

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：34429

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23247046

研究課題名(和文) 老若男女の発汗能力の解明とその生物学的意義

研究課題名(英文) Elucidation of maturation-, aging- and sex-related changes in sweating ability and their biological significance

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) 36,900,000円

研究成果の概要(和文)：発汗能力は、思春期前では性差はみられず、思春期以降に男女とも増大するものの、その程度は女性が男性よりも小さかったため、若年者では女性が男性より低かった。発汗能力は男女とも加齢に伴い低下し、その性差は80歳代で消失する傾向だった。若年者では短期間の運動トレーニング・暑熱順化に伴う発汗能力の改善の程度にも性差(男>女)がみられた。長期間運動トレーニングに伴う発汗能力の改善は、子供や高齢者が若年者より小さかった。女性の少ない発汗量は、体液の損失を最小限に抑えようとする生物学的意義が窺えた。なお、男性の運動トレーニング・暑熱馴化・加齢による発汗能力の変化は性ホルモン・成長ホルモンとは関連しなかった。

研究成果の概要(英文)：No sex differences in sweating ability were observed in prepubertal children. After puberty the ability increased in both sexes, but the increase was smaller in females than in males. The resulting sex difference in sweating ability decreased with aging and tended to disappear in people in their 80s. Sex differences (males > females) were also observed in the degree of improvement in sweating ability by short-term physical training and heat acclimation. The degree of improvement by long-term physical training was smaller in prepubertal children and elderly people than in younger adults. Biologically, the lower sweating ability of females may represent an attempt to control body fluid loss by reducing the amount of excess sweat that drips from the body in a hot, humid environment. Modification of sweating ability by long-term physical training, heat acclimatization and aging in males did not involve sex or growth hormones.

研究分野：生理人類学

キーワード：発汗 子ども 高齢者 性差 運動トレーニング 暑熱順化 性ホルモン 皮膚温度感受性

1. 研究開始当初の背景

快適環境の追求に伴うヒトの発汗能力の脆弱化が懸念されている。この脆弱化と地球温暖化やヒートアイランド現象を考え合わせると、新たな「災害」とまで言われる熱中症の更なる増加が予想される。この問題を生理人類学的に解決するために、発汗能力の発育・老化過程およびその性差、さらに、発育・老化期における運動トレーニング・暑熱順化に伴う発汗能力の改善の程度とその性差、発汗能力の性差の生物学的意義、発汗能力と性ホルモン・成長ホルモンの関連性、などを明らかにする必要がある。

発汗能力の発育過程およびその性差に関する研究において、これまで我々は、思春期前の男児は低い単一汗腺あたりの汗出力に起因して発汗量が少ないために、頭部や躯幹部の皮膚血流量を増大して暑熱・運動刺激に対処することを明らかにしている。子どもの未発達な発汗能力は、思春期を境に大きく修飾され、その後に顕著な性差が生じることが仮説されるが、明確なデータは国内外でみあたらない。また、思春期前の子どもの発汗能力が運動トレーニングでどの程度修飾されるのかも明らかではない。

発汗能力の老化過程およびその性差に関する研究において、これまで我々は横断的・縦断的検討により、男女とも熱放散反応は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、20・40・50・60歳代男女のデータから、皮膚の温度感受性の低下が発汗能力の低下に先行すること、若年者では女性が男性に比し鋭敏な皮膚温度感受性と低い発汗能力を示し、その性差は老化に伴い小さくなることも見出している。これらのデータは60歳代までの高齢者から得られたもので、熱中症に罹りやすい後期高齢者の発汗能力に関しては男女とも明らかにされていないのが現状である。

発汗能力の性差の生物学的意義に関して、我々は若年男性と比較して、若年女性は発汗より皮膚血管拡張に依存した熱放散反応特性を示し、女性の低い発汗量は低い単一汗腺あたりの汗出力に起因することを認め、その性差は運動トレーニング者ほど顕著になることが明らかにしている。このような女性に観察される低い発汗量は、発汗が唯一の熱放散反応の手段となる暑熱環境下では、男性より体温調節上不利になることが推察される。しかし、もともと体内水分量が少ない特性を有する女性(体組成の性差に起因)は無効発汗による無駄な水分損失を防ぎ、必要最低限の発汗で効率よく体温調節を行っているのかもしれないが、それを実証した報告は見当たらない。また、これまで女性の発汗能力は長期運動トレーニングで亢進されるが、その効果は男性より小さいことが知られている。

しかし、女性が短期間の運動トレーニング・暑熱順化を実施した場合、男性と同等の効果が得られるのか否か明らかにされていない。

さらに、老化・運動トレーニングによる発汗能力の変化には性ホルモンや成長ホルモンが関与することが推察されるが、その影響の程度は *in vivo* の研究では明確ではない。

2. 研究の目的

本研究では、老若男女の発汗能力の解明とその生物学的意義を検討するために、以下の15実験を実施した。

(1)この実験では、6~24歳の男女に対し、アセチルコリン(ACh)を用いたイオントフォレーシス法で直接刺激性発汗および軸索反射性発汗を誘発し、発育過程における汗腺機能の性差を検討した。

(2)この実験では、女性の少ない発汗量は有効発汗量(皮膚面から蒸発した汗)に性差が存在するのではなく、女性の無効発汗量(皮膚面から蒸発せず滴下した汗)が男性より少ないためと仮説し、高温高湿下運動時の全身発汗量、無効発汗量、有効発汗量を男女間で比較検討した。

(3)この実験では、発汗効率の性差が相対湿度で影響されるのか否か検討した。

(4)この実験では、40分間の自転車運動時における全身21部位の局所発汗量を吸水素材シートにより広い皮膚面で測定し、その身体部位差と部位別発汗量の性差を検討した。

(5)この実験では、70・80歳代の高齢男女に対しAChを用いたイオントフォレーシス発汗テストを実施し、後期高齢者における汗腺機能の性差を検討した。さらに、我々が累積してきた20~60歳代のデータを加え、汗腺機能の加齢的变化とその性差を検討した。

(6)この実験では、若年男女と高齢男性の掌握運動時における人差し指の表皮のエクリン汗腺を光コヒーレンストモグラフィで視覚化し、その情報から解析した汗腺容積を3群間で比較した。

(7)この実験では、70・80歳代の皮膚温覚・冷覚閾値熱流束差を身体8部位で測定し、皮膚温度感受性を男女間で比較するとともに、これまで我々が累積してきた20~60歳代のデータを加えて、皮膚温度感受性の加齢的变化およびその性差を詳細に検討した。

(8)この実験では、中立温域から35°Cまで漸次上昇、その後中立温域まで下降する温熱環境下に高齢女性を全身暴露させ、その間の全身温冷感と皮膚温反応との関連性およびエアコンのオン・オフ申告時の全身温冷感を検討した。さらに、全身温冷感と局所皮膚温度感受性・汗腺機能との関連も検討した。

(9)この実験では、思春期前男児、若年・高齢男性の運動トレーニング実施者と同非実施者に対し、AChを用いたイオントフォレーシス法で発汗を誘発し、汗腺機能における運動トレーニング効果の年齢差を検討した。

(10)この実験では、男女大学生に1日60

分間の暑熱下自転車運動トレーニングを 10 日間負荷し、この短期間運動トレーニングが ACh 誘発性発汗に及ぼす影響とその性差を検討した。

(11) この実験では、男女大学生に 1 日 90 分間の局所加温トレーニングを 10 日間実施させ、局所加温トレーニング前後における ACh 誘発性の直接刺激性発汗と軸索反射性発汗を比較し、局所加温トレーニングが汗腺機能に及ぼす影響の性差を検討した。

(12) この実験では、日本人における若年男性の運動トレーニング実施者と同非実施者の ACh 誘発性発汗を測定し、その汗腺指標と安静時のテストステロン・エストラジオール・成長ホルモンの関連性を検討した。

(13) この実験では、タイ人若年男性における運動トレーニング実施者と同非実施者の ACh 誘発性発汗と性ホルモン(テストステロン・エストラジオール)や成長ホルモンの関連性を検討した。さらに、このデータと上記実験(12)のデータとを比較し、居住地(熱帯地 vs. 温帯地)の影響を検討した。

(14) この実験では、タイ人中・高年男性の運動トレーニング実施者と同非実施者の ACh 誘発性発汗と性ホルモン(テストステロン・エストラジオール)や成長ホルモンの関連性を検討した。さらに、これらのデータと上記実験(13)のデータを比較し、老化・運動トレーニングの影響を検討した。

(15) 若年女性の男性ホルモン服用者の ACh 誘発性発汗を服用以前と服用開始 2 年後で比較検討した。

3. 研究の方法

(1) この実験では、8 歳、11 歳、13 歳、15 歳、20 歳の男女総計 130 名に対し、ACh を用いたイオントフォレーシス発汗テストを実施した。このテストでは、各被験者に対し、26°C・相対湿度(RH) 50%に設定した環境制御室で椅座安静を保たせ、前腕屈曲面および大腿前面の皮膚(2.613 cm²)に 10%ACh 溶液を 2 mA の直流通電で 5 分間それぞれ投与した。このテスト実施中の 5 分間は軸索反射性発汗を、その後 7 分間は直接刺激性発汗をそれぞれカプセル換気法で測定した。

(2) この実験では、大学陸上競技部中長距離ブロックに所属し、同等の VO₂max を有する男女各 7 名に対し、30°C・80%RH に設定した人工気象室内で、50%VO₂max および 100 watts の自転車運動をそれぞれ 60 分間負荷した。その間、体重と無効発汗量をそれぞれ連続的に測定し、全身発汗量(= 体重減少量)、有効発汗量(全身発汗量 - 無効発汗量)、発汗効率(= 有効発汗量/全身発汗量×100)をそれぞれ算出した。

(3) この実験では、同等の VO₂max を有する大学陸上競技部男女各 6 名に対し、環境温 32°C・30% RH および環境温 32°C・80%RH に設定した人工気象室内で 100 watts 自転車運動を 60 分間負荷した。その間、実験(2)

と同様の測定を実施した。

(4) この実験では、同等の VO₂max を有する大学陸上競技部男女各 6 名に対し、30°C・50%RH に設定した人工気象室内で、40%および 60%VO₂max 自転車運動を異なる日にそれぞれ 40 分間負荷した。その間、身体 21 部位の局所発汗量を吸収素材シート法で測定した。

(5) この実験では、70 歳・80 歳代男女総計 74 名に対し、上記実験(1)と同様のイオントフォレーシス発汗テストを実施し、高齢者における汗腺機能の性差を検討した。さらに、我々が累積してきた 20~60 歳代の男女総計 175 名のデータも加え、年齢 vs. 発汗データの対応関係を男女別に求め、汗腺機能の加齢的变化およびその性差を検討した。

(6) 70 歳代男性と 20 歳代男・女性に対し、利き腕で最大掌握運動を 3 分間負荷して精神性発汗を誘発した。その間、光コヒーレンストモグラフィを用い、非利き腕の人差し指の表皮のエクリン汗腺の導管容積を求め、エクリン汗腺の性差・年齢差を検討した。

(7) この実験では、70・80 歳代男女 74 名に対し、温覚・冷覚閾値テストを実施した。このテストは、熱流束温冷覚閾値計で前額・胸・背・前腕・手背・大腿・下腿・足背の身体 8 部位で冷覚・温覚閾値の熱流束差を測定した。さらに、我々が累積してきた 20~60 歳代男女 133 名のデータを加え、年齢 vs. 温覚・冷覚閾値熱流束差の対応関係を男女別に求め、加齢的变化およびその性差を検討した。

(8) この実験では、70 歳代女性 15 名(短パン・T シャツ・下着着用)を、70 分間で 24°C から 35°C まで漸次上昇させ、その後 60 分間で 24°C まで下降させる環境下に暴露した。その間に測定した、平均皮膚温 - 全身温冷感の対応関係を個人ごとに求めた。さらに、エアコンをオン・オフする時点を申告させ、オン・オフ申告者と非申告者の平均皮膚温 - 全身温冷感の対応関係を比較した。また、各被験者の局所皮膚温度感受性および汗腺機能を実験(5)および実験(7)と同様の方法で測定し、それらと全身温冷感との関連性も検討した。

(9) この実験では、思春期前男児・若年男性・高齢男性における運動トレーニング実施者(T 群)と同非実施者(U 群) 110 名に対し、実験(1)と同様のイオントフォレーシス発汗テストを実施した。

(10) この実験では、3 年以上特別な運動トレーニングを実施していない男女大学生各 8 名に対し、32°C・50%RH 環境下で 1 日 60 分間の自転車運動を 10 日間(6 日目の休息日を挟み前後半各 5 日間)要求した。なお、1 日目と 10 日目は 2 分間の休憩を挟み 20 分間の漸増負荷(40%、50%、60%VO₂max)運動を、2 日目から 9 日目は 5 分間の休憩を挟み 30 分間の自転車運動(脈拍数が 135 拍/分になる定脈拍数運動)を 2 セット実施させた。10 日間の運動トレーニング開始前日と終了

翌日に実験(1)と同様のイオントフォレーシス発汗テストを実施した。

(11)この実験では、少なくとも3年以上特別な運動トレーニングを実施していない男女大学生各6名に対し、局所加温トレーニングを要求した。局所加温トレーニングとは、32°C・50%RH環境下で43°Cの湯に片腕の前腕部と手部を1日90分間浸すことで、この加温を10日間(1日の休息日を挟む)繰り返した。さらに、10日間の加温トレーニングの開始前日と終了翌日に26°C・50%RH環境下で、実験(1)で詳細に記述したイオントフォレーシス発汗テストを実施した。

(12)この実験では、男子大学生のT群とU群計40名に対し、実験(1)と同様のイオントフォレーシス発汗テストを実施した。さらに、発汗テスト実施前に採血し、血清中のテストステロン・エストラジオール・成長ホルモンを測定した。

(13)この実験では、タイ人若年男性のT群とU群計30名に対し、上記実験(12)と同様の発汗テストと血清ホルモンテスト(テストステロン・エストラジオール・成長ホルモン)を実施した。

(14)この実験では、タイ人中・高年男性のT群とU群計30名に対し、実験(13)と同様の発汗テストと血清ホルモンテスト(テストステロン・エストラジオール・成長ホルモン)を実施した。

(15)この実験では、若年女性において男性ホルモンを服用する者に対し、服用以前と服用開始2年後に、実験(1)と同様のイオントフォレーシス発汗テストを実施し、発汗反応の縦断的变化を検討した。

4. 研究成果

(1)汗腺機能は、直接刺激性発汗(汗腺自体の要素を反映する)・軸索反射性発汗(交感神経節後線維の要素を反映する)とも思春期まで性差は観察されなかったが、思春期に伴う男性の顕著な亢進で性差が出現した。その性差は、直接刺激性発汗で顕著で、その発汗量の性差は活動汗腺数ではなく、単一汗腺あたりの汗出力の増加(汗腺肥大 and/or コリン感受性の亢進を意味する)に起因した。

(2)高温高湿下で絶対的・相対的強度が同一の運動を負荷した場合、女性の全身発汗量は男性より少なく、我々の先行研究結果を支持した。女性の少ない発汗量は少ない無効発汗量に起因し、有効発汗量には性差はみられなかった。そのため、このような条件では、女性は男性より優れた発汗効率を有することが示唆された。

(3)32°C・80%RH下運動時における深部体温の上昇度には性差がみられなかったが、女性が男性より優れた発汗効率を示し、上記実験(2)の結果を支持した。高温低湿(32°C・30%RH)下では男女とも発汗効率を増大して生体負担度を軽減したため、高温高湿下で観察された発汗効率の性差は消失した。

(4)男女ともに40・60%VO₂max運動とも躯幹前面が後面より、中心部がその左右部位よりそれぞれ多く、左右差が存在しないことが確認された。さらに躯幹部の発汗量は下肢部より多く、脇腹部で躯幹前面・後面、上腕部より少ない身体部位特性が明らかにされた。さらに、女性の発汗量は男性より少なく、胸部でみられた性差は運動強度の増大に伴って背・腰部にも拡大した。

(5)70歳・80歳代においても汗腺機能に性差(男>女)がみられたが、この性差は加齢に伴う汗腺機能の低下により消失する傾向だった。汗腺機能の低下は男性では単一汗腺あたりの汗出力低下に、女性では活動汗腺数と単一汗腺あたりの汗出力低下に起因することが示唆された。なお、96歳(男性)でも一定歩行量(5771歩/日)を保っている者は70~80歳相当の汗腺機能を維持していた。

(6)光コヒーレンストモグラフィで解析した精神性発汗時における指先の汗腺容積には、高齢男性、若年男性、若年女性の3群間で有意な群差は認められなかった。この結果は、これまで我々が温熱性刺激を用いて有毛部で見出してきた発汗機能の年齢差・性差とは異なった。

(7)皮膚の温覚・冷覚感受性は加齢に伴い鈍化し、80歳代で性差は小さくなった。加齢に伴う鈍化の程度には身体部位差が存在し、四肢部が躯幹部や頭部より顕著だった。加齢に伴う冷覚感受性の低下は、80歳代でのみ万歩計から求めた歩行量の確保で抑制できる可能性が示唆された。

(8)平均皮膚温・全身温冷感の回帰式の傾きは、環境温上昇・下降時ともエアコン使用の非申告者が申告者より有意に小さく、非申告者における全身温冷感感受性の鈍化が示唆された。しかし、平均皮膚温・全身温冷感の傾きは身体8部位で測定した温覚・冷覚閾値の熱流束差やACh誘発性発汗量とは有意に関連しなかった。このことは、70歳代女性において、全身温冷感の鈍化度は特定の身体部位の皮膚温度感受性や汗腺機能から推定できないことを示唆している。

(9)ACh誘発性発汗量はT・U群とも子どもが前腕で若年者・高齢者より、大腿で若者より、高齢者が大腿でのみ若者よりいずれも有意に低かった。この低い発汗量は主に低い単一汗腺あたりの汗出力に起因した。また、ACh誘発性発汗からみた汗腺機能は、思春期前児童、若年者、高齢者でも長期運動トレーニングで亢進するものの、その亢進の程度は思春期前児童と高齢者が若者より小さいことが示唆された。

(10)10日間の暑熱下運動トレーニング(1日60分間)で、VO₂maxが増加した男女(男14%、女7%)において、末梢の軸索反射性発汗を改善しないものの、男性でのみ直接刺激性発汗を亢進する可能性が示唆された。さらに、軸索反射性・直接刺激性発汗は女性が男性より劣ることを報告した先行研究結果

を支持した。

(11)10日間の局所加温トレーニングに伴い男性ではACh誘発性の直接刺激性発汗が亢進したが、その亢進は女性では認められなかった。男性の直接刺激性発汗の亢進は活動汗腺数の増加に起因した。なお、軸索反射性発汗は局所加温トレーニングで男女とも亢進しなかった。

(12)運動トレーニングは汗腺機能を亢進することが再確認された。しかし、若年男性の横断的データの観察では、運動トレーニングに伴う汗腺機能の亢進に関して、汗腺機能の指標の一部が女性ホルモンとわずかに関連したものの、発汗機能と男性ホルモンや成長ホルモンとは関連しないことが示唆された。

(13)タイ人若年者においても運動トレーニングは軸索反射性発汗および直接刺激性発汗を亢進し、その亢進の程度に身体部位差が存在する我々の先行研究結果を支持した。タイ人のT群、U群は日本人のT群、U群より軸索反射性発汗および直接刺激性発汗とも低値を示したが、女性ホルモン・男性ホルモン・成長ホルモンには4群間で有意な相違はみられなかった。

(14)タイ人中高年齢者においても運動トレーニングは軸索反射性発汗および直接刺激性発汗を亢進し、その亢進の程度に身体部位差が存在する先行研究結果を支持した。タイ人の中高年齢者のT群、U群はタイ人の若年T群、U群より軸索反射性発汗および直接刺激性発汗とも低値を示したが、女性ホルモン・男性ホルモン・成長ホルモンには4群間で有意な相違はみられなかった。

(15)ACh誘発性発汗量は、2年間の男性ホルモン服用後にSubj. No1では前腕で26%、大腿で8%増加したが、Subj. No.2では前腕で10%、大腿で17%低下した。今回の2例の縦断的データのみで性急な結論は避けるべきと思われるが、現状では男性ホルモンの服用が汗腺機能の改善に影響するとは断定できない。

これらの実験(12),(13),(14),(15)の結果から、男性における運動トレーニング・居住地(温帯地 vs. 熱帯地)・加齢による汗腺機能の修飾要因を、性ホルモン・成長ホルモンの相違のみで説明できないことが示唆された。今後、汗腺機能と性ホルモン・成長ホルモンの関連性を詳細に検討する必要性がある。

まとめ: 図1は、これまでの我々の知見に、本研究での新知見を加えて作成した、発汗能力の発育・老化過程とその性差、ならびにそれらに及ぼす運動トレーニングの影響についてのまとめた模式図である。発汗能力には、思春期前の男女ではほとんど性差はみられず、思春期以降には発汗能力は増加するが、その増加の程度は女性が男性よりも小さく、若年期には明瞭な性差(男>女)が観察された。若年期の性差は運動トレーニング実施者

ほど顕著だった。その後発汗能力は加齢に伴い男女とも低下し、一般人では80歳代で性差が消失する傾向だった。若年期においては、短期間の運動トレーニング・暑熱順化に伴う発汗能力の改善の程度にも性差(男>女)が認められた。長期間の運動トレーニングに伴う発汗能力の改善の程度は、若年期より思春期前・老化期で小さかった。なお、女性に観察された少ない発汗量は、男性より体液量の少ない女性が体から滴り落ちる過度の汗をかかず、体液の損失を最小限に抑えようとする生物学的意義が窺えた。また、男性では運動トレーニング・居住地(温帯地 vs. 熱帯地)・加齢による汗腺機能の修飾は、その修飾要因を性ホルモン・成長ホルモンのみで説明できないことが示唆された。

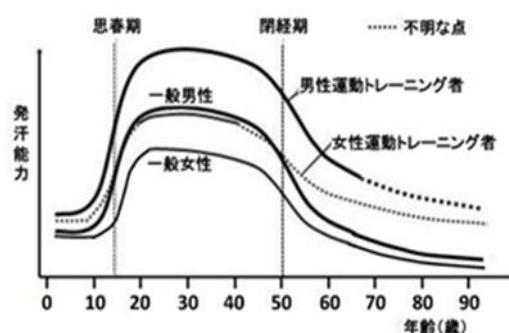


図1. 発汗能力の発育・老化過程とその性差の模式図 (破線部に関しては研究されておらず未解明)

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20件)

Inoue Y et al.. Sex differences in age-related change on peripheral warm and cold innocuous thermal sensitivity. *Physiol Behav* 164(Pt A): 86-92, 2016 (査読有)

Amano T et al.. Influence of forearm muscle metaboreceptors activation on sweating and cutaneous vascular responses during dynamic exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* (in press) (査読有)

Amano T et al.. Determination of the maximum rate of eccrine sweat glands' ion reabsorption using the galvanic skin conductance to local sweat rate relationship. *Eur J Appl Physiol* 116:281-290, 2016 (査読有)

井上芳光ら、夏季における高齢者の温熱的生活環境。日本生理人類学会誌 21(1): 11-16, 2016 (査読有)

井上芳光、子どもや高齢者の発汗能力と熱中症予防策。日本ヒートアイランド学会誌 10: 11-15, 2015

Amano T et al.. Influence of exercise training with thigh compression on

heat-loss responses. Scand J Med Sci Sports 25 (Suppl 1): 173-82, 2015(査読有)

井上芳光, 発汗機能の成長・老化とその性差. 発汗学 21(2): 53-56, 2014

井上芳光, 子どもや高齢者の暑さの生理学と熱中症. 保健の科学 56(7): 469-473, 2014

Inoue Y et al.. Sex differences in acetylcholine-induced sweating responses due to physical training. J Physiol Anthropol 33:13, 2014(査読有)

Amano T et al.. Sweating response to passive stretch of the calf muscle during activation of forearm muscle metaboreceptors in heated humans. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 306: R728-R734, 2014(査読有)

Ueda H, Inoue Y. Improved procedure for estimating time-dependent changes in local sweat rates by measuring local sweat volumes. J Ergonomics 15: 227-230, 2013 (査読有)

その他: 論文 9 件

[学会発表](計 32 件)

井上芳光, スポーツ活動時の熱中症予防策: 子どもを中心に, 第 9 回日本ラグビー学会, 特別講演, 関西大学, 2016 年 3 月

井上芳光, 老若男女の発汗能力, 温熱生理研究会, 特別講演, 岡崎カンファレンスセンター, 2015 年 8 月

井上芳光, 子どもや高齢者の発汗能力と熱中症予防策, 日本ヒートアイランド学会 2015 年度総会, 特別講演, 東京, 2015 年 5 月

井上芳光, 高齢者の体温調節の特徴, 日本生気象学会シンポジウム, 桐蔭横浜大学, 2014 年 10 月

井上芳光, 発汗機能の成長と老化, 第 22 回発汗学会, 特別講演, 長崎大学, 2014 年 9 月

井上芳光, 高齢者の体温調節の特徴, 第 69 回日本体力医学会シンポジウム, 長崎大学, 2014 年 9 月

井上芳光, 体温調節機能の老化とその性差, 日本家政学会第 33 回被服衛生部会セミナー, 特別講演, 高崎健康福祉大学, 2014 年 8 月

井上芳光, 発汗機能のバリエーション, 日本生理人類学会第 69 回大会シンポジウム, 九州大学, 2014 年 6 月

井上芳光, 老若男女の発汗能力, 第 47 回快適性を考えるシンポジウム, 日本繊維製品消費科学会, 特別講演, キャンパスプラザ京都, 2014 年 4 月

井上芳光, 子どもと高齢者の体温調節特性. 第 24 回日本臨床スポーツ医学会学術集会ランチョンセミナー, 熊本市国際交

流会館, 2013 年 10 月

井上芳光, 子どもと高齢者の特徴. 第 27 回運動と体温の研究会シンポジウム, 東京, 2013 年 9 月

井上芳光, 子どもと高齢者の熱中症予防策. 日本生気象学会主催シンポジウム 2012, 京都女子大学, 2012 年 6 月

その他: 一般発表 20 件

[図書](計 3 件)

熱中症の現状と予防, ハイリスクグループとしての高齢者と子ども(第 9 章分担執筆 井上芳光), 杏林書院(澤田晋一編), pp148-161, 2015

人間科学の百科事典, ホメオスタシス(第 3 章 pp180-181, 分担執筆 井上芳光), 耐暑性(第 6 章 pp292-294, 分担執筆 井上芳光)丸善出版(日本生理人類学会編: 3 章の編集委員), 2015

ニュー運動生理学, 熱放散反応の発育・老化とその性差(第 12 章 4 節, 分担執筆 井上芳光, 一之瀬智子), 真興交易医書出版(宮村実晴編), pp202-211, 2015

[その他]

テレビ朝日の『奇跡の地球物語』で「熱中症 体温と汗の秘密」(2013 年 8 月 18 日)をはじめ, テレビ・ラジオに 2011~2015 年度で 21 回出演し, 子どもや高齢者がなぜ暑さに弱いのかなど解説した.

日本経済新聞の『汗腺を鍛えて夏バテ予防』(2014 年 5 月 25 日朝刊)をはじめ, 2011~2015 年度で読売新聞, 朝日新聞などに老若男女の発汗能力や熱中症予防に関するコメントが 17 件掲載された.

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

近藤 徳彦 (KONDO Narihiko)
神戸大学・人間発達環境学研究科・教授
研究者番号: 70215458

上田 博之 (UEDA Hiroyuki)
大阪信愛女学院短期大学・看護学科・教授
研究者番号: 00203448

石指 宏通 (ISHIZASHI Hiromichi)
奈良県立医科大学・医学部・教授
研究者番号: 50260807

近江 雅人 (OUMI Masato)
大阪大学・医学(系)研究科・教授
研究者番号: 60273645