田博之.	4. 巻 22
2. 論文標題 夏季日常生活下における温熱環境の性差および年齢差.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本生理人類学会誌	6. 最初と最後の頁 135-143
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 -

1. 著者名 Inoue Y, Gerrett N, Ichinose-Kuwahara T, Umino Y, Kiuchi S, Amano T, Havenith G, Ueda H, Kondo N	4. 巻 164(Pt A)
2. 論文標題 Sex differences in age-related changes on peripheral warm and cold innocuous thermal sensitivity.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physiol Behav	6. 最初と最後の頁 86-92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physbeh.2016.05.045.	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 該当する

1. 著者名 Amano T, Kai S, Nakajima M, Ichinose-Kuwahara T, Gerrett N, Kondo N, Inoue Y	4. 巻 102
2. 論文標題 Sweating responses to isometric handgrip exercise and forearm muscle metaboreflex in prepubertal children and elderly.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Exp Physiol	6. 最初と最後の頁 214-227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/EP085908.	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 該当する

1. 著者名 Amano T, Hirose M, Konishi K, Gerrett N, Ueda H, Kondo N, Inoue Y	4. 巻 117
2. 論文標題 Maximum rate of sweat ions reabsorption during exercise with regional differences, sex, and exercise training.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Eur J Appl Physiol	6. 最初と最後の頁 1317-1327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-017-3619-8	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 該当する

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Yoshimitsu Inoue
2. 発表標題 Maturation-, aging- and sex-related changes in sweating function
3. 学会等名 International Symposium on Physiological Anthropology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上芳光
2. 発表標題 発汗機能の発育・老化とその性差
3. 学会等名 第117回日本皮膚科学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上芳光, 木下ななか, 田上菜津希, 一之瀬智子, 上田博之
2. 発表標題 高齢マラソンランナーのアセチルコリン誘発性発汗とその性差
3. 学会等名 日本生理人類学会第78回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 天野 達郎, 藤井 直人, 井上 芳光, 近藤 徳彦
2. 発表標題 運動トレーニング者の優れた発汗機能の新メカニズム: ノルアドレナリン性交感神経に着目して
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Inoue Y
2. 発表標題 Maturation-, aging- and sex-related changes in sweating function.
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Sympathetic Surgery (ISSS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Inoue Y, Kondo N
2. 発表標題 Aging, sweating and sweat gland function.
3. 学会等名 The 17th International Congress on Environmental Ergonomics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井上芳光, 旭 陽子, 森田果那, 山本悠菜, 一之瀬智子, 上田博之, 近藤徳彦
2. 発表標題 高齢マラソンランナーにおける運動時の発汗・皮膚血流反応
3. 学会等名 日本生理人類学会第73回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 井上芳光, 小倉幸雄, 一之瀬智子, 天野達郎, 近藤徳彦
2. 発表標題 高齢マラソンランナーにおける発汗反応の身体部位差
3. 学会等名 第71回日本体力医学会大会2016年9月, 盛岡
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 上田博之, 塩見敦子, 小倉 幸雄, 勝俣康之, 一之瀬 智子, 井上芳光
2. 発表標題 女子陸上長距離・短距離、水泳選手におけるアセチルコリン誘発性発汗
3. 学会等名 日本生理人類学会第74回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 井上芳光, 山本悠菜, 湯川静信, 一之瀬 智子, 上田博之, 天野達郎, 近藤徳彦 2016年10月, 石川
2. 発表標題 高齢マラソンランナーにおける汗塩分再吸収反応
3. 学会等名 日本生理人類学会第74回大会
4. 発表年 2016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
研究分担者	上田 博之  (Ueda Hiroyuki)  (00203448)	大阪信愛学院短期大学・その他部局等・教授   (44412)	
研究分担者	天野 達郎  (Amano Tatsuro)  (60734522)	新潟大学・人文社会科学系・准教授   (13101)	
研究分担者	近藤 徳彦  (Kondo Narihiko)  (70215458)	神戸大学・人間発達環境学研究科・教授   (14501)	