

令和元年6月27日現在

機関番号：34429

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01720

研究課題名(和文) 脱水と体温上昇の相違が陸上競技のパフォーマンスと各種パワー発揮能力に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effect of dehydration and core temperature level on athletic performance and anaerobic high and middle power output

研究代表者

小倉 幸雄 (Yukio, Ogura)

大阪国際大学・人間科学部・教授

研究者番号：00300301

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：脱水がハイ・ミドルパワー発揮能力に及ぼす影響を3つの実験で検討した。夏季フィールドで体重の0.8%と2.0%脱水時のパフォーマンステストを、実験室での高温環境下運動で0.8%と1.9%脱水時のハイ・ミドルパワー発揮能力、と同様の実験で陸上競技の種目差を検討した。その結果、では2.0%脱水時のミドルパワーパフォーマンスが、0.8%脱水時より低下し、では1.9%脱水時のハイ・ミドルパワー発揮能力が、0.8%脱水時より低下した。しかし、では、実験で観察された脱水の影響が陸上競技種目に影響されなかった。以上の結果、2.0%程度の脱水がハイ・ミドルパワーを低下することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで脱水が熱放散反応を抑制し、それが深部体温をより上昇することが知られている。本研究では、体重の2%程度の脱水が、ハイパワーやミドルパワー発揮能力にも影響することが示唆された。この結果は、夏季スポーツ活動中の適切な水分補給が、これまで先人が報告してきた熱中症予防のみならず、ハイパワーやミドルパワーに関連するスポーツパフォーマンスの低下を防ぐためにも有効であることを明らかにできた。

研究成果の概要(英文)：To examine the effect of dehydration on anaerobic high and middle power output, three experiments were performed: (1) subjects conducted field performance tests with two dehydrated conditions (0.8% and 2.0% of body weight) by fluid intake control during summer athletic practice, (2) In hot condition, subjects performed two tests assessing the anaerobic power output with two dehydrated conditions (0.8% and 1.9%), and (3) Sprint and endurance runners performed the same tests as (2) in order to compare different events. (1) Compared to the 0.8% dehydration, the 2.0% dehydration reduced anaerobic middle power performance. Moreover, (2) the decrease of anaerobic high and middle power output in hot condition was greater for the 1.9% dehydration than 0.8% dehydration. However, (3) the effect of dehydration on anaerobic power output was not affected by athletic events. These suggest that the 2.0% dehydration reduces anaerobic high and middle power output.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：水分補給 深部体温 体重減少量 無酸素性パワー 無酸素性持久力 運動パフォーマンス 短距離選手 長距離選手

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究の学術的背景

高温環境下の長時間作業や持続的な運動時において、発汗による水分・塩分損失が増大すると、脱水が進行して熱放散反応の減弱のみならず、心循環系への負担（心臓血管系ドリフト）も大きくなる（Nybo *et al.* 2001）。そのため、深部体温がより上昇して運動のパフォーマンスが低下するのみならず、熱中症の危険性も大きくなることが挙げられている（Hargreaves *et al.* 1998）。さらに、暑熱環境下における深部体温の上昇は運動中の神経筋系の疲労を誘発し、瞬発系パフォーマンスの低下も引き起こすことから（Drust *et al.* 2005; Thomas *et al.* 2006）、持久系の運動のみならず短距離系の運動にも影響することが示唆されている。このような理由から、スポーツ活動時の熱中症予防策の一つとして、脱水を抑制するための水分摂取の重要性が唱えられているが、どの程度の脱水や体温上昇で陸上競技パフォーマンスと密接に関連するローパワー・ミドルパワー・ハイパワーが低下するのか、明確ではない。

近年、高温環境下における運動パフォーマンスの低下や熱中症を予防するための水分補給に関して、摂取する水分量や成分、摂取のタイミングなどが検討されている。日本体育協会（2013）が発行している『熱中症予防ガイドブック』では、15～20分毎に発汗量の70～80%に相当する水分（0.1～0.2%の食塩と糖分を含む）を補給することが奨励されている。摂取物の水温に関しても、摂取水分による体温冷却効果や水分の吸収速度を考え合わせて、注意事項の一つとして5～15℃が望ましいと記述されている。我々はその科学的根拠が乏しかったため、夏季の陸上競技のトレーニングにおける水分摂取量を自由飲水とし摂取水温（5, 15, 25, 35℃）の相違が水分補給率、脱水率や舌下温に与える影響をフィールド実験にて検討している。その結果、5・15℃の摂取水温がそれ以上の水温よりも生体負担度が低く、特に5℃の水温摂取においては舌下温の上昇を抑制し、発汗や脱水を軽減することから、安全対策としての熱中症予防に有効であることを明らかにした（小倉 2013）。しかし、脱水の程度がどの程度進行すると、運動パフォーマンス（ミドルパワー・ハイパワー）がどの程度低下するのか明確にされていない。

また、摂取水温の違いが運動時の体温・循環調節反応や運動パフォーマンスを比較したこれまでの研究では、摂取水温が低い方が深部体温をより抑え、運動パフォーマンスも同様の結果を報告している（Mundel *et al.* 2006; Lee *et al.* 2008; Siegel *et al.* 2010）。しかし、これらの研究は、運動パフォーマンスを持続性運動の継続時間として検討しており、筋肉のエネルギー効率の異なる運動種目についての影響は明らかにされていない。すなわち、高温環境下のスポーツ活動時における脱水や体温上昇が運動パフォーマンスと密接に関連するミドルパワー・ハイパワーに及ぼす影響は比較検討されていない。さらに、それらの影響に日常のトレーニング様式（短距離・中長距離トレーニング）がいかに関連するのかについて検討されたデータは見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では、(1) 夏季陸上競技練習時の飲水量を調整し、2種類の脱水状態（非脱水条件：およそ0.8%、脱水条件：2.0%）を設定した後に、グラウンドにおけるパフォーマンステストを実施し、脱水がハイパワー・ミドルパワー発揮能力に及ぼす影響を検討する。また、(2) 環境制御室において、暑熱環境下運動時に2種類の脱水状態を設定し、ハイパワー・ミドルパワー発揮能力に及ぼす影響を検討する。さらに、(3) 環境制御室において同様の実験を、陸上競技の瞬発系・持久系種目で比較し、パワー発揮能力に及ぼす影響を検討する。

3. 研究の方法

実験(1): 夏季陸上競技練習中の脱水の程度がパワー発揮に及ぼす影響(フィールド)

陸上競技部に所属する23名を被験者とし、同一被験者において異なる日に夏季グラウンドにおける通常の陸上競技練習中(80分間)にそれぞれ異なる飲水量(水温10℃)を摂取させ(予備実験より20分ごとの4回の休息時に50ml以下あるいは300ml以上に制限された自由飲水とした)、脱水率1%以下(非脱水条件)と約2%(脱水条件)の2つの条件を設定し、その後、同一のグラウンドにおけるパフォーマンステストを実施した。グラウンドの環境条件は、2日間ともWBGTを30分ごとに熱中症指数モニターで測定した。80分間の練習中の体温の上昇度を見るために練習前後に舌下温を測定した。練習前後の体重と20分ごとの飲水量から体重減少量(kg) = 練習前体重 - 練習後体重、総発汗量(g) = 体重減少量 + 飲水量、飲水率(%) = 飲水量 / 発汗量 × 100、脱水率(%) = 体重減少量 / 練習前体重 × 100を算出した。脱水状態を確認するために練習前後に尿を採取し、尿比重を測定した。パフォーマンステストとして、1周25mの方向転換走を最大努力度で10周させた。そのときの1周目のタイムをハイパワーの指標とし、10周目のタイムをミドルパワーの指標とした。

実験(2): 脱水・体温上昇の相違がミドルパワー、ハイパワー発揮能力に及ぼす影響

陸上競技部男子に対し、32℃・60%RHに設定した環境制御室内で、15分間トレッドミル走・15分間自転車運動を交互に4セット(各15分運動間には5分休息を挟む)の総計75分間の同一高温下長時間運動を負荷した。なお、体重あたり2%と1%の目標脱水率を達成するため、各休息時の飲水量を原則的に脱水条件では約50ml、非脱水条件では約300mlとした。各被験者には高温下長時間運動終了後に15分間の休息をはさみ、ハイパワー・ミドルパワーのパフォーマンステストを実施させた。パフォーマンステストはパワーマックスを用いて行い、ハイパワーは10秒間の全力ペダリングを3セット(セット間に120秒休息)、その後15分間の休息をはさみ、ミドルパワーは30秒間全力ペダリングによるウィングテストを実施させた。なお、高温下長時間運動時には、直腸温と心拍数を連続的に測定した。また、運動直前・直後および各休息時の体重測定データから、体重減少量および総発汗量(=体重減少量+飲水量)を、さらに飲水量データを加えて、飲水率(= 飲水量/発汗量 × 100)および脱水率(=(体重減少量/運動前体重) × 100)も算出した。また、脱水状態を把握するために、高温下長時間運動の直前と直後に尿を採取し、その比重を測定した。

実験(3): 脱水・体温上昇の相違が陸上競技瞬発系・持久系種目のミドルパワー・ハイパワー発揮能力に及ぼす影響

陸上競技部男子短距離選手と中長距離選手に対し、32℃・60%RHに設定した環境制御室内で、15分間トレッドミル走・15分間自転車運動を交互に4セット(各15分運動間には5分休息を挟む)の総計75分間の同一高温下長時間運動を負荷した。なお、体重あたり2%と1%の目標脱水率を達成するため、各休息時の飲水量を原則的に脱水条件では約50ml、非脱水条件では約300mlとした。各被験者には高温下長時間運動終了後に15分間の休息をはさみ、ハイパワー・ミドルパワーのパフォーマンステストを実施させた。パフォーマンステストはパワーマックスを用いて行い、ハイパワーは10秒間の全力ペダリングを3セット(セット間に120秒休息)、その後15分間の休息をはさみ、ミドルパワーは30秒間全力ペダリングによるウィングテストを実施させた。なお、高温下長時間運動時には、直腸温と心拍数を連続的に測定した。また、運動直前・直後および各休息時の体重測定データから、体重減少量および総発汗量(=体重

減少量+飲水量)を、さらに飲水量データを加えて、飲水率(= 飲水量/発汗量 x 100)および脱水率(=(体重減少量/運動前体重) x 100)も算出した。また、脱水状態を把握するために、高温下長時間運動の直前と直後に尿を採取し、その比重を測定した。

4. 研究成果

実験(1): 2日間の夏季陸上競技練習時におけるグラウンドの環境条件を示す WBGT は、脱水条件(30.5±0.8 (SEM))と通常条件(29.4±0.6)の間において有意な差はなかった。80分間の陸上競技練習時での体重減少量は、脱水条件(1.31±0.04 kg)の方が非脱水条件(0.55±0.04 kg)に比べ有意に大きかった。また予備実験において飲水量を調整した実際の脱水率は脱水条件(2.0±0.1%)の方が非脱水条件(0.8±0.1%)よりも有意に高かった。総発汗量は脱水条件(1520±42 g)と非脱水条件(1620±61 g)では有意な差はなかった。なお、飲水率は脱水条件(5.6±0.9%)の方が非脱水条件(55.2±2.3%)に比べ有意に低かった。舌下温の変化度は脱水条件(0.19±0.08)と非脱水条件(0.26±0.06)に有意差はなく、尿比重の変化度もそれぞれ脱水条件(0.007±0.002)と非脱水条件(0.001±0.002)に有意な差はみられなかった。

練習後のグラウンドにおけるパフォーマンステストでは、ハイパワーの指標である25mの方向転換走の1周目のタイムは、脱水条件(7.89±0.07秒)と非脱水条件(7.93±0.08秒)の間には有意な差はみられなかった。しかし、ミドルパワーの指標である25mの方向転換走の10周目のタイムの比較では、脱水条件(86.04±1.24秒)の方が非脱水条件(84.96±1.27秒)よりも有意に遅かった。

以上の結果、夏季陸上練習時において脱水がパフォーマンスに影響し、その影響の程度は発揮能力ごとに異なることが示唆された。すなわち、0.8%程度の脱水と比較し、2.0%程度の脱水はハイパワーに影響しなかったものの、ミドルパワーは低下することが示唆された。

実験(2): 高温環境下運動時において、総発汗量では脱水条件が非脱水条件よりも多かった(1.28±0.07 vs. 0.63±0.03kg)。脱水率(=体重減少量/運動前体重 x 100)は、脱水条件(1.86±0.10%)と非脱水条件(0.75±0.10%)であり、目標脱水率をほぼ設定できた。尿比重では運動前(1.019±0.003)と運動後(1.011±0.002)では有意な差が見られなかった。運動終了時の直腸温(38.46±0.12 vs. 38.07±0.11)と心拍数(159±5 vs. 156±4 拍/分)は脱水条件が非脱水条件より有意に高かった。運動後に実施したハイパワーテストでは、脱水条件が非脱水条件より有意に低かった(755.3±26.9 vs. 781.6±26.2 W)。ミドルパワーでも同様に脱水条件が非脱水条件より有意な低値を示した(569.0±18.3 vs. 582.5±18.6 W)。

以上の結果、高温環境下長時間運動後におけるミドルパワー・ハイパワー発揮能力は、脱水レベルに影響され、体重の約1.9%の脱水率が0.8%の脱水率より、両パワーの発揮能力を顕著に低下することが示唆された。

実験(3): 高温環境下運動時において、総発汗量には瞬発系(脱水条件 vs. 非脱水条件: 1.18±0.08 vs. 1.17±0.07kg)、持久系(1.37±0.10 vs. 1.40±0.11kg)とも有意な脱水条件差はみられず、いずれの脱水条件時でも有意な種目差はみられなかった。高温環境下運動時の飲水量が瞬発系も持久系でも脱水条件が非脱水条件より少なかったものの、いずれの脱水条件時も瞬発系と持久系で有意な差はみられなかった。高温環境下運動により、瞬発系(1.66±0.13 vs. 0.60±0.07%)、持久系(2.06±0.10 vs. 0.90±0.15%)とも脱水条件と非脱水条件の目標脱水

率をほぼ設定でき、いずれの脱水条件時も両群間に有意な群差はみられなかった。高温環境下運動終了時における直腸温は、いずれの脱水条件でも瞬発系と持久系で有意な種目差はみられなかったが、瞬発系(38.48 ± 0.16 vs. 38.11 ± 0.17)、持久系(38.44 ± 0.20 vs. 38.23 ± 0.23)とも脱水条件が非脱水条件より有意に高かった。運動終了直前における心拍数には、瞬発系(172 ± 3 vs. 158 ± 3 拍/分)、持久系(154 ± 5 vs. 146 ± 4 拍/分)ともいずれの脱水条件でも瞬発系が持久系より有意に高く、両種目とも脱水条件が非脱水条件より有意に高かった。

高温下長時間運動後に実施したハイパワーテストでは、いずれの脱水条件でも瞬発系が持久系よりも有意に高い発揮能力(脱水条件)を示したが、瞬発系(809.7 ± 26.9 vs. 830.2 ± 26.2 W)、持久系(701.0 ± 26.9 vs. 733.0 ± 26.2)とも有意差はなかった。ミドルパワーでは、いずれの脱水条件でも瞬発系が持久系よりも有意に高い発揮能力を示したが、瞬発系(608.5 ± 26.9 vs. 620.5 ± 26.2 W)、持久系(529.5 ± 26.9 vs. 544.5 ± 26.2 W)とも有意差はみられなかった。

以上の結果、脱水の進行に伴いローパワーに関連する心血管系ドリフトの程度は瞬発系が持久系より大きかったものの、本実験の脱水範囲内ではハイパワー・ミドルパワーの発揮能力に及ぼす脱水の影響には陸上競技の種目特性(瞬発系 vs. 持久系選手)はみられないことが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

Tatsuro Amano, Masaki Ishitobi, Yukio Ogura, Yoshimitsu Inoue, Shunsaku Koga, Takeshi Nishiyasu, Narihiko Kondo, Effect of stride frequency on thermoregulatory responses during endurance running in distance runners, Journal of Thermal Biology, 査読有, 61, 2016, 61-66

小倉幸雄, 井上芳光, 内之宮愛子, 北村優佳, 大森隆裕, 大上安奈, Jason Kai Wei Lee, 近藤徳彦, 高温下における長時間運動時の体温調節反応は5-35℃の摂取水温に影響されない, 体育学研究, 査読有, 第61巻 第2号, 2016, 607-619

〔学会発表〕(計 5件)

勝俣康之, 松下彩希, 堂野真樹, 小倉幸雄, 一ノ瀬智子, 上田博之, 井上芳光, 女子陸上長距離・短距離選手, 水泳選手における運動時の局所発汗量, 日本生理人類学会第73回大会, 2016

井上芳光, 小倉幸雄, 天野達郎, 一ノ瀬智子, 近藤徳彦. 高齢マラソンランナーにおける発汗反応の身体部位差, 第71回日本体力医学会, 2016

上田博之, 塩見敦子, 勝俣康之, 小倉幸雄, 一ノ瀬智子, 井上芳光, 女子陸上長距離・短距離選手のアセチルコリン誘発性発汗, 日本生理人類学会第74回大会, 2016

小倉幸雄, 夏季陸上競技練習中における脱水の程度がパワー発揮能力に及ぼす影響, 日本陸上競技学会第16回大会, 2017

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：井上 芳光
ローマ字氏名： INOUE Yoshimitsu
所属研究機関名：大阪国際大学
部局名：人間科学部
職名：教授
研究者番号（8桁）: 70144566

研究分担者氏名：近藤 徳彦
ローマ字氏名： KONDO Narihiko
所属研究機関名：神戸大学
部局名：人間発達環境学研究科
職名：教授
研究者番号（8桁）: 70215458

(2)研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。