

氏名(本籍)	山崎文夫 (茨城県)
学位の種類	博士(体育科学)
学位記番号	博甲第1,295号
学位授与年月日	平成6年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
審査研究科	体育科学研究科
学位論文題目	運動時の発汗調節における中枢機構と末梢機構の関与
主査	筑波大学教授 医学博士 池上晴夫
副査	筑波大学教授 医学博士 古藤高良
副査	筑波大学教授 学術博士 牧野順四郎
副査	筑波大学教授 医学博士 佐々木日出男

論 文 の 要 旨

(1)目的

発汗機能は運動時の過度の体温上昇を防ぐのに極めて重要な役割を果たしている。しかし運動時の発汗がどのような機序で調節されているかについては十分には理解されていない。

発汗調節系は中枢機構と末梢機構に分けられる。1分間当たりの発汗波の数、すなわち汗の拍出頻度(Fsw)を平均体温($\bar{T}b$)に対してプロットして得られる回帰直線は発汗中枢機構の反応性を表し、発汗量(msw)をFswに対してプロットして得られる回帰直線は中枢性発汗衝撃に対する末梢機構(汗腺機能)の反応性を示すとされている。したがって、これらの指標を用いればmswが変化した場合に、それが発汗中枢機構の変化によるのか、それとも末梢機構の変化によるのかを明らかにすることが可能であると考えられる。

そこで本研究では、Fsw、 $\bar{T}b$ 、mswなどの特性に基づいて、運動時の発汗調節における中枢機構と末梢機構の関与を明らかにすることを目的として、一連の実験を行った。

(2)方法および結果

実験Ⅰでは、非定常状態における深部体温とmswの関係を明らかにするために、3種の強度の運動時の直腸温(Tre)とmswの関係を検討した。その結果、いずれの運動においても、 Tre -msw関係の勾配はある体温をbreaking pointとして減少することが示された。しかしこの実験で深部体温の指標として用いた Tre は、非定常状態における深部体温の指標としての妥当性に問題が残された。

そこで実験Ⅱでは、 Tre に比して応答が速やかでかつ大動脈血温や脳温を反映するといわれている食道温(Tes)を深部体温の指標として用い、非定常状態における運動時の深部体温-msw関係を再検討した。さらに運動開始直後の発汗増加現象の機序についても検討した。その結果、運動時の Tes -msw

関係は、Tre-msw 関係とは異なって breaking point がなく、一本の直線で表された。したがって Tre-msw 関係における breaking point の存在は、運動初期における Tre の応答の遅れによって生じた見かけ上の現象であると考えられた。また運動開始直後の時点において、発汗は体温上昇の前に始まり、同時に Fsw も msw と同様なパターンで急増したことから、運動開始直後の発汗増加は運動に伴って生じる非温熱性因子が発汗中枢活動を高めることによって起こると考えられた。

実験Ⅲでは、Tes を深部体温の指標として用い、実験Ⅰと同じ運動条件で運動強度と発汗反応の関係を再検討した。その結果、運動強度が強くなると Tes-msw 関係の勾配は増大し、かつ発汗開始閾値体温は上昇した。これらの運動強度による発汗反応の変化の原因を検討した結果、主に末梢機能の感受性の変化に起因していると考えられた。

実験Ⅳでは、運動中多量に発汗する場合でも個々の発汗波を明瞭に記録できるように換気カプセル法を改良した。すなわち、カプセル内の汗の蒸発を促進させるために、発汗カプセルへの流入窒素ガスの加温を行った。その結果、従来の換気カプセル法よりも発汗波を明瞭に記録することができた。さらに発汗パターンの徐波成分を除去するために、発汗波を微分することによって各波の弁別性を一層改善することができた。

実験Ⅴでは、運動時の発汗調節に対する非温熱性因子の関与を明らかにするために、運動時と安静回復時に発汗反応を比較検討した。その結果、同一体温における msw および Fsw は運動時の方が回復時よりも明らかに多かった。また、同一の Fsw における msw は運動時と回復時でほぼ同等かあるいは前者の場合の方が後者の場合よりもわずかに少なかった。これらのことから、同一体温における発汗量は運動時の方が回復時よりも多いが、これは運動時の発汗中枢活動が回復時のそれよりも高進しているためであると考えられた。

実験Ⅵでは、運動時の発汗調節に対する非温熱性因子の関与をさらに明らかにするために、正弦波状運動に対する体温と発汗の応答特性を検討した。その結果、4分および8分周期の正弦波状運動における msw の位相は Tes や平均皮膚温(\bar{T}_{sk})のそれよりも有意に先行していた。また正弦波状運動の周期を短くすると、Tes や \bar{T}_{sk} はほとんど変化しないにもかかわらず、msw は運動強度の変化に伴って明らかに正弦波状に変化した。これらのことから正弦波状運動時の発汗反応には温熱性因子に加えて運動強度の変化に伴う非温熱性因子が強く関与していると考えられた。

実験Ⅶでは、定常運動時の発汗反応に及ぼす運動鍛練の影響を明らかにするために、鍛練者と非鍛練者の発汗反応を比較検討した。その結果、定常運動時の体温—胸部発汗量の関係の勾配は鍛練者群の方が非鍛練者群よりも有意に大きかったが、体温—前腕部発汗量の関係の勾配はグループ間に差がなかった。上記の胸部発汗における勾配の差の原因を検討したところ、末梢機構の感受性の差に由来すると考えられた。

実験Ⅷでは、運動に対する生体の動的応答性をとらえるのに有用である正弦波状運動負荷法を用い、運動鍛練が運動に対する発汗の動的応答性に及ぼす影響を検討した。その結果、正弦波状運動に対する Tes と \bar{T}_{sk} の振れ幅は鍛練者群の方が非鍛練者群より有意に小さかった。また、発汗量の振れ幅は胸部でも前腕部でも鍛練者群の方が非鍛練者群より大きく、かつこれらの遅れ時間は鍛練者群の方が

短い傾向を示した。これらのことから、鍛練者は非鍛練者に比して運動に対する発汗の追従性に優れ、運動強度の変化に対して体温を一定に維持する能力が高いと考えられた。

(3)結論

本研究で提案した方法によって多量発汗時であっても汗の拍出頻度をより正確に計測できることが示された。運動時の深部体温と発汗量の関係は非定常状態であってもほぼ直線的であり、両者の関係に及ぼす運動強度の影響は主に末梢性機序によってもたらされると考えられる。発汗中枢活動は運動開始時に加えて、運動中継続して運動に伴う非温熱性因子の影響によって高進すると考えられる。鍛練者は非鍛練者に比して運動時の発汗能力が高いが、これは末梢機能の感受性の高進に起因している。さらに鍛練者は非鍛練者に比して運動に対する発汗の追従性に優れ、運動強度の変化に対して体温を一定に維持する能力が高いと考えられる。

審 査 の 要 旨

本研究は運動時の発汗機構と安静時のそれとの相違を生理学的に明らかにするとともに、運動による鍛練が発汗機構に及ぼす影響について検討したものである。運動時発汗の特性を中枢機構と末梢機構に分離して検討した点が本研究の最大の特徴である。種々な新知見を得たが、特に運動時発汗には体温以外の非温熱性因子が中枢への入力として関与していることを指摘した点、および鍛練することによって運動強度の変化に対する体温変動が軽減するが、その原因は発汗応答の追従性が速やかになるためであることを明らかにした点は、学問的にも高く評価できるものである。また著者が行なった発汗波記録法の改善や正弦波状運動負荷法の導入は、発汗生理学に新しい展開をもたらすものとして期待される。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。