

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K21685

研究課題名(和文) 体重階級制競技選手の減量が生体内応答に及ぼす影響について

研究課題名(英文) Effects of rapid weight loss on body water and electrolyte control, and oxidative stress for weight class athletes

研究代表者

西牧 未央(Nishimaki, Mio)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学部・契約職員

研究者番号：20757538

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：男性レスリング選手9名を対象とし、異なる日数(1, 3, 7日の3群)で導入された5%の急速減量が体水分量、血清中の浸透圧、ナトリウムとアルドステロン濃度、酸化ストレス指標に与える影響を解析した。結果、3群とも体水分量の減少は同程度で、血清の浸透圧、ナトリウムとアルドステロン濃度、d-ROMsが有意に上昇したが、その変化量に3群間で差はなかった。また、3群いずれも急速減量後のd-ROMの平均値が正常域の上限値を越えることはなかった。以上より、体液の恒常性を維持する適応メカニズムが作動するため、単発の急速減量によってアスリートが過剰な酸化ストレスに暴露される可能性は低いと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

急速減量は極端な食事摂取制限により身体を負のエネルギーバランスにならないよう恒常性を保つ。成人であっても急速減量は脱水、低血糖、体温調節機能低下、免疫機能低下などを引き起こすが、成長期ではさらに大きな影響が予想される。成長期にある高校生年代は骨格や筋肉の発達途上にあり、負のエネルギーバランスの状態は発育・発達やホルモンバランスの乱れにつながる。成長期における急速減量は一時的なパフォーマンスだけでなく、骨格や筋肉の発達を阻害し、その後の長期的なパフォーマンスにまで影響する可能性がある。本研究の発展に伴い減量の方法に関する年代別及び性別の基準を設定することが可能になる。

研究成果の概要(英文)：Many reports have been published on the negative health effects of rapid weight loss (RWL) in wrestlers. This study aim was the effects of different periods of RWL on dehydration state and oxidative stress. Participants were nine male collegiate wrestlers who reduce their body mass by 5% within short period in randomized order using the same methods. They have experienced 1-day, 3-days and 7-days) weight loss separated by more than 4 weeks. All participants reduced 5% of their body mass in all trials. Following the weight loss, they tried to regain all of their lost weight with an ad libitum diet for 14 h. Body composition and biochemical variables were measured at baseline and immediately after weight loss and weight regain. For plasma aldosterone concentrations and plasma d-ROMs concentrations, two-way analysis of variance revealed the main effect of time ($p < 0.05$). RWL is surmised to have increased oxidative stress via dehydration and elevated levels of aldosterone.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：減量 脱水 酸化ストレス 減量期間

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

急速減量は重篤な脱水状態を引き起こす可能性がある。急速減量は短期間で体水分量を減らす脱水によって達成される(Kondo et al., 2018) (Kondo et al., 2019)。選手は、食事量や水分摂取量を極端に減らす、サウナスーツを着用してのトレーニングや、サウナの利用によって発汗量を増やすなどの減量方法を選択している(Opliger et al., 2003)。先行研究では脱水の評価指標として体水分量の変化を測定しており、レスリング選手のおこなう急速減量後に有意な体水分量の減少を確認している(Kondo et al., 2018)(Kondo et al., 2019)。しかし、体水分量の減少に対し生体内では恒常性を維持する機能が働くため(Charm & Kurland, 1998)、体水分量のみで脱水状態を判断することはできない。脱水の判定には血中の電解質濃度が用いられており(Popowski et al., 2001)、レスリング選手の急速減量時の脱水状態も血中の電解質濃度によって評価すべきである。しかしながら、これまでレスリング選手の急速減量が血中の電解質濃度に及ぼす影響は明らかになっていない。

急速減量を行うことは酸化ストレスを増加させる可能性も考えられる。一般男性を対象とした先行研究において、サウナ浴による体重の3%の脱水が酸化ストレスを増加させたことを報告しており(Paik et al., 2009)、脱水は酸化ストレスの誘因とも考えられる。体内水分量が減少する際に、体内の電解質濃度を調節するホルモンであるアルドステロンが分泌される(Férraille & Doucet, 2001)。アルドステロンはNADPH オキシダーゼを発現させ、活性酸素の産生を亢進させるため、結果として酸化ストレスが増加することが確認されている(Keaney et al., 2003)。したがって、急速減量による脱水も酸化ストレスを増加させるかもしれない。実際、レスリング選手において12日間の減量が、尿中の酸化ストレス指標を増加させたと報告されている(Yanagawa et al., 2010)。しかしながら急速減量の定義は7日以内の減量であり、7日以内の減量が酸化ストレスに及ぼす影響を検討した研究はなされていない。全日本レスリング選手権に出場した選手を対象に実施した調査によると、大会に向けた減量に要した期間のほとんどが7日以内であった。

2. 研究の目的

本研究では選手が減量期間として選択する可能性のある7日間、3日間、1日間に着目し、大学生男子レスリング選手の異なる急速減量期間が脱水状態と酸化ストレスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 対象者

対象者は、男子大学生レスリング選手9名(年齢:20±2歳、身長:167.1±4.3cm、BMI:24.9±2.0cm)であり、過去3年間で年に5回以上、試合前に5%以上の減量をおこなっていた。対象者は、実験の前に実験の目的、内容および予想される危険について十分な説明を受け、同意書に署名したうえで実験に参加した。本実験の実施の前には、スクリーニングテスト(i.e.身長、体重、体脂肪率、血圧および質問票による既往歴と症状の調査、心血管疾患および代謝性疾患に関する血液検査)を行い、健康面に問題がないことを確認した。本研究は、早稲田大学の「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て行われた(承認番号2013-272)。

(2) 実験プロトコル

各対象者は、実際の競技と同様に25時間(1日)、73時間(3日)または169時間(7日)以内に体重を5%減らすように指示された。各試行は、ランダム化比較試験で実施された。各試行間は4週間以上空けた。ベースライン(T1)、体重の5%減量後(T2)、14時間の自由飲水食事摂取後(T3)の3ポイントで体組成測定および肘静脈採血による血中指標の評価をおこなった。T1の24時間前から対象者は、アルコール、カフェインおよび高脂肪食品を控え、激しい運動をしないように指示された。T1当日に対象者は、840kcal(炭水化物:126g、たんぱく質31.5g、脂質23.3g)の標準的な昼食をとった。T1の測定後、対象者は1日、3日および7日間の減量をそれぞれ1日あたり5%、1.7%および0.7%ずつ体重が減少するように指示を受け、毎朝指定の体重になっているか確認がおこなわれた。対象者は、全試行を通して、T1の一週間前よりビタミンやミネラルや代謝に影響を及ぼすサプリメントの摂取は禁止するよう指示を受けた。

(3) 体組成測定

体重(BM)、除脂肪体重(LBM)、細胞内液(ICF)、細胞外液(ECF)および総体水分量(TBW)は生体電気インピーダンス法(InBody710, Biospace社、日本)によって推定された。

(4) 血液生化学分析血液

採取後、血清分析用血液は30分間室温で静置し、血漿分析用血液はただちに遠心分離機(KUBOTA社製卓上小型遠心分離機)にて3500rpmで10分間遠心分離した。遠心分離後、それぞれの採血管から血清、血漿を抽出し、測定まで冷蔵もしくは冷凍(-80°C)保存した。得られた血漿および血清は分析まで-80°C以下にて冷凍保存した。分析項目は、酸化ストレス指標としてチオバルビツール酸反応性物質(TBARS)および活性酸素代謝産物(d-ROMs)および生物学的抗酸化能(BAP)の測定を行った。酸化ストレス指標の分析は、TBARS assay kit(Cayman Chemical)、

dROMs・BAPtest kit (Diacron) を用いて原則一回としたが、異常と思われる値がでた場合は再測定を行い値の正確性に努めた。血清浸透圧 (Osm), 血清ナトリウム濃度 (Na), 血清クロール濃度 (Cl), 血清カリウム濃度 (K), 血清カルシウム濃度 (Ca), 血漿抗利尿ホルモン濃度 (ADH), 血漿アルドステロン濃度 (ALD) およびスーパーオキシドディスムターゼ活性 (SOD) の分析は、外部機関 (SRL, Inc. Tokyo, JAPAN) に依頼した。エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) 処理した静脈血中のヘモグロビンおよびヘマトクリット値は、自動血球計数器 (poch-100i, Sysmex, Japan) を用いて測定した。血液成分については、Dill and Costill (1974) の方法により濃縮補正した。

(4) 統計処理

解析結果は全て平均値±標準偏差で示した。各試行間における測定値の比較には、繰り返しのある2元配置の分散分析(試行×時間)を行った。さらに、各項目の測定時間における差について、多重比較(Bonferroni)を用いて検討を行った。統計処理は、IBM SPSS Statistics 24 software (SPSS Japan inc.) を用いて行い、統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

4. 研究成果

(1) 結果

急速減量による体組成および電解質濃度の変化

対象者は1日, 3日および7日試行のすべての試行で体重の5%減量を達成した(それぞれ, $5.06 \pm 0.52\%$, $4.95 \pm 0.52\%$, $4.91 \pm 0.34\%$)。BM, LBM, ICF, ECF および TBW において, T1 と比較し T2 で有意に減少し, T2 と比較し T3 で有意に増加した。HCT, Osm, Na, Cl, K, Ca, ADH および ALD において, 試行間に有意な交互作用は認められなかった。HCT, Osm, Na, Cl, K, および ALD に対する時間の主効果 ($p < 0.05$) が認められた。Osm, Na および ALD において, T1 と比較し T2 で有意に増加した。Na および ALD において, T1 と比較し T3 で有意に高い値であった (Table 4)。HCT, Cl および K において, T2 と比較し T3 で有意に高い値を示した。

急速減量による酸化ストレス指標の変化

dROMs, BAP および TBARS において試行間に有意な交互作用は認められなかった。dROMs に対する時間の主効果が認められ T1 と比較し T2 で有意に高値を示した ($p < 0.05$)。SOD において試行間に有意な交互作用が認められ, 1日試行の T1 と比較し T2 で有意に高い値が認められ, T2 と比較し T3 で有意に低値が認められた ($p < 0.05$)。7日試行において T1 と比較し T2 で有意に高値が認められた。

(2) 考察

本研究では, 大学生男子レスリング選手を対象とし, 異なる急速減量期間が脱水状態および酸化ストレスに及ぼす影響を検討した。体重の5%の減量によって血中 Na, ALD 濃度および血清浸透圧, 酸化ストレス指標である dROMs の有意な上昇が認められたが, 急速減量期間による違いはなかった。以上のことから, レスリング選手の電解質濃度および酸化ストレスに1~7日間といった急速減量期間の違いによる影響はないが, 体重の5%減量は, 酸化ストレスを増加させる可能性が示唆された。

本研究において, 対象者は7日間以内の減量期間で約5%の減量をおこない, 生体電気インピーダンス法(BIA法)によって推定された体重, 除脂肪体重, 体脂肪量の有意な減少が認められた。先行研究において, レスリング選手に53時間で体重の6%を減量させ, 減量前後における体組成変化が報告されており, 二重エネルギーX線吸収法や空気置換法と比較し, 脂肪量の変化が過大評価されることが示唆されている(Kondo et al., 2018)。先行研究の53時間という減量期間は, 本研究の3日間で5%減量の条件に近いと考えられ, 急速減量による体組成の変化は同程度であったと推察される。脱水を伴う減量における体組成のわずかな変化を評価する際に BIA 法を用いることは限界があるため(BARTOK, SCHOELLER, CLARK, SULLIVAN, & LANDRY, 2004), 今後は DXA 法など複数の測定方法で評価すべきであると考えられる。

減量前後において, カリウム, クロール, カルシウム濃度の有意な変化は認められなかった。しかし, 減量後に体内水分量の減少, Na および ALD 濃度, 血清浸透圧の上昇が認められたため, 急速減量によって脱水が生じたと考えられる。先行研究では, 実際の試合前の減量によって血中ナトリウム濃度が有意に増加したと報告されており(Karila et al., 2008), 本研究の結果と一致している。ALD は腎臓での Na の再吸収を促進し, 血中 Na 量を増加させる作用をもっている。副腎皮質から産生されたアルドステロンが, 電解質や体液量の調節のために作用し恒常性が保たれたと推察される。急速減量後に体内水分量が有意に減少したにもかかわらず, HCT の変化は認められなかったが, いくつかの先行研究でも急速減量後に必ずしも HCT 値が増加しないことが確認されている(Karila et al., 2008)。

本研究において, 体重の5%の急速減量により酸化ストレスが増加することが示唆された。大学生男子レスリング選手を対象とした先行研究において, 試合前12日間の減量が酸化ストレスに及ぼす影響について検討を行っている。その結果, 計量日12日前と比較し計量日で酸化スト

レスマーカーである尿中8-ヒドロキシデオキシグアノシン(8-OHdG)とピオフィリン濃度の有意な増加が観察された(Yanagawa et al., 2010)。本研究において先行研究と同様に血中の酸化ストレスマーカーが減量後に増加した。先行研究の減量の観察期間は本研究より長い12日間であるが、実際に選手が体重を減らし始めたポイントは明確ではない。また、実際の大会に出場する前での測定であるため、選手の減量幅が統一されていない。本研究では、全対象者の減量率を5%に統一し、1日に減少させる体重を均一にすることで、異なる減量期間による酸化ストレス応答および脱水状態を比較した。本研究の結果は、体重の5%の急速減量は酸化ストレスを増加させるが、減量期間による差は認められなかった。体重の5%の減量は7日以内の減量期間であれば、減量期間にかかわらず酸化ストレスを増加させることが示唆された。

温熱、脱水、浸透圧ストレスなどの環境要因は酸化ストレス増加の誘因となる(King et al., 2016)。減量後に酸化ストレスが増加した要因として、減量が脱水によって達成されたことが考えられる。本研究において、対象者に減量方法を指定しなかったが、ほとんどの対象者が食事制限、サウナ入浴、サウナスーツを着用しての運動によって体重の5%の減量を達成していた。これらの減量方法により脱水が促され、体内水分量(TBW)の有意な減少が認められた。体内水分量の減少により、体内ナトリウム量やクロール濃度が低下すると副腎皮質からアルドステロンが分泌される(SIMPSON & TAIT, 1953)。アルドステロンは腎臓Naの再吸収を促進させ、体内のカリウム排泄を促進する(Funder, 1998)。さらに、アルドステロンは心筋や血管平滑筋に作用し、酸化ストレスを増加させる(Amado et al., 1995)(Weber et al., 2003)。本研究において、減量前と比較し減量後に血中アルドステロン濃度の有意な増加が認められた。7日以内の5%の急速減量により脱水が生じ、アルドステロン濃度が上昇したことが酸化ストレス上昇のメカニズムと推察される。

5%の急速減量後に酸化ストレス指標の増加が認められたが、抗酸化指標であるBAPの有意な変化は観察されなかった。しかしながら、SOD活性に減量期間の違いによる有意な差が認められた。中程度の酸化ストレスは抗酸化酵素を誘導し、内因性抗酸化剤の代謝を活性化することが知られている(OHNO et al., 1992)(Shashoua and Hesse 1996)。SODは抗酸化酵素の中で最初に働く抗酸化バリアである(Halliwell, 1994)。しかしながら、本研究において抗酸化指標であるBAPに有意な変化は認められなかった。これらの結果は、5%以内の減量であっても脱水を伴う急速減量はレスリング選手の身体にとって、負の影響である可能性がある。さらに、現状では多くの選手が体重の5%を大きく上回る減量率の急速減量を試合前に行っている実態が報告されているため、計量時には本結果より高い酸化ストレス状態であることに加え、抗酸化能力の低下も考えられる。今後は、異なる減量率による比較をし、レスリング選手の身体へ及ぼす影響について検討する必要がある。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に対象者数が少なく、階級が限定されていることである。今後は重量級などの選手を対象に含め急速減量の酸化ストレスへの影響を検討する必要がある。第二に減量率が少ないことである。本研究では5%の減量で統一したが、実際の試合では多くの選手が5%以上減量している(Pettersson & Berg, 2014)(Reale et al., 2016)。5%以上の急速減量が酸化ストレスや抗酸化能力に及ぼす影響を検討する必要がある。第三に本研究において、急速減量期間中の食事調査をしていないことである。急速減量期間中は過度なエネルギー制限をしているため栄養摂取量は極めて少ないと考えられる。しかしながら選手が食事からビタミンなどの微量栄養素を摂取していた場合にはビタミンが抗酸化指標に影響を及ぼす可能性がある(Sen, 1995)。今後は食事調査を含めて検討すべきである。

本研究は、大学生男子レスリング選手を対象に、体重の5%減量を異なる急速減量期間で比較し、酸化ストレスおよび脱水状態に及ぼす影響を検討した。減量期間による差は認められないが、体重の5%の急速減量は大学生レスリング選手の体水分量を減少させ、酸化ストレスを増加させることが示唆された。

(3) 結論

体重の5%の急速減量は体水分量を減少させ、酸化ストレスを増加させる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

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

1. 著者名 Mio Nishimaki, Shizuo Sakamoto	4. 巻 14
2. 論文標題 Effect of obesity-related gene polymorphisms on weight loss of female wrestlers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Archives of Budo	6. 最初と最後の頁 117-123
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 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西牧未央
2. 発表標題 中学生レスリング選手の減量に関する実態調査
3. 学会等名 女性スポーツ医学研究会
4. 発表年 2017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
---------------------------	-----------------------	----