

博士論文

柔道選手における減量とコンディション評価の検討

令和元年度

筑波大学大学院人間総合科学研究科

スポーツ医学専攻

平岡 拓晃

目次

本研究で使用する略語と記号

第1章. 序論

1-1. 本研究の背景	…1
1-2. 文献研究	…4
1-3. 本研究の目的	…9

第2章. 本研究の課題

…10

第3章. 大学柔道選手と健常成人男性を対象とした唾液中脱水指標と血清浸透圧の関連

3-1. 大学柔道選手を対象としたオフ期間中における唾液中脱水指標と血清浸透圧との関連

(実験1)	…12
3-1-1. 緒言	…12
3-1-2. 方法	…13
3-1-3. 結果	…15
3-1-4. 考察	…19
3-1-5. 結論	…20

3-2. 健康成人男性を対象とした体重減少における唾液中脱水指標と血清浸透圧との関連

(実験2)	…21
3-2-1. 緒言	…21
3-2-2. 方法	…21
3-2-3. 結果	…24
3-2-4. 考察	…33
3-2-5. 結論	…34

第4章. 大学柔道選手の競技現場における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態の変動

4-1. 大学柔道選手を対象とした合宿期間中における脱水と免疫能及び心理状態の変動

(実験3)	…35
4-1-1. 緒言	…35
4-1-2. 方法	…36
4-1-3. 結果	…42
4-1-4. 考察	…52
4-1-5. 結論	…54

4-2. 大学柔道選手の大会に向けた減量期間中における脱水状態と口腔内免疫能及び

心理状態の変動(実験4)	…55
4-2-1. 緒言	…55
4-2-2. 方法	…56
4-2-3. 結果	…59

4-2-4. 考察	…67
4-2-5. 結論	…69
第5章. 総合討論	…70
5-1. 本研究の目的	…70
5-2. 本研究で得られた成果	…70
5-3. 本研究で得られた成果の意義および今後の課題	…71
第6章. 結語	…74
謝辞	…75
参考文献	…76

本研究で使用する略語と記号

BMI	: body mass index
ELISA	: enzyme-linked immunosorbent assay : 酵素免疫測定
IFN	: interferon : インターフェロン
POMS	: profile of mood states : 気分プロフィール検査
SIgA	: secretory immunoglobulin A : 分泌型免疫グロブリン A
URTI	: upper-respiratory tract infection : 上気道感染症

第1章 序論

1-1. 本研究の背景

アスリートは、競技力向上のために日々激しいトレーニングを行っている。トレーニングはパフォーマンスを向上させることを目的として行われるが、高強度運動による疲労の蓄積はコンディションを崩すことが懸念されている。高強度運動の反復は免疫系、神経系、内分泌系の失調をもたらし、慢性疲労や感染症の罹患を引き起こすことが知られている (Benjamin and Romuald, 2016; Gabriel et al., 1997; Halson, 2014; Joyner and Coyle, 2008; Nederhof et al., 2006; Nielsen, 1984)。したがってアスリートは、高強度運動によるこのような負の影響を最小限に留めながら、競技大会に向けてパフォーマンスやコンディションを最高の水準に調整することが必要である。夏季オリンピック出場者が罹患した主な内科系疾患のうち、およそ 6 割が呼吸器系疾患であり、その多くが上気道感染症 (upper-respiratory tract infection: URTI) であったことが報告されている (Soligard et al., 2017; Soligard et al., 2015)。

アスリートのコンディションを悪化させる要因として、身体の内外様々な刺激(ストレス)によって内部環境に変化が起こるストレスが考えられる。アスリートにとって、身体の内部環境を常に一定な状態に保つこと(恒常性, ホメオスタシス)は重要であるが、中でも生理的ストレス(運動, 空腹, 口渇など)による身体への負担が大きい減量は、アスリートのコンディションを悪化させる要因であると考えられている。アスリートのコンディショニングは、様々な視点から取り組む必要がある。柔道やボクシング, レスリング, 重量挙げなどの体重階級制スポーツでは、より有利な階級で試合をするために多くのアスリートが減量を行っている。減量の多くは、7 日~10 日間の短期間に食事

制限と水分摂取制限, 脱水を併用した急速減量によって行われている(岩尾ら, 1995;片岡, 1972;木村ら,1981;森田, 1980;渡辺ら, 1984). 柔道の減量法として, 主に水分摂取制限による脱水が行われている(奈良, 2006;小野, 1976;小野, 1975). 脱水には, 水分発汗や水分摂取の低下により, 体内からナトリウムよりも水分が多く失われ体液が濃くなっている状態の高張性脱水と, 水分とナトリウムがともに失われる等張性脱水, 水分よりナトリウムが多く失われる低張性脱水がある(菱田, 2003). アスリートの起こる脱水は, 主に激しい発汗や急激な水分消失によって起こる高張性脱水と考えられるが, これらの脱水は身体機能とともにパフォーマンスにも大きく影響を与える事が懸念されている(Stearns et al.,2009;Wingo et al.,2012).

コンディション評価方法の一つとして, 分泌型免疫グロブリン A (secretory immunoglobulin A: SIgA)が用いられている. SIgA は涙や唾液, 尿, 乳汁中に分泌され, 外界から侵入する微生物などに対して特異的に結合することでさまざまなウイルスや毒素を中和し, 病原微生物の接着と増殖を防ぐ. また SIgA の分泌量が低下すると, 上気道感染症の罹患リスクが高まると考えられている(Lamm, 1995;Mazanec, 1993). 口腔内免疫能と運動に関する研究は多く報告されており, そのほとんどが唾液 SIgA に関するものである(Fahlman et al.,2005;Gleeson et al.,1999;Neville et al.,2008).

脱水により心理状態を低下させることや(Maughan et al.,1997), 体重 1%以上の脱水で心理状態に影響が見られるなど(Grandjean and Grandjean, 2007), 脱水は心理状態に悪影響を与えることが報告されている. 急激な体重減少はパフォーマンスの低下だけでなく, 不安感の増大や消極的行動などの心理的側面に影響を及ぼすことがわかっている(Choma et al.,1998). スポーツ選手の心理状態の判定には, McNair ら(1971)によって開発された自記式心理評価尺度である Profile of Mood States(POMS)が有

用である。POMS を用いて調べたところ、心理状態の変化とトレーニング量には関連性があることが明らかになっている (Raglin, 1993; Raglin et al., 1991)。過剰なトレーニングにより「活気」は減少し、「緊張」「抑うつ」「怒り」「疲労」「混乱」は増加した心理状態の悪化を示す「逆氷山型」のパターンになると報告している (Morgan, 1987)。

柔道やレスリングなどの体重階級制スポーツでは、急速減量を行う選手たちが多いことから頻繁に脱水症状が起きている可能性が高く、コンディションを崩しやすい状態にあると考えられる。アスリートの急速減量による脱水とコンディションの悪化を予防するには、唾液中脱水指標を用いて脱水状態が起きているかをモニタリングし、症状の早期発見・早期対応を行うことが重要である。スポーツの現場において、簡易的かつ客観的に脱水状態を評価する指標を確立させることは、アスリートのコンディション維持に重要であると考えられる。さらに唾液 SIgA や POMS などを用いて口腔内免疫能や心理状態を把握することで、アスリートのコンディション評価を多角的に検討することが可能である。

1-2. 文献研究

1-2-1. 減量について

体重階級制スポーツである柔道は、階級以下の体重で計量を通過するために減量を行っている。柔道選手が最高のパフォーマンスを発揮するためには、大会に向けての減量を行いながらコンディションを最適化することが求められる(長谷川ら, 1979; Horswill et al., 1990; 小俣ら, 1994; 中村ら, 1984; 野瀬ら, 1978; 竹内, 1979)。大会に向けた減量は、計画的かつ長期的に体重を減らすことが理想とされているが、実際には多くの柔道選手がいわゆる短期間の減量(急速減量)を行っている(Smith and Stanitski, 1986)。急速減量は、脱水と極端な摂食・飲水制限を併用して行われている。減量による身体への影響としては、筋力や瞬発力パワー、心血管系機能、持久力、酸素摂取能力の低下、体温調節系の障害、免疫機能の低下などが報告されている(McMurray et al., 1991; Michael and Edward, 2008; Oppliger et al., 1996; Perriello et al., 1995; Robert et al., 1996; Roemmich and Sinning, 1997)。これらの現状を踏まえ、急速減量がパフォーマンスへ及ぼす影響が大きくなることを懸念して、元全日本柔道専属栄養士であった奈良は「柔道選手の減量幅は規定階級の 5%以内に留める事」を推奨している(奈良, 2006)。相澤ら(2007)が、体重階級制競技であるレスリングと柔道を対象に減量評価を行った報告によると、両競技者ともに食事制限、飲水制限、サウナスーツを併用する急速減量を行っており、コンディションを崩した経験のある者はレスリング 57%、柔道 43%であると報告している。急速減量による脱水状態は、コンディションの悪化や摂食障害など生じる危険性を報告している(Steen and Brownell, 1990)。

1-2-2. 減量と心理状態

減量による影響では、「疲労」と TMD (Total mood Disturbance) の項目が有意に増加したと報告されている (Helms et al., 2015). 柔道選手を対象とした先行研究では、合宿前と比べて合宿後に「疲労」が増加し、「活気」は減少した報告や (松坂ら, 2005), 大会に向けた減量を行うことによって情緒不安定や倦怠感の増大, 気力低下など心理状態の悪化を引き起こすことが報告されている (Horswill et al., 1990; 小嶋ら, 2000; 津谷ら, 2003). 急速減量は, 心理状態にも影響を及ぼすことが報告されている. 同じ体重階級制スポーツのボクシングでは, パフォーマンスの低い選手は POMS の「活気」が低いことが報告されている (山本, 1989). 筆者は, 減量を有する柔道の日本代表選手と大学選手の大会に向けた心理状態の変化を POMS で評価し, 減量が心理状態に及ぼす影響を調査した. その結果, 大学選手は減量幅が規定階級の 5%以上を越える減量を行っていたが, 日本代表選手は 5%以内に留めた減量を行っていた. また大学選手の中には, 心理状態の悪化を示す「逆氷山型」の結果になった選手がいたが, 日本代表選手には「逆氷山型」は一人もいなかった. 大学選手は日本代表選手と比べ減量幅が大きいことから, 心理状態の悪化を生じた可能性が考えられた. 大学選手では大会前日において「活気」が低下し, 「疲労」が増大していた. 日本代表選手は大学選手と比べ, 「疲労」は少なかった. 従って, 減量幅が 5%以上を越えると柔道選手の心理状態を悪化させ, コンディションに悪影響を及ぼす可能性が示唆された (平岡ら, 2018). また, レスリングの全日本トップ選手を対象に, 短期間での急速減量の影響を POMS と唾液 SIgA を用いて調べた先行研究では, 急速減量は唾液 SIgA レベルの低下と心理状態の悪化を引き起こした事を報告している (清水ら, 2007).

1-2-3. 脱水について

脱水は、細胞外液の Na 濃度 (Cl 濃度) の変動に伴い細胞内から細胞外へ水分の移動による調節が行われ、水分と食塩の喪失によって起こる症状である。脱水により心拍リズムと核心温が上昇し身体能力が低くなることや、水分消失が体重の 2%に相当すると有酸素性能が 20%減少し、長時間の運動に耐えられないことが報告されている (Armstrong et al.,1985;Nielsen, 1984)。脱水は、体液量の減少により血漿量が減少し、動脈圧の減少をまねき、筋と皮膚の血流量を減少させ、心拍数を増加させる。心拍リズムの変化は血液量の減少、脱水のレベルに依存する (Sawka et al.,1984)。自転車競技者が 1.8%の脱水をした場合と脱水していない状態と比較して、最大酸素摂取量 90%の負荷で運動を行うと疲労困憊に至るまでの時間が 32.8%短くなった (Walsh et al.,1994)。無酸素代謝系 (ATP-ホスホクレアチン系や解糖系) に由来する ATP を利用している運動では、脱水している状態でもパフォーマンスは特には変わらないことから、比較的短時間で無酸素性の代謝が要求される運動に関しては脱水の影響はそれほど深刻ではないとの報告がある (Backx et al.,2000)。減量によるアスリートのコンディションへの影響を調べるために、様々な指標をモニタリングすることは重要である。短期間での体重減少及び急速減量は、脱水症状が生じていると考えられる (Remick et al., 1998)。アスリートの脱水状態を把握するには、スポーツ現場で使用でき、簡便に測定する方法が求められる。脱水の診断には、血清浸透圧や尿中の比重などが用いられている (Cheuvront et al.,2010)。血清浸透圧を調べるためには採血が必要であり、感染リスクの問題や採取に有資格者が必要なことから、スポーツ現場での実用は難しい。尿は、自己採取を行うことは可能だが、脱水指標 (尿比重) としての信頼性や採取する際の衛生面に問題がある。一方で、唾液は自己採取することが可能であり、感染リスク

も小さい。また唾液の採取には侵襲性もなく、反復して実施することが可能であることから、スポーツ現場でも実用されている。実際に唾液は、アスリートのコンディション評価として用いられている(秋本ら, 1998; Hanaoka et al., 2016; 清水, 2011; 清水ら, 2007)。唾液中における脱水指標としては唾液量, 唾液タンパク濃度, 唾液浸透圧があげられるが, アスリートを対象として唾液中脱水指標を用いて脱水状態を評価した研究はない。

1-2-4. 唾液について

唾液分泌は自律神経である交感神経と副交感神経の二重支配の影響を受けて調節されており, 唾液腺の自律神経支配は拮抗支配ではなく, いずれも唾液分泌が促進されることが報告されている(Bishop and Gleeson, 2009)。唾液中のタンパクは, 主に交感神経終末から放出されるノルアドレナリンより β 受容体と結合すると, Gタンパク質を介してcAMPの濃度が上昇する。cAMPはcAMP依存性プロテインキナーゼ(PKA, Aキナーゼ)を活性化し, PKAは唾液腺細胞で多くのタンパク質をリン酸化する。これらの情報伝達機構を経て, タンパク質の分泌が引き起こされる(杉谷, 2011)。唾液量は, 体重の3%以上減少し, 脱水が生じると低下した(Fortes et al., 2012)。また唾液タンパク濃度は, 中等度負荷のペダリング運動によって脱水が生じることで増加した(Walsh et al., 2004)。唾液浸透圧は, 脱水時に上昇した(Smith et al., 2012; Taylor et al., 2012)。従って, 唾液中の成分が運動による脱水状態の指標になりうる可能性が考えられる(Oliver et al., 2008)。

1-2-5. 唾液 SIgA と URTI

SIgA分泌は, 一過性高強度運動によって低下することが知られている(秋本ら, 1998)。Nevilleら(2008)は, ヨット競技選手を対象とし, トレーニング期間中に SIgA

分泌低下とともに上気道感染症が確認されたことを報告している。また, Yamauchi ら (2011)によると, 大学ラグビー選手における強化合宿期間中に SIgA 分泌が低下し, 上気道感染症が増加した。清水ら(2007)は, 体重階級制種目における急速減量(短期間で行う減量)によって SIgA レベルが低下していることを示している。これらのことから, 高強度運動の反復や急速減量によって安静時の SIgA 分泌が低下し, 上気道感染症の罹患リスクが高まることで, 選手のコンディション低下が懸念される。唾液 SIgA は口腔内免疫の指標とされている。唾液 SIgA レベルが低下すると URTI の罹患リスクが高まり発症することが報告されている (Gleeson et al.,1999; Neville et al.,2008)。したがって, 唾液 SIgA の変動を経過観察することにより URTI の発症を予測できる可能性が考えられる。

1-3. 本研究の目的

本研究では、柔道選手の減量による脱水状態について唾液中脱水指標を用いて調査し、減量に伴う脱水状態を評価するのに有用な唾液指標を検討し、また脱水による口腔内免疫能及び心理状態を調べてコンディション評価を行うことを目的とした。これを達成するために以下の課題を設けた。

1. 柔道選手と健常人男性を対象に唾液中脱水指標と血清浸透圧の関係を調査する。
2. 柔道選手の運動と減量における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態について調査する。

これらの研究課題を明らかにすることで、唾液中脱水指標を用いて柔道選手の運動と摂食・飲水制限による減量時の脱水状態を簡易的かつ客観的に把握し、スポーツ現場におけるより安全で効果的なコンディション評価を行うための知見が提供できるものとする。

第2章 本研究の課題

本博士論文は、(1) 健常人男性と柔道選手を対象とした唾液中脱水指標と血清浸透圧の関係、(2) 柔道選手の競技現場における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態の変動の2つの研究課題から構成されている。

研究課題1: 大学柔道選手と健常成人男性を対象とした唾液中脱水指標と血清浸透圧の関係

大学柔道選手を対象に、オフ期間中における唾液中脱水指標と血清浸透圧との関連性を調査した(実験1)。

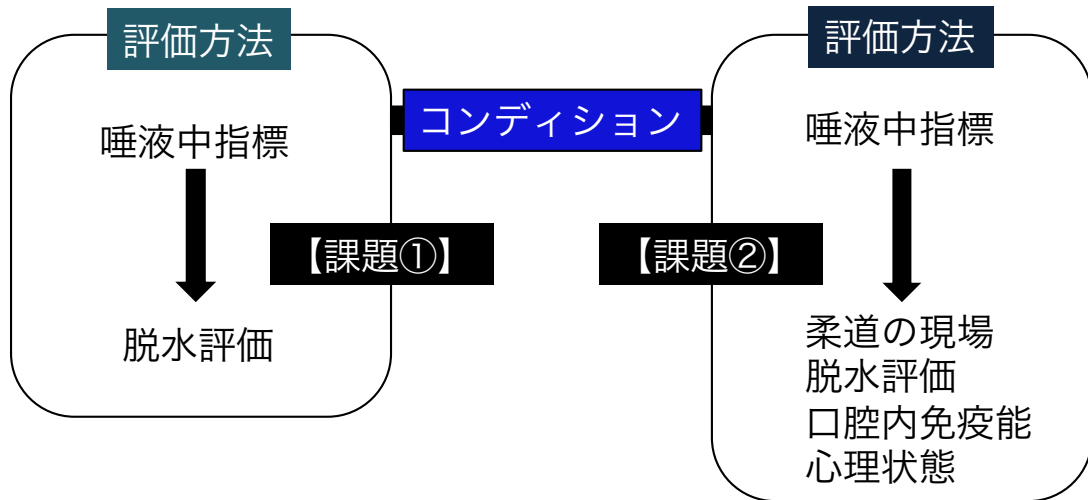
健常成人男性を対象に、一過性の体重減少による唾液中脱水指標と血清浸透圧の関連性を調査した(実験2)。

研究課題2: 大学柔道選手の競技現場における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態の変動

大学柔道選手を対象に、合宿期間中における体重減少が脱水と免疫能、心理状態に及ぼす影響を調査した(実験3)。

大学柔道選手を対象に、大会に向けた減量が脱水と免疫能、心理状態に及ぼす影響を調査した(実験4)。

表2-1 本研究の全体像



【課題①】

大学柔道選手と健常人男性を対象とした唾液中脱水指標と血清浸透圧の関係

【課題②】

大学柔道選手の競技現場における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態の変動

第3章 大学柔道選手と健常成人男性を対象とした唾液中脱水指標と血清浸透圧の関連

3-1. 大学柔道選手を対象としたオフ期間中における唾液中脱水指標と血清浸透圧との関連(実験1).

3-1-1. 緒言

アスリートは運動中、上昇した体温を調節するために発汗を行うが、体水分量が減り続けると脱水状態となり、選手のパフォーマンスやコンディションを低下させる恐れがある(Backx et al., 2000; Bigard et al., 2001; Walsh et al., 1994). スポーツ現場において、アスリートの脱水状態を簡便に評価することは重要である.

脱水状態を評価する方法として、血液や尿、体重減少が用いられている(Armstrong et al., 2013). 血液は全身の状態を把握するのに有用であるが、採血には医師などの有資格者が必要であり、身体への侵襲性があるために負担を感じる選手が多い. また、採尿は身体への侵襲性はないものの頻繁に行うことはできず、スポーツ現場において適した方法とは言い難い. 唾液は非侵襲的で自己採取も可能であり、感染のリスクも少なく、繰り返し採取する事が可能であり、スポーツ現場で用いるのに適している. 唾液に含まれる脱水指標として唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧があり、これらの指標は脱水状態の評価に有用であると報告されている(Fortes et al., 2015; Fortes et al., 2012).

これまで、スポーツ現場において唾液を用いた脱水状態の評価を行う方法は確立されていない. 本研究では、オフ期間中の大学柔道選手を対象に唾液中脱水指標で

ある唾液量, 唾液タンパク濃度, 唾液浸透圧と血液中の脱水指標である血清浸透圧との関連を検討することを目的とした.

3-1-2. 方法

3-1-2-1. 対象

T 大学に所属する柔道選手 40 名 (男性 27 名, 女性 13 名) を対象とした. 運動による影響を受けないよう考慮して, 1 週間の休養後に測定を行った (表 3-1-1). なお, 減量中の選手は含まれていない. 全ての対象者には事前に実験の主旨や手順を説明し, 実験に関しての同意を得た. 本研究は「筑波大学体育系研究倫理委員会」の承認 (体 27-41) を得て実施した.

表3-1-1 大学柔道選手の身体プロフィール

項目	N=40		
身長 (cm)	168.8	±	1.5
年齢 (歳)	20.1	±	0.1
体重 (kg)	78.5	±	3.5
BMI (kg/m ²)	27.3	±	0.9
体脂肪 (%)	21.8	±	1.5
筋肉量 (kg)	56.9	±	1.9
体水分率 (%)	56.5	±	1.0

平均値 ± 標準誤差

3-1-2-2. 実験手順

測定は、1 週間の休養後の翌朝に実施した。オフ期間中、対象者は脱水にかかわる活動を避けてもらった。なお、食事や水分摂取は制限せずに各自に任せたが、測定日の前日 21 時から飲水以外の飲食を控えるように指示した。

3-1-2-3. 測定項目

3-1-2-3-1. 身体組成

身長、体重、体脂肪率、筋肉量、体水分量を測定した。体脂肪率、筋肉量および体水分量の測定には、多周波インピーダンス機器(体組成計 インナースキャン 50V BC-622: タニタ社)を用いて測定し、そこから Body Mass Index (kg/m^2)を算出した。

3-1-2-3-2. 唾液採取及び解析方法

毎朝 7 時～7 時 30 分の間に唾液採取を実施した。座位姿勢の状態、1 回あたり 30ml のミネラルウォーターで 30 秒間、計 3 回口腔内を十分にすすいだ。5 分間の座位安静後、滅菌綿(SALIVETTE: SARSTEDT 社)を含み、1 秒間に 1 回の頻度で計 60 回咀嚼させて唾液を採取した。

3-1-2-3-2-1. 唾液量

1 分間に分泌された唾液の重量(g)を計測した。唾液の比重は 1.0 g/ml とし、唾液の重量(g)と比重(1.0g/ml)の積を 1 分間あたりの唾液量(ml/min)として算出した。

3-1-2-3-2-2. 唾液タンパク濃度

唾液タンパク濃度の定量には、測定キットの Pierce 660nm Protein Assay Kit (Thermo SCIENTIFIC 社)を用いた。

3-1-2-3-2-3. 唾液浸透圧

唾液浸透圧は、微量自動浸透圧計 3200(アドバンスドインストルメンツ社)を用いて

氷点降下法によって測定した。

3-1-2-3-3. 血液採取

朝 7 時～7 時 30 分の早朝空腹時に肘前静脈より採血を行い、血清浸透圧を測定した。

3-1-2-3-4. 統計

身体組成値は、平均値±標準誤差で示した。唾液中の指標と血液中の指標との関連を調べるために、ピアソン及びスピアマンの統計処理を用い、それぞれの相関係数を求めた。なお、有意水準は 5%未満とした。すべての統計処理には、SPSS Statistics 25.0 for MacOS X (SPSS 社製)を用い、有意水準は 5%未満とした。

3-1-3. 結果

3-1-3-1. 唾液中脱水指標と血清浸透圧の相関

大学柔道選手 40 名の唾液量は 0.5 ± 0.07 ml/min, 唾液タンパク濃度は 397.6 ± 31.6 , 唾液浸透圧は 83.5 ± 2.5 , 血清浸透圧は 286.5 ± 0.5 であった。

唾液量と血清浸透圧の間には、相関関係はみられなかった ($r = 0.175$, $p = 0.27$; 図 3-1-1)。また、唾液タンパク濃度と血清浸透圧においても相関関係はみられなかった ($r = 0.03$, $p = 0.84$; 図 3-1-2)。唾液浸透圧と血清浸透圧においては、有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.432$, $p = 0.005$; 図 3-1-3)。

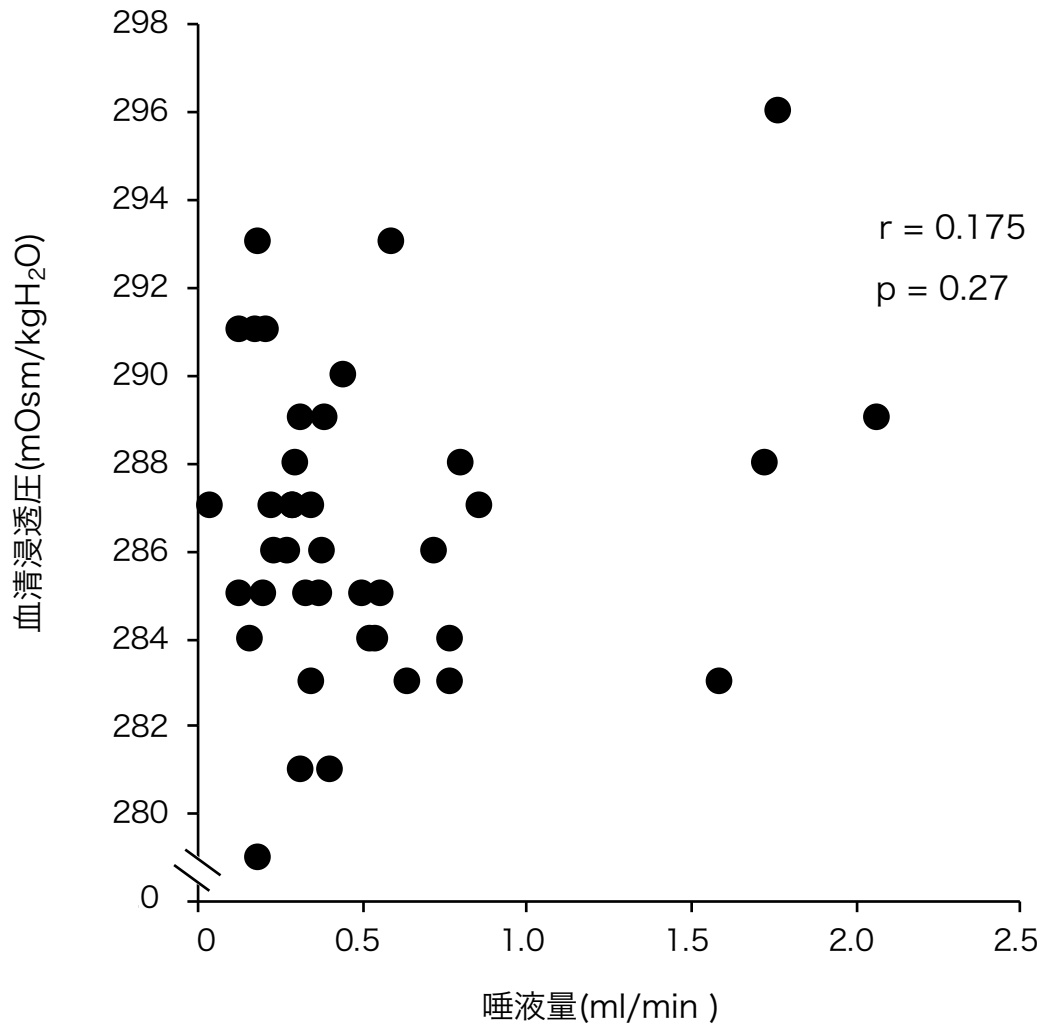


図3-1-1 唾液量と血清浸透圧との関連性(N=40)

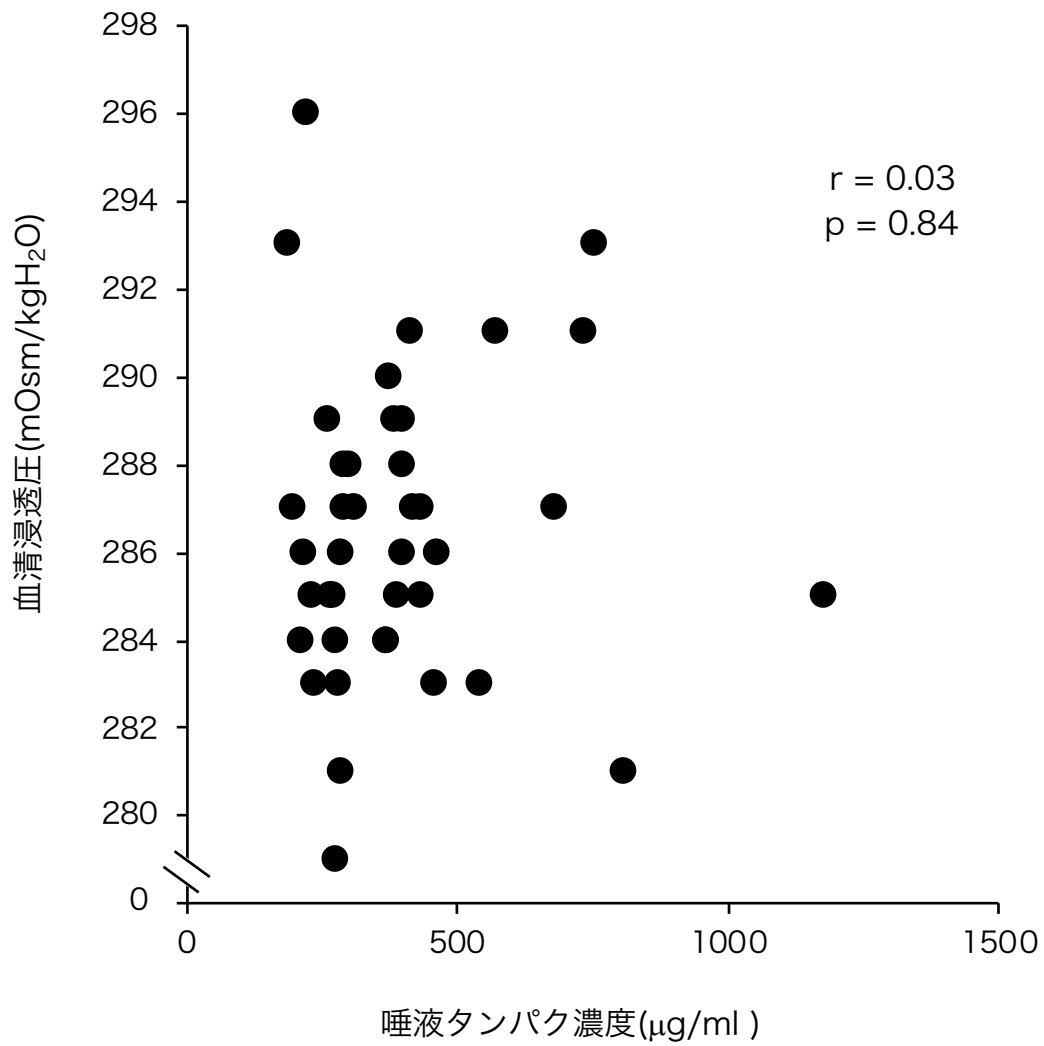


図3-1-2 唾液タンパク濃度と血清浸透圧との関連性 (N=40)

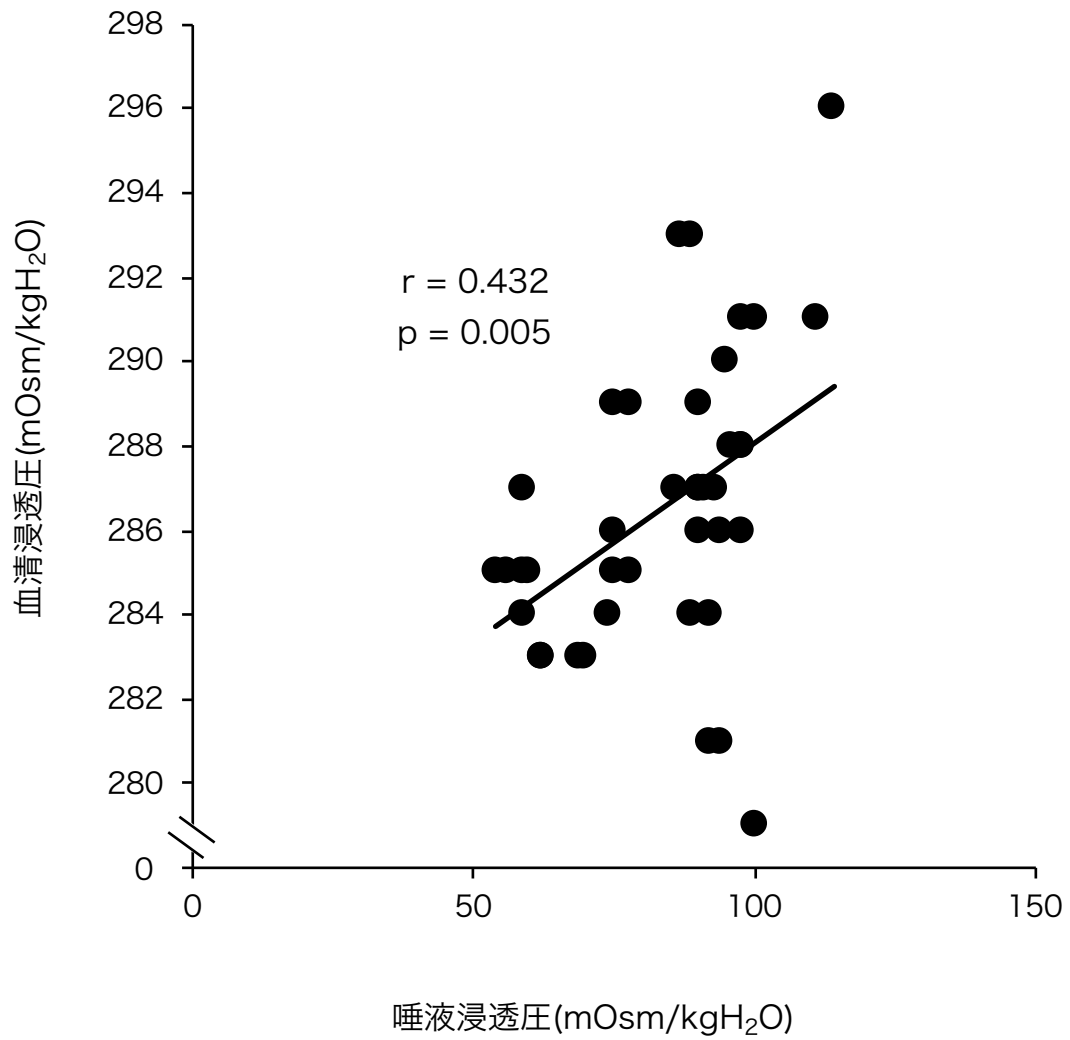


図3-1-3 唾液浸透圧と血清浸透圧との関連性 (N=40)

3-1-4. 考察

本研究では、オフ期間中における大学柔道選手を対象に、唾液中脱水指標である唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧と血清浸透圧との関連性を調べた。その結果、唾液量と唾液タンパク濃度は血清浸透圧との相関はなく、唾液浸透圧においてのみ有意な正の相関関係が認められた。

唾液の分泌は交感神経と副交感神経の二重支配を受け、咀嚼による刺激によっても分泌される。唾液中のタンパクは、交感神経から分泌されたノルアドレナリンが刺激となって、cAMP 依存性プロテインキナーゼ (PKA, A キナーゼ) の活性化により、タンパク質の分泌が起こる(杉谷, 2011)。

先行研究において、唾液浸透圧は脱水の指標になり得る可能性が報告されている (Fortes et al., 2015; Fortes et al., 2012)。Munoz ら(2013)は、食事制限や水分制限、一過性運動により生じた脱水状態を唾液や血液、尿を用いて調査した結果、唾液浸透圧と血液浸透圧が最も高感度で正確に脱水状態を表す指標であると報告している。今回の結果より、唾液量や唾液タンパク濃度と比べ、唾液浸透圧の方が高感度に脱水状態を示したのではないかと考えられる。唾液脱水指標のうち、唾液浸透圧は脱水状態を評価する指標として有用である可能性が示唆された。

男女における唾液浸透圧を比較した結果、男性 82.5 ± 0.07 、女性: $85.5 \pm 4.2 \text{mOsm/kgH}_2\text{O}$ であり、有意差はみられなかった。今回、唾液浸透圧における性差は認められなかったが、今後は女性の月経周期を考慮した検討も必要である。

今回は、柔道選手のオフ期間中に測定しているので、運動や試合に向けた精神的ストレスはほとんど影響がない状態であった。次に、意図的に発汗を促して脱水による体重減少を生じさせ、唾液中脱水指標において脱水状態を反映しやすい指標を調べ

る必要がある.

3-1-5. 結論

本研究では大学柔道選手を対象に, オフ期間中における唾液中脱水指標である唾液量, 唾液タンパク濃度, 唾液浸透圧と血清浸透圧との関連性を検討した. その結果, 唾液浸透圧のみ血清浸透圧との間に正の相関関係が認められた.

3-2. 健常成人男性を対象とした体重減少における唾液中脱水指標と血清浸透圧との関連(実験 2).

3-2-1. 緒言

実験 1 において、オフ期間中における大学柔道選手を対象に唾液中脱水指標の一つである唾液浸透圧と血清浸透圧に相関関係が示された。脱水は、熱中症のリスクを高めるだけでなく、競技パフォーマンスの低下や疲労回復の遅延を引き起こし、コンディションに悪影響を及ぼす (Bigard et al., 2001)。従って、スポーツ現場において選手の脱水状態を把握することは重要である。脱水は、短期間で体重を減少させるための効果的な手法であることから、柔道やレスリング、ボクシングなどの体重階級制スポーツではサウナ浴によって脱水を引き起こし、体重を急速に減少させることが行われている。

そこで本研究では、健常成人男性を対象として、温熱施行のサウナ浴によって生じる一過性の体重減少が唾液中脱水指標である唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧と血液中の脱水指標である血清浸透圧に及ぼす影響と関連性を検討することを目的とした。

3-2-2. 方法

3-2-2-1. 対象

本研究では、大学に所属する健常成人男性 7 名を対象とした(表 3-2-1)。全ての対象者には事前に実験の主旨や手順を説明し、実験に関する同意を得た。「早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理委員会」(承認番号:2017-160)

表3-2-1 健康人男性の身体プロフィール

項目	N=7		
身長 (cm)	175.6	±	3.0
年齢 (歳)	23.9	±	0.9
体重 (kg)	72.9	±	4.7
BMI (kg/m ²)	24.4	±	1.3
体脂肪率 (%)	13.2	±	1.7
筋肉量 (kg)	30.8	±	1.9
体水分率 (%)	45	±	2.8

平均値±標準誤差

3-2-2-2. 実験手順

朝 7 時から 8 時の間に実験を施行した。サウナ浴の実施前(pre)に測定を行い、温熱試行によるサウナ浴 10 分と室温での安静 10 分を体重が 5%以下に減少するまで繰り返した。サウナ浴の終了後(post)に再び測定を行った。また、被験者には前日のアルコールとカフェインの摂取を控えるように指示し、21時以降からの飲食は水分摂取のみに制限した。

3-2-2-3. 測定項目

3-2-2-3-1. 身体組成

身長、体重、体脂肪率、筋肉量、体水分量を測定した。体脂肪率、筋肉量および体水分量の測定には、多周波インピーダンス機器(体組成計 インナースキャン 50V BC-622: タニタ社)を用いて pre と post の 2 回それぞれ測定し、Body Mass Index (kg/m²)を算出した。

3-2-2-3-2. 唾液採取及び解析方法

毎朝 7 時～7 時 30 分の間に唾液採取を実施した。座位姿勢の状態、1 回あたり 30ml のミネラルウォーターで 30 秒間、計 3 回口腔内を十分にすすいだ。5 分間の座位安静後、滅菌綿 (SALIVETTE: SARSTEDT 社) を含み、1 秒間に 1 回の頻度で計 60 回咀嚼させ、pre と post の 2 回実施した。

3-2-2-3-2-1. 唾液量

1 分間に分泌された唾液の重量 (g) を計測した。唾液の比重は 1.0 g/ml とし、唾液の重量 (g) と比重 (1.0g/ml) の積を 1 分間あたりの唾液量 (ml/min) として算出した。

3-2-2-3-2-2. 唾液タンパク濃度

唾液タンパク濃度の定量には、測定キットの Pierce 660nm Protein Assay Kit (Thermo SCIENTIFIC 社) を用いた。

3-2-2-3-2-3. 唾液浸透圧

唾液浸透圧は、微量自動浸透圧計 3200 (アドバンスドインストルメンツ社) を用いた氷点降下法によって測定した。

3-2-2-3-3. 血液採取

血液は pre と post の 2 回、肘前静脈より採取を行い、血清浸透圧を測定した。

3-2-2-3-4. 統計

身体組成値は、平均値±標準誤差で示した。サウナ浴前 (pre) と後 (post) の体重、唾液、血清浸透圧は 2 条件で対応のある t 検定を行った。ただし、正規分布していない項目における比較検討には、Wilcoxon 順位符号付き検定を用いた。唾液中の指標と血液中の指標との関連を調べるために、ピアソン及びスピアマンの統計処理を用い、それぞれの相関係数を求めた。すべての統計処理には、SPSS Statistics 25.0 for

MacOS X (SPSS 社製) を用い, 有意水準は 5%未満とした.

3-2-3. 結果

3-2-3-1. 体重の変動

健康人男性 7 名の体重変化率を示した (図 3-2-1). 体重変化率において pre に比べ, post では体重 2.3%の減少がみられ, 有意な低下を示した ($p < 0.05$).

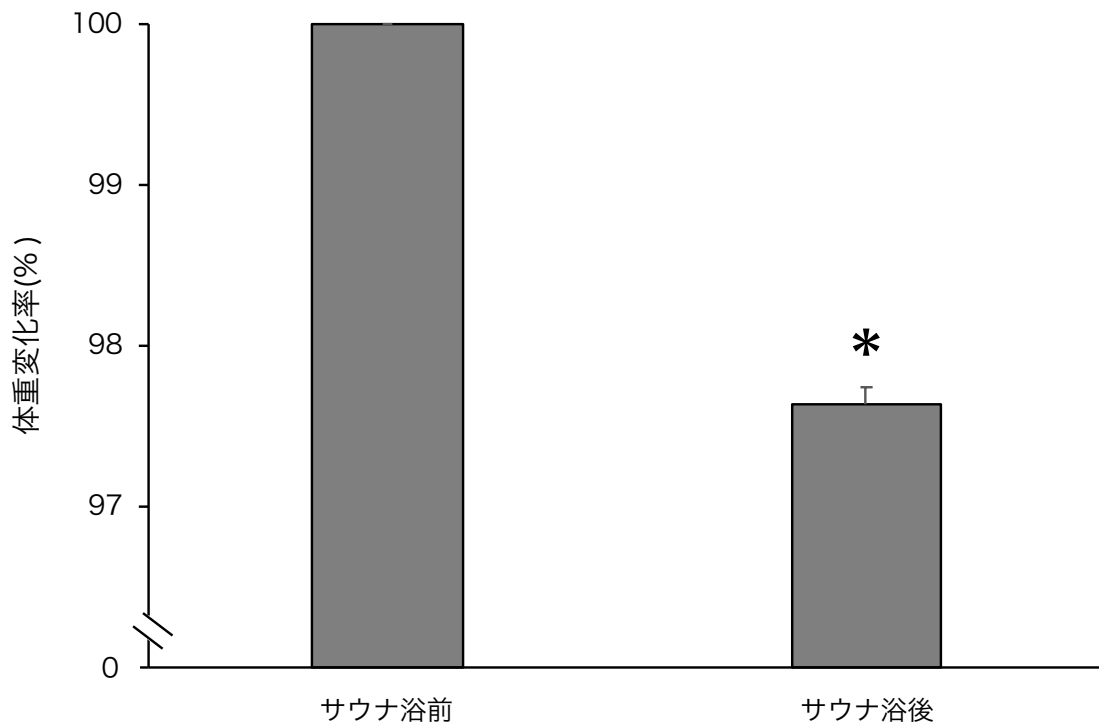


図3-2-1 体重変化率の変動 : *; $p < 0.05$ vs サウナ浴前

3-2-3-2. 唾液中脱水指標の変動

唾液中脱水指標である唾液量(図 3-2-2), 唾液タンパク濃度(図 3-2-3), 唾液浸透圧(図 3-2-4)の変動をそれぞれ示した. 唾液量は pre(0.8 ± 0.2), post(0.8 ± 0.3)であり, 有意な変動はみられなかった. 唾液タンパク濃度は pre(400 ± 52.4), post(656 ± 86.0)であり, preと比べてpostでは有意な増加を示した($p < 0.05$). 唾液浸透圧は pre(57.0 ± 4.3), post(71.4 ± 6.2)であり, preと比べてpostでは有意な増加を示した($p < 0.05$).

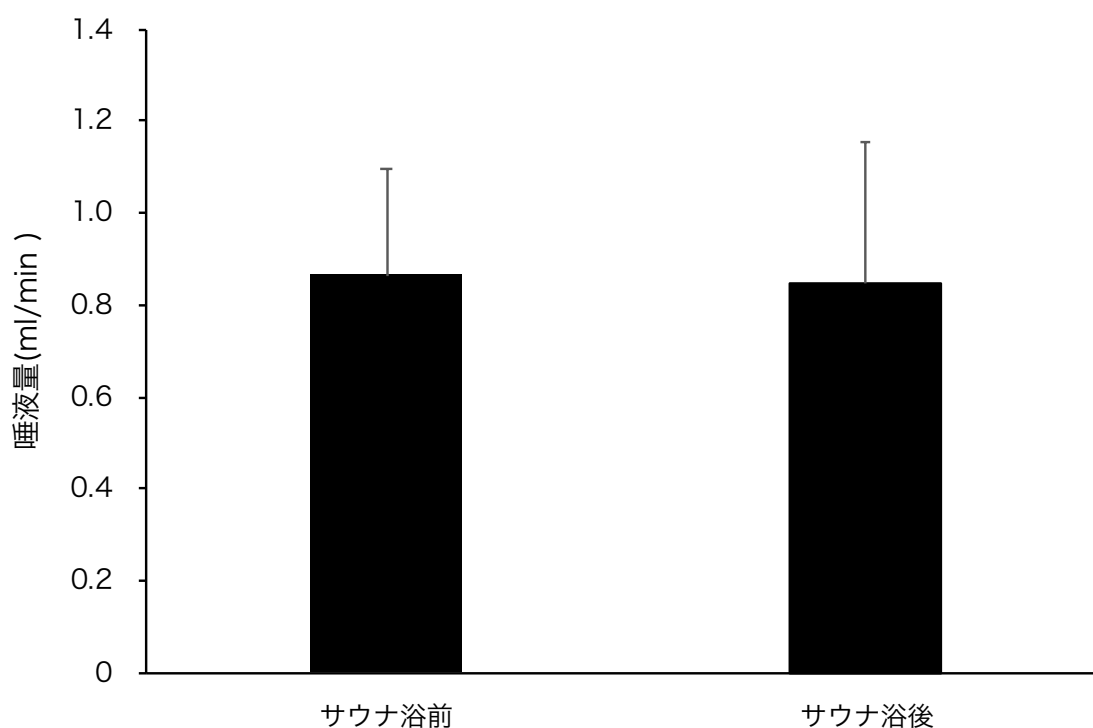


図3-2-2 唾液量の変動

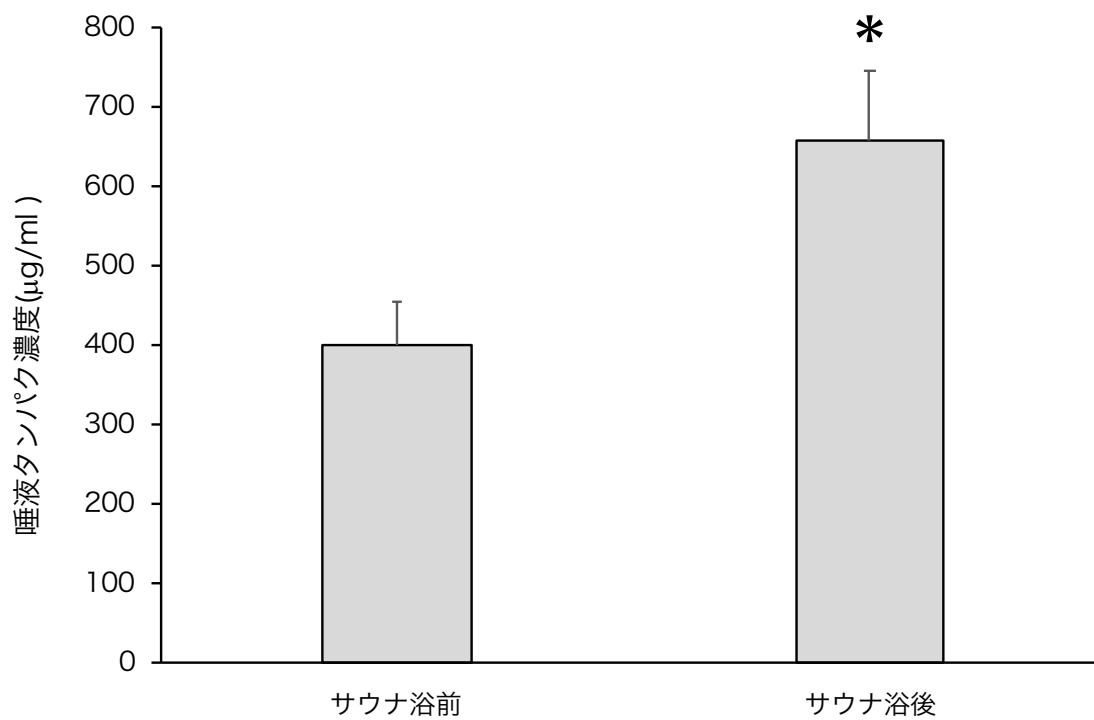


図3-2-3 唾液タンパク濃度の変動: *; $p < 0.05$ vs サウナ浴前

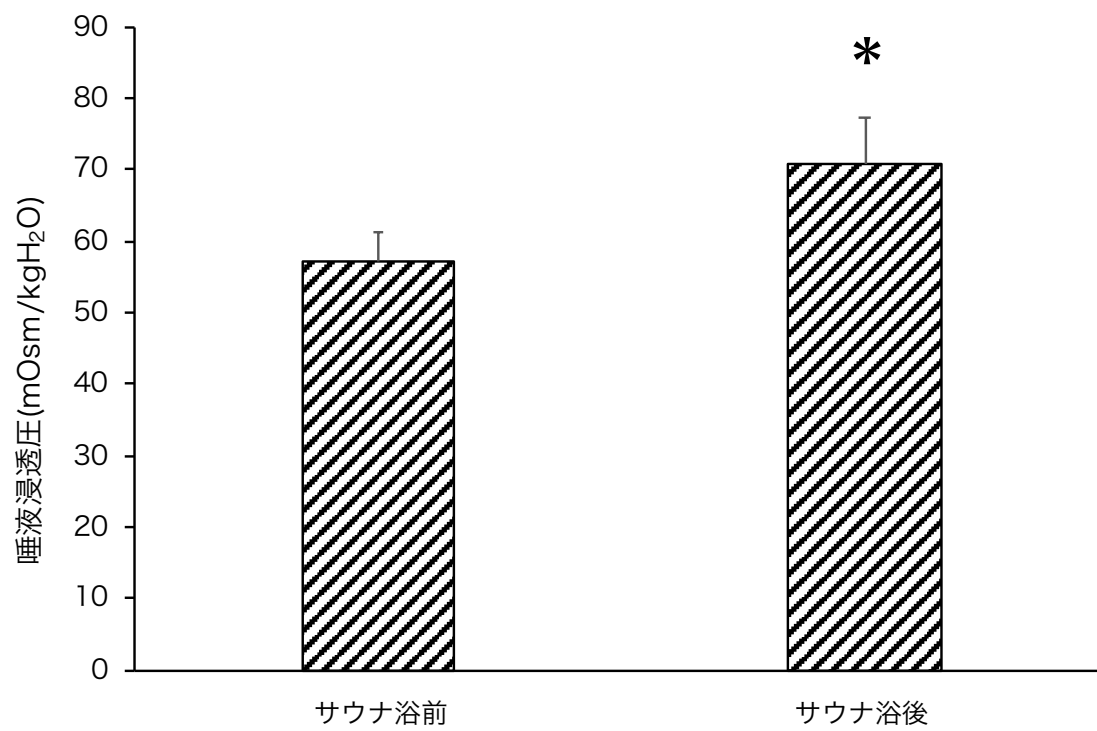


図3-2-4 唾液浸透圧の変動: *;p < 0.05 vs サウナ浴前

3-2-3-3. 血清浸透圧の変動

血清浸透圧の変動については図 3-2-5 に示した。血清浸透圧は pre (284.5 ± 0.9), post (288 ± 0.8) であり, pre と比べて post では有意な増加を示した ($p < 0.05$) .

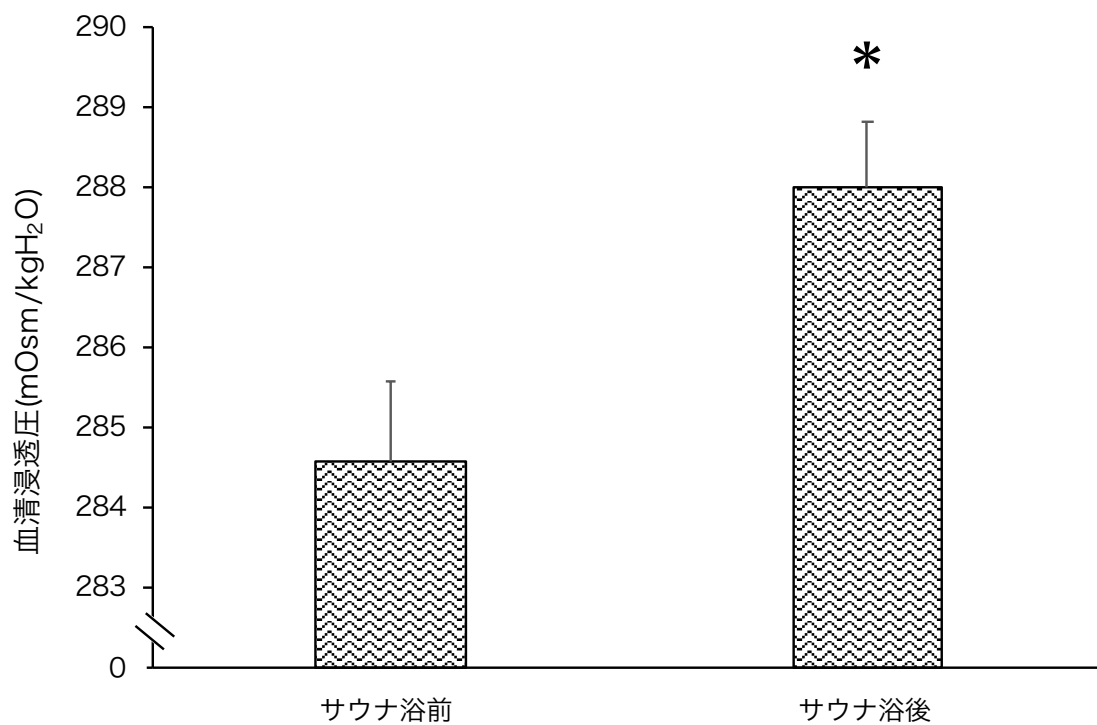


図3-2-5 血清浸透圧の変動: *; $p < 0.05$ vs サウナ浴前

3-2-3-4. 唾液中脱水指標と血清浸透圧の相関

唾液中脱水指標である唾液量, 唾液タンパク濃度, 唾液浸透圧と血清浸透圧との関連性を調べた. 唾液量と血清浸透圧との間には, 相関関係はみられなかった ($r = 0.319$, $p = 0.26$; 図 3-2-6). また, 唾液タンパク濃度と血清浸透圧の間にも相関関係はみられなかった ($r = -0.433$, $p = 0.11$; 図 3-2-7). 唾液浸透圧と血清浸透圧には, 有意な正の相関が認められた ($r = 0.533$, $p = 0.04$; 図 3-2-8).

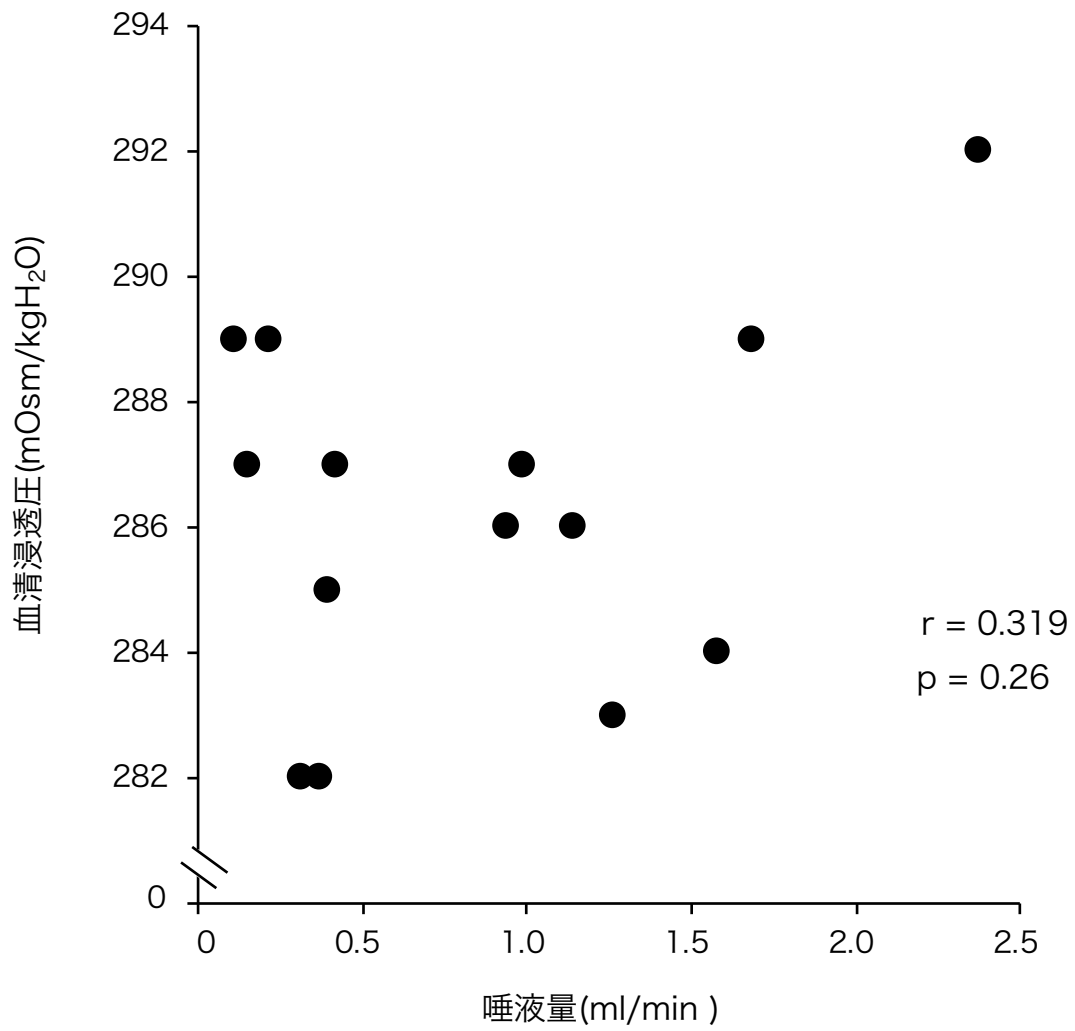


図3-2-6 唾液量と血清浸透圧との関連性

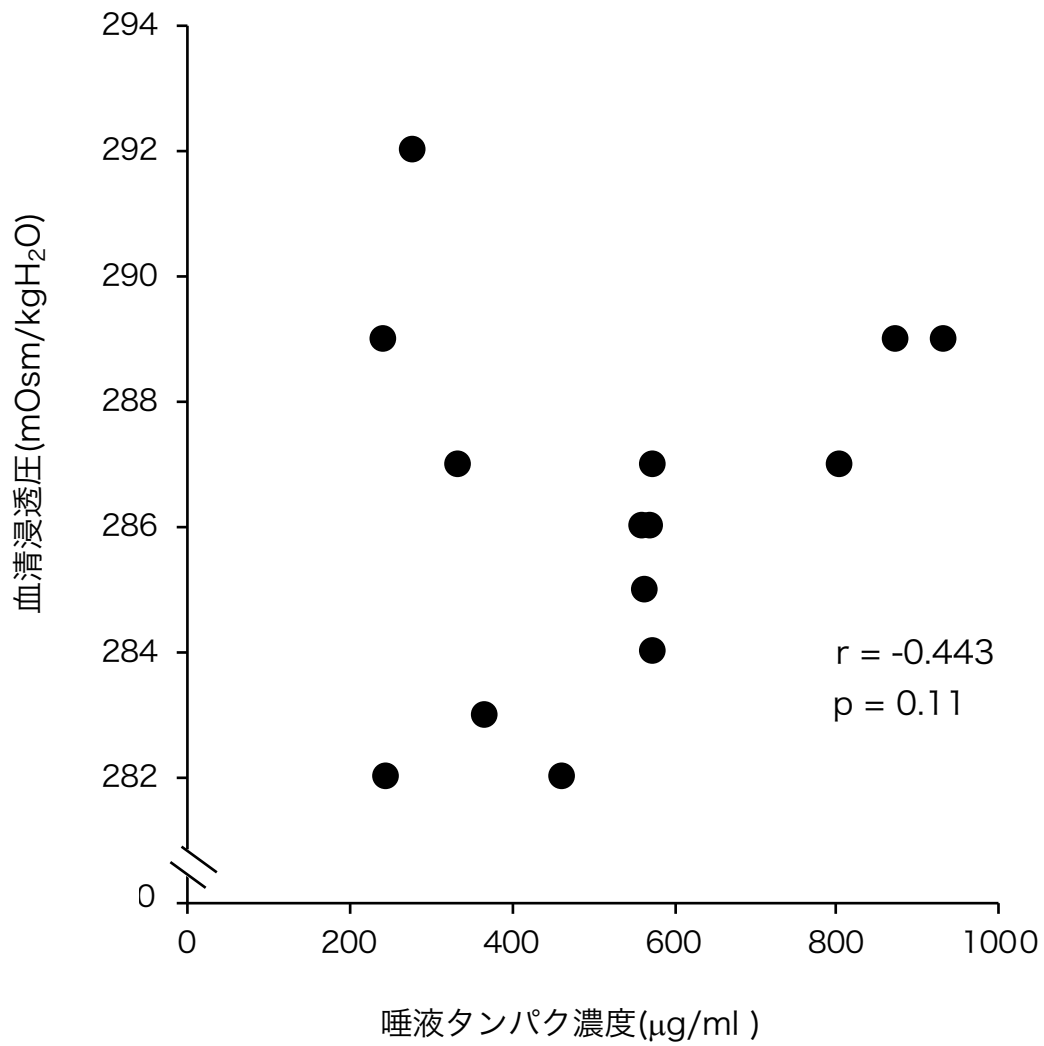


図3-2-7 唾液タンパク濃度と血清浸透圧との関連性

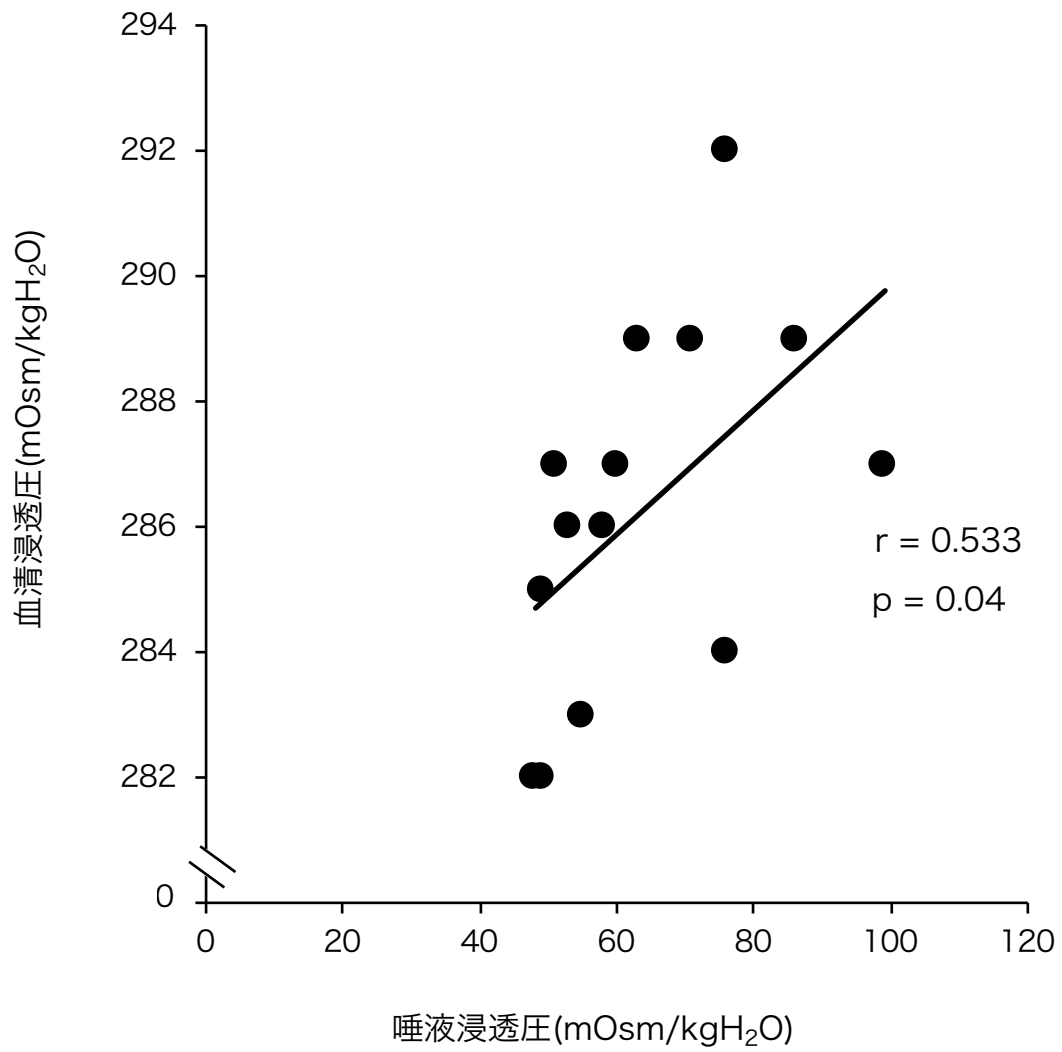


図3-2-8 唾液浸透圧と血清浸透圧との関連性

3-2-4. 考察

本研究では、健常成人男性を対象に、温熱試行のサウナ浴による一過性の体重減少が唾液中脱水指標と血清浸透圧に与える影響と関連性を調べた。その結果、一過性のサウナ浴において体重は 2.3%減少し、唾液タンパク濃度の増加、唾液浸透圧、血清浸透圧はそれぞれ上昇を示した。被験者は飲食をせずにサウナ浴を行ったので、体重 2.3%の減少は発汗による脱水が原因であると考えられる。

唾液量は、有意な変化は認められなかったことから、脱水による体重 2%の減少は唾液量にほとんど影響を及ぼさない可能性が考えられる。温熱施行のサウナ浴は、短時間での水分消失によって起こる高張性脱水を生じたと推察される。Forte (2015)らが行った研究では、一般人を対象に脱水したグループと脱水していないグループに分けて、唾液、血液、尿等を用いて脱水状態を評価した結果、唾液浸透圧が頻脈、尿比重、唾液量と比較し、高張性脱水、等張性脱水共に適度な感度を示したことが報告されている。本研究では、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧ともに変化が確認されたが、脱水状態を評価する血清浸透圧との間に有意な正の相関がみられたのは唾液浸透圧のみであった。従って、サウナ浴による体重減少を生じた要因である脱水を反映する指標として、唾液浸透圧が有用である可能性が示唆された。

運動による発汗も脱水を引き起こすことから、日頃から激しいトレーニングを行っているアスリートは、十分な水分補給を行わないと脱水状態となる危険性がある。運動に伴う脱水状態を、唾液浸透圧を用いて把握することが出来るかを検討する必要がある。

3-2-5. 結論

健常成人男性を対象に、サウナ浴による一過性の体重減少が唾液中脱水指標である唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧と血清浸透圧に及ぼす影響を調べた。その結果、脱水により体重 2.3%の減少と唾液タンパク濃度の増加、唾液浸透圧の上昇がみられ、また唾液浸透圧と血清浸透圧との間に正の相関関係が認められた。

第4章 大学柔道選手の競技現場における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態の変動

4-1. 大学柔道選手を対象とした合宿期間中における脱水と免疫能及び心理状態の変動(実験3)

4-1-1. 緒言

柔道選手は、夏場の暑い環境下で練習や大会が行われる事が多い。暑熱環境におけるトレーニングによって起こる発汗は、パフォーマンスを低下させる(Thomas et al.,2016)。適切な水分補給を行わなければ、熱中症の危険性も高まる(川原, 2013)。発汗や水分摂取不足によって起こる脱水は、深部体温を上昇させ、パフォーマンス低下と熱中症発生のリスクを高める(Barr, 1999)。体重 2%以上の脱水が起こると、持久力や瞬発力に明らかな低下がみられる(Cheuvront and Kenefick, 2014; Thomas et al.,2016)。

唾液を試料とした免疫物質である唾液分泌型免疫グロブリン A (SIgA) は、病原体が体内に侵入することを防ぐ初期防衛に関わっている抗ウイルス・抗菌タンパクである。先行研究において、一過性の高強度運動や高強度運動の繰り返しによって唾液 SIgA が低下することが報告されている(Hanaoka et al ., 2016; Neville et al., 2008)。また唾液 SIgA は口腔内免疫能を示し、コンディション評価の客観的な指標として用いられている(秋本ら, 1998; Mackinnon and Jenkins, 1993; 清水ら, 2007; Tharp and Barnes, 1990)。

脱水状態の進行は、疲労やパフォーマンスの低下を招くだけでなく、熱中症を引き

起こす危険性もある。運動時の水分摂取に関するガイドラインは、日本体育協会（現日本スポーツ協会）および全米スポーツ医学会（田口，2015；小出ら，2010）で示され、体重 2%以下の脱水を目安としている。実験 1 と 2 では、大学柔道選手のオフ期間と健常成人男性の唾液中脱水指標の検討を行い、唾液浸透圧が脱水指標として有用である可能性が示唆された。実験 3 では、夏場に行われる合宿期間中に起こる体重減少によって、唾液浸透圧、血清浸透圧、唾液 SIgA、POMS を用いて柔道選手の脱水状態とコンディションを検討することを目的とした。

4-1-2. 方法

4-1-2-1. 対象

T 大学に所属する柔道選手 14 名（男性 8 名，女性 6 名）を対象とし、合宿期間中に 5%以下の体重減少がみられた 7 名（男性 4 名，女性 3 名）を体重減少群とし、体重減少がみられなかった 7 名（男性 4 名，女性 3 名）をコントロール群とした（表 4-1-1）。先行研究より、運動時に 2%以上の体重減少がみられたものを脱水状態としている（田口，2015；小出ら，2010）。本研究では、2%以上で 5%以下の体重減少が生じた選手を体重減少群とした。なお、減量中の選手は含まれていない。全ての対象者には事前に実験の主旨や手順を説明し、実験に関しての同意を得た。本研究は「筑波大学体育系研究倫理委員会」の承認（体 27-41）を得て実施した。

表4-1-1 対象者の身体プロフィール

項目	コントロール群 (N=7)			体重減少群 (N=7)			
身長 (cm)	170.2	±	5.3	169.4	±	4.4	n.s
年齢 (歳)	20.1	±	0.5	20.9	±	0.3	n.s
体重 (kg)	82	±	11.7	85.5	±	10.1	n.s
BMI (kg/m ²)	28	±	2.9	29.3	±	2.7	n.s
体脂肪率 (%)	24.1	±	2.7	27.1	±	3.2	n.s
筋肉量 (kg)	58	±	6.8	57.6	±	5.1	n.s
体水分率 (%)	55.4	±	1.4	53.2	±	2	n.s

平均値 ± 標準誤差 n.s : 有意差なし

4-1-2-2. 実験手順

測定は、5日間の合宿期間中と合宿1日後の合計6回(7月27日から8月1日の6日間)実施した。トレーニングメニューとして、合宿1日目は柔道寝技実技練習と立技打込を行い、合宿2~4日目はさらにランニングを行った。合宿5日目はランニングのみ行った(図4-1-1)。なお、食事は合宿宿舎から提供され、水分摂取は制限せず自由飲水とした。合宿期間中の気温は、1日目平均気温22.9度、2日目平均気温21.0度、3日目平均気温21.3度、4日目平均気温21.6度、5日目平均気温22.5度、合宿後平均気温22.9度であった。

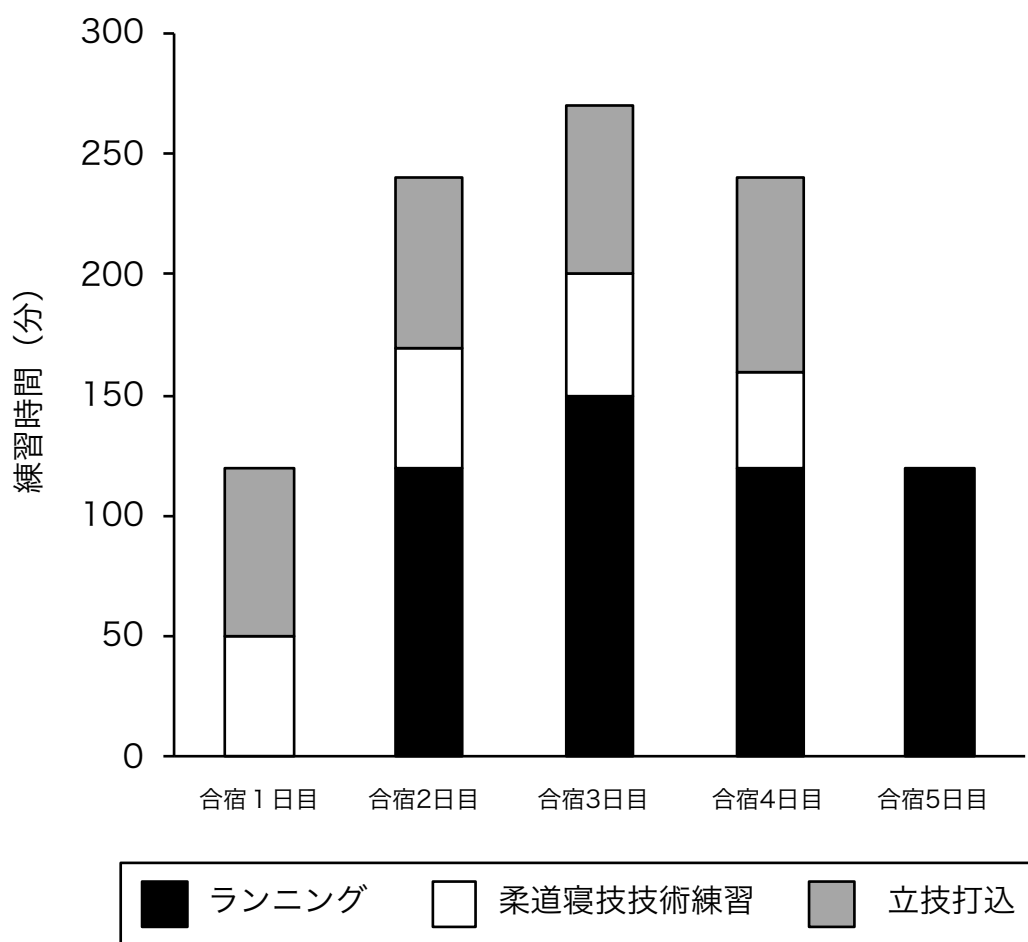


図4-1-1 合宿期間中のトレーニング内容と時間

4-1-2-3. 測定項目

4-1-2-3-1. 身体組成

身長, 体重, 体脂肪率, 筋肉量, を測定した. 体脂肪率, 筋肉量および体水分量の測定には, 多周波インピーダンス機器(体組成計 インナースキャン 50V BC-622: タニタ社)を用いて測定し, そこから Body Mass Index (kg/m^2)を算出した.

4-1-2-3-2. 唾液採取及び解析方法

毎朝 7 時~7 時 30 分の間に唾液採取を実施した. 座位姿勢の状態, 1 回あたり 30ml のミネラルウォーターで 30 秒間, 計 3 回口腔内を十分にすすいだ. 5 分間の座位安静後, 滅菌綿(SALIVETTE: SARSTEDT 社)を含み, 1 秒間に 1 回の頻度で計 60 回咀嚼させて唾液を採取した.

4-1-2-3-2-1. 唾液量

1 分間に分泌された唾液の重量(g)を計測した. 唾液の比重は 1.0 g/ml とし, 唾液の重量(g)と比重(1.0g/ml)の積を 1 分間あたりの唾液量(ml/min)として算出した.

4-1-2-3-2-2. 唾液タンパク濃度

唾液タンパク濃度の定量には, 測定キットの Pierce 660nm Protein Assay Kit (Thermo SCIENTIFIC 社)を用いた.

4-1-2-3-2-3. 唾液浸透圧

唾液浸透圧は, 微量自動浸透圧計 3200(アドバンスドインストルメンツ社)を用いて氷点降下法によって測定した.

4-1-2-3-2-4. 唾液 SIgA 濃度の定量

唾液 SIgA 濃度の定量には, Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)法を用いた. 96well マイクロプレート(IMMULON-2, Dynex Technologie 社)に 20mM coating

buffer (6mM,NaCO₃,14mM NaHCO₃ ; pH9.8) で 1000 倍に希釈した Anti-Human Secretary Component (DACO 社) を各 well に 100 μ l 加え, 4 $^{\circ}$ C で 8 時間以上静置して抗体を固相化した. 上清を除き, 1%BSA/PBS を 250 μ l ずつ加え, 常温にて 2 時間ブロッキングを行った. 凍結保存した唾液は, 融解した後に 10000 rpm で 1 分間遠心し, 上清を 1% BSA/PBS によって 51 倍希釈した. 標準物質としてヒト SIgA (ICN Pharmaceuticals 社) を 6 段階の濃度に希釈した. ブロッキング終了後, 51 倍希釈した唾液サンプルを各 well ずつ加え, ダイレクトミキサー (DM301, 井内盛栄堂社) を用いて常温で 1 時間振盪した. 振盪後, PBS によって 1000 倍希釈した 0.05%Tween20 (Bio RAD 社) 溶液を用いて各 well を 4 回洗浄し, 1%BSA/PBS で 1000 倍希釈した Anti-Human IgA (MBL 社) を各 well に 100 μ l ずつ加え, ダイレクトミキサーを用いて常温で 1 時間振盪した. 0.05%Tween20/PBS によって 4 回洗浄し, 反応基質液 OPD/0.05M クエン酸/0.1M Na₂HPO₄/30%H₂O₂ を各 well に 100 μ l ずつ加え, 常温にて 10 分間反応させた. 490nm の吸光を microplate reader (i Mark, Bio Rad 社) を用いて測定した. 標準物質であるヒト SIgA の吸光度より描かれた標準曲線より, 唾液 SIgA 濃度を求めた.

4-1-2-3-2-5. SIgA 分泌速度

SIgA 分泌速度 (μ g/min) は, 唾液量 (ml/min) と唾液 SIgA 濃度 (μ g/ml) との積により算出した.

4-1-2-3-4. 血液採取

血液は合宿 1 日目と合宿後の合計 2 回, 毎朝 7 時~7 時 30 分の早朝空腹時に肘前静脈より採取を行い, 血清浸透圧を測定した.

4-1-2-3-5. 脱水症状アンケート

合宿期間中の脱水症状に関しては、公認スポーツ指導者育成テキスト(田口, 2015)とスポーツ指導者のためのスポーツ医学(小出ら, 2010)を参考にした。脱水症状 5 項目(1.口渇感, 2. 吐き気, 3. 集中力の低下, 4.めまい, 5. 脱力感・倦怠感)について、合宿期間中に症状の有無を調べ、発生件数として示した。

4-1-2-3-6. 主観的疲労度アンケート

合宿期間中の主観的疲労度の調査に関しては、5 段階評価(1: 疲労感なし, 2: 少し疲労感あり, 3: まあまあ疲労感あり, 4: かなりの疲労感あり, 5: 非常に疲労感あり)を行った。

4-1-2-3-7. Profile of mood states (POMS)

心理状態の調査に関しては、日本語版 POMS を用いて「緊張-不安(T-A)」、「抑うつ-落込み(D)」、「怒り-敵意(A-H)」、「活気(V)」、「疲労感(F)」、「混乱(C)」, 総合得点(Total mood Disturbance; TMD)を評価した(McNair et al.,1992; 横山ら, 1990)。

4-1-2-3-8. 栄養調査, 水分摂取量

カロリー摂取量は、合宿 1~5 日目の摂取量を測定した。水分摂取量は、毎日摂取した量と食事から摂取された水分量を合計した値を測定した。

4-1-2-3-9. 統計

各測定値は、平均値±標準誤差で示した。体重変化率、唾液中の指標、脱水症状と自覚的疲労度のアンケート、カロリー摂取量、水分摂取量の分析は、二元配置分散分析を行った後に、多重比較試験として Bonferroni 法を用いて行った。合宿 1 日目と合宿後の血清浸透圧と POMS の比較は対応のある t 検定により行った。ただし、正規分布していない項目における比較検討には、Wilcoxon 順位符号付き検定を用いた。唾液中の指標と血液中の指標との関連をみるためにピアソン及びスピアマンの統計処

理を用い相関係数を求めた。なお、有意水準は 5%未満とした。すべての統計処理には、SPSS Statistics 25.0 for MacOS X (SPSS 社製)を用い、有意水準は5%未満とした。

4-1-3. 結果

4-1-3-1. 合宿期間中における体重と体水分量の変化率

合宿期間中における体重減少群とコントロール群の体重変化率を示した(図 4-1-2)。その結果、体重減少群において、コントロール群と比べて合宿1日目と比べて、5 日目に体重の有意な減少がみられた ($p < 0.05$)。両群間において体重減少群で有意な減少が認められた ($p < 0.05$)。

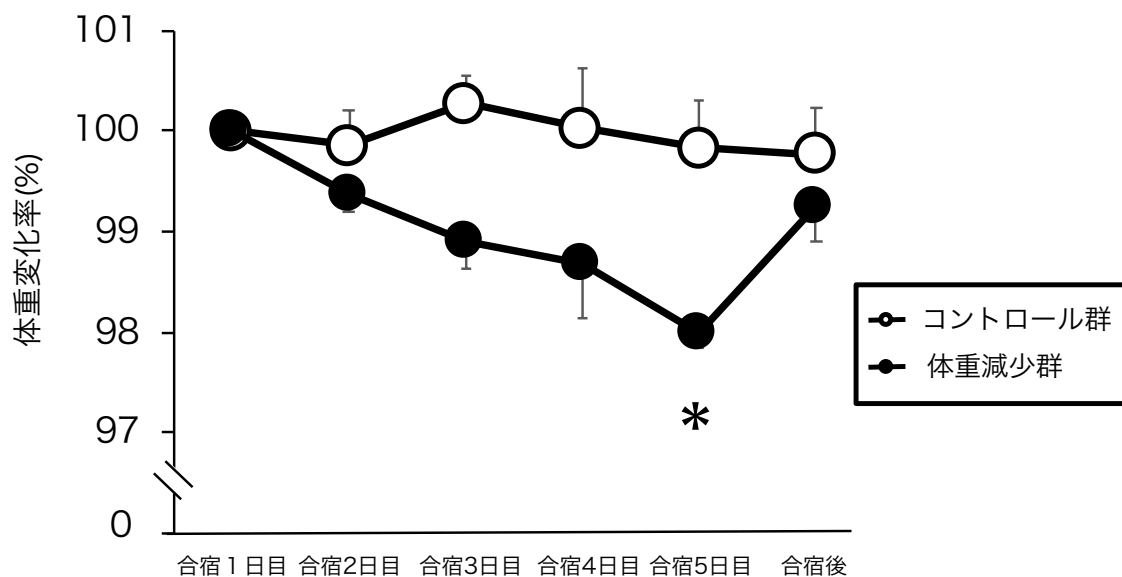


図4-1-2 合宿期間中における体重の変動: *; $p < 0.05$ vs. 合宿1日目

4-1-3-2. 唾液

合宿期間中の唾液量, 唾液タンパク濃度, 唾液浸透圧をそれぞれ示す(図 4-1-3, 図 4-1-4, 図 4-1-5). 唾液量と唾液タンパク濃度において, 合宿期間中は有意な変化はみられなかった. 唾液浸透圧において, 体重減少群は合宿 1 日目と比べて 5 日目に有意な上昇がみられ($p < 0.05$), 合宿後には 1 日目と同程度の値に戻った. コントロール群においては, 合宿中に有意な変化がみられなかった. 血清浸透圧については, 両群とも合宿 1 日目と合宿後に測定を行い, コントロール群(1 日目: 285.4 ± 1.2 , 合宿後: 286.1 ± 1.0 mOsm/kgH₂O)と体重減少群(1 日目: 286.8 ± 1.6 , 合宿後: 285.7 ± 1.6 mOsm/kgH₂O)ともに有意な変動は認められなかった. 唾液浸透圧と血清浸透圧との関連性については, 有意な正の相関が認められた($r = 0.471$, $p = 0.01$). また, SIgA 分泌速度の変化率(図 4-1-6)では両群間に有意差が認められ($p < 0.05$), 体重減少群においては, 合宿 1 日目と比べて 5 日目に有意な低下がみられた($p < 0.05$).

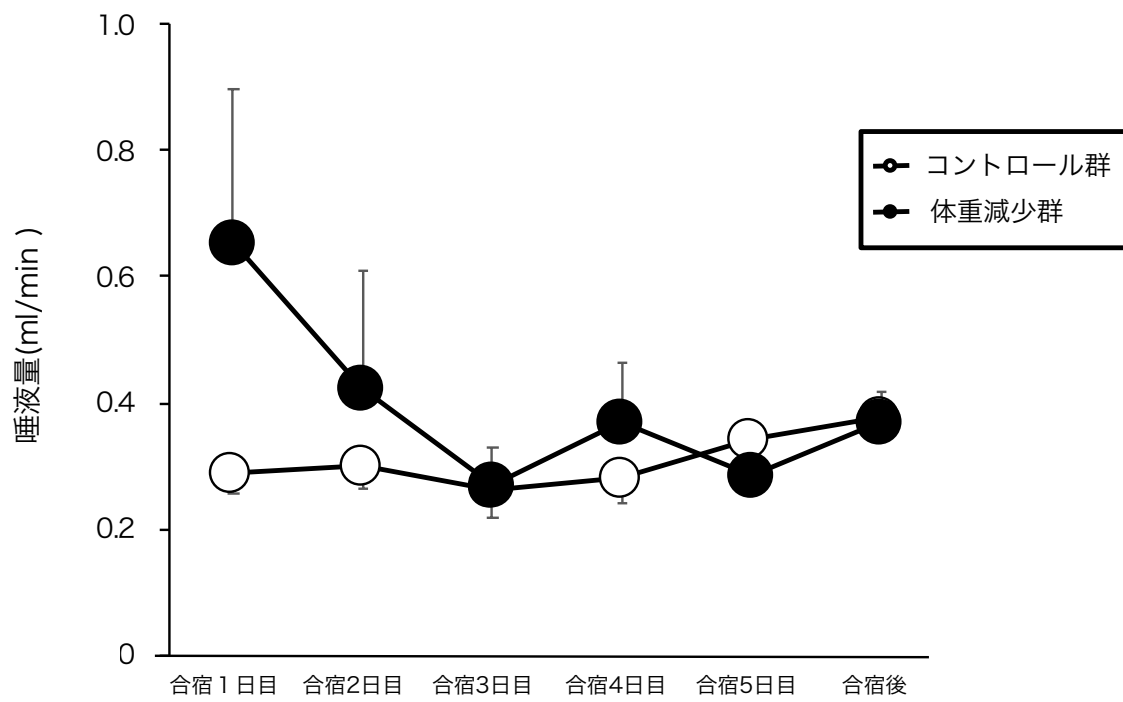


図4-1-3 合宿期間中における唾液量の変動

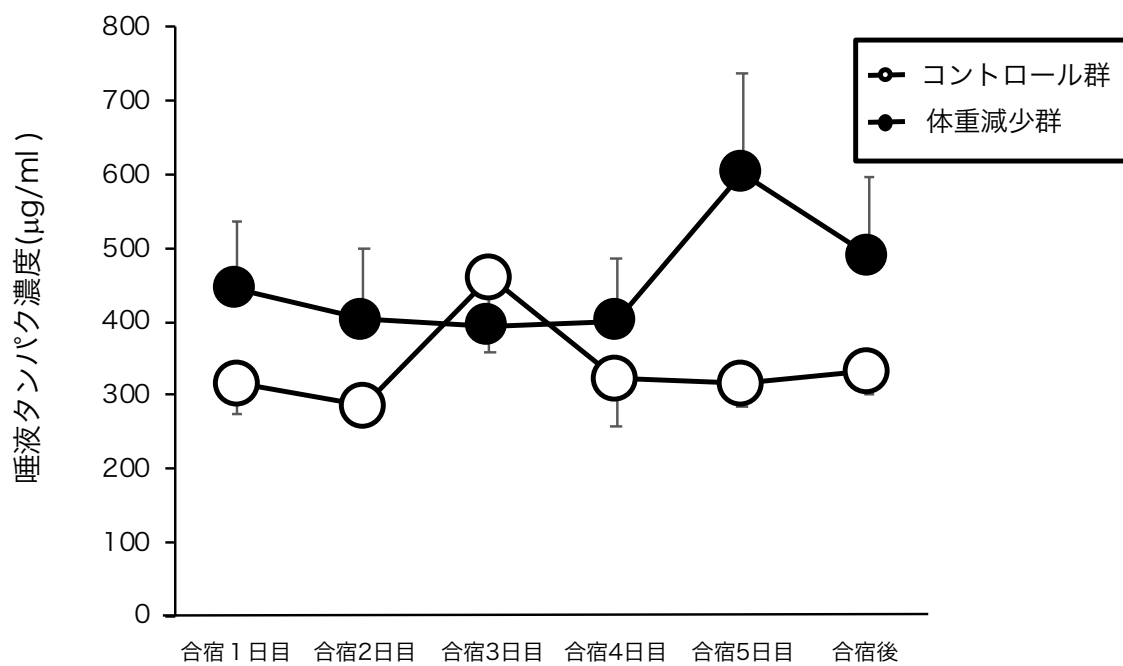


図4-1-4 合宿期間中における唾液中タンパク濃度の変動

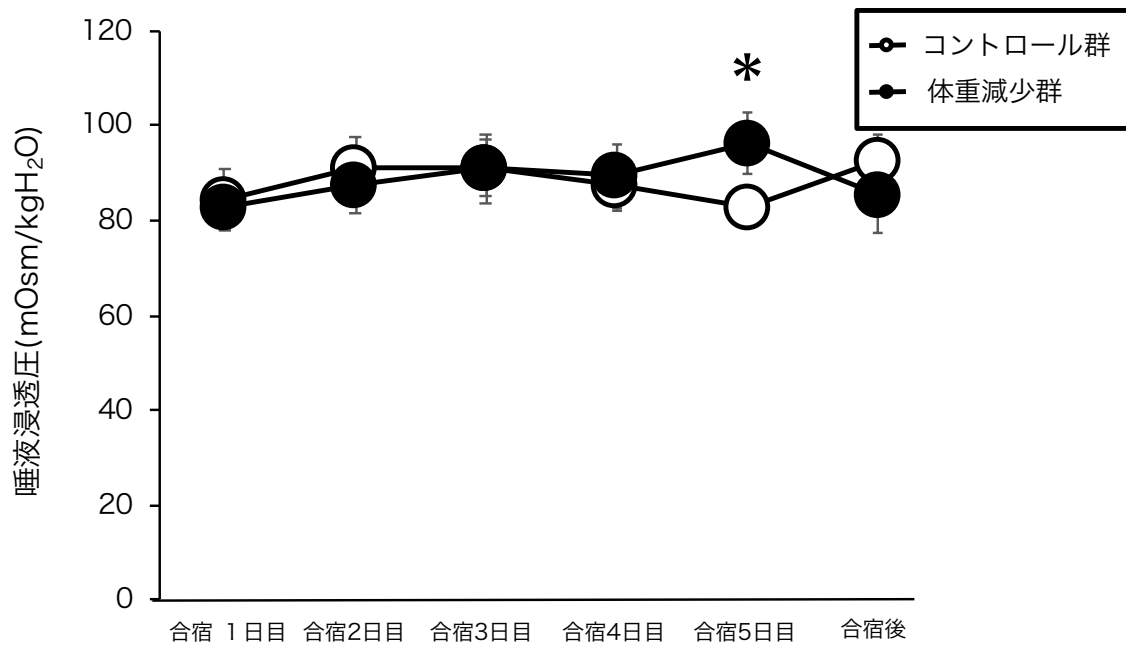


図4-1-5 合宿期間中における唾液浸透圧の変動: *;p < 0.05 vs 合宿1日目

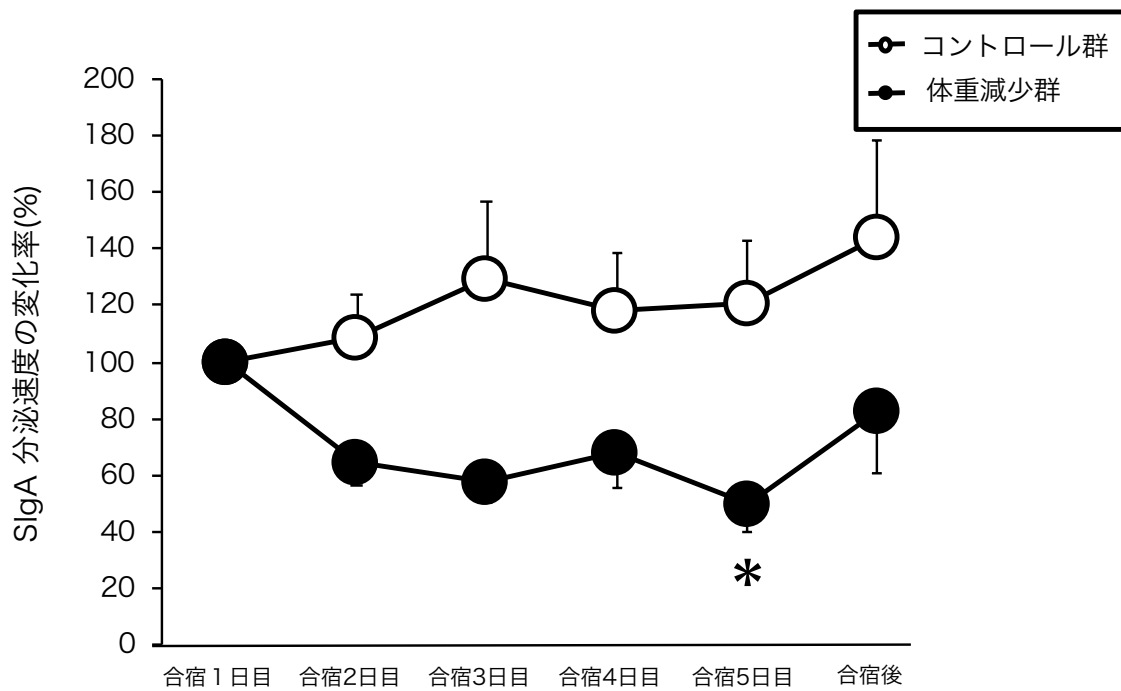


図4-1-6 合宿期間中におけるSIgA 分泌速度の変化率: *;p < 0.05 vs 合宿1日目

4-1-3-3. 脱水症状

合宿期間中における自覚的脱水症状とその発生件数を調べた(図 4-1-7). コントロール群では, 1 名の選手に口渇感と吐き気の脱水症状がみられた. 体重減少群ではすべての選手に脱水症状がみられ, 特に合宿 4 日目には口渇感 4 名, 集中力の低下 1 名, 5 日目には口渇感 2 名, 集中力の低下 1 名と多くの症状が認められた.

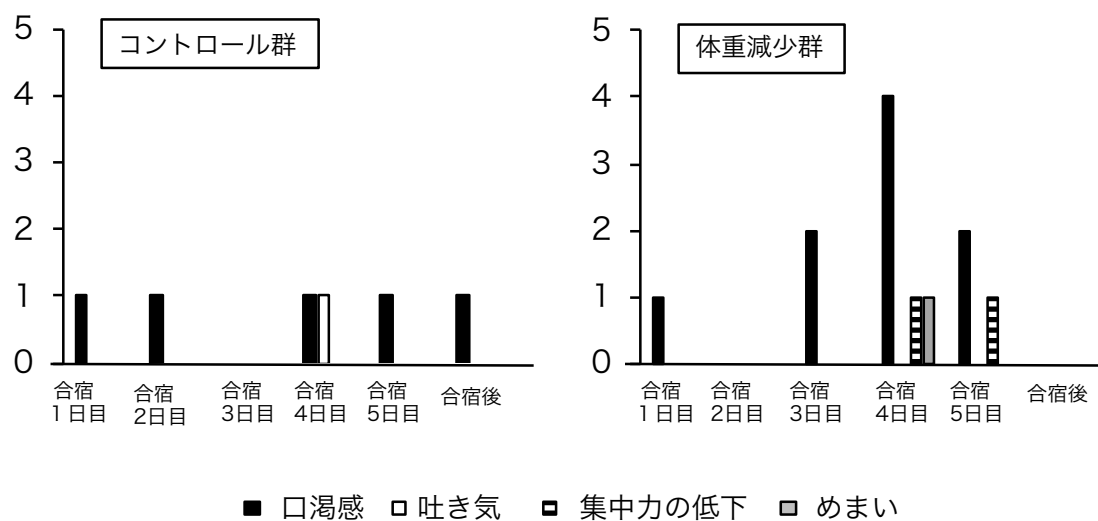


図4-1-7 合宿期間中における脱水症状の回答数

4-1-3-4. 主観的疲労感

合宿期間中における主観的疲労感を調べた(図 4-1-8). その結果, 主観的疲労感
は, 両群共に合宿 1 日目と比べて 4 日目, 5 日目, 合宿後に有意な増加がみられた
($p < 0.05$). 両群間において有意差は認められなかった.

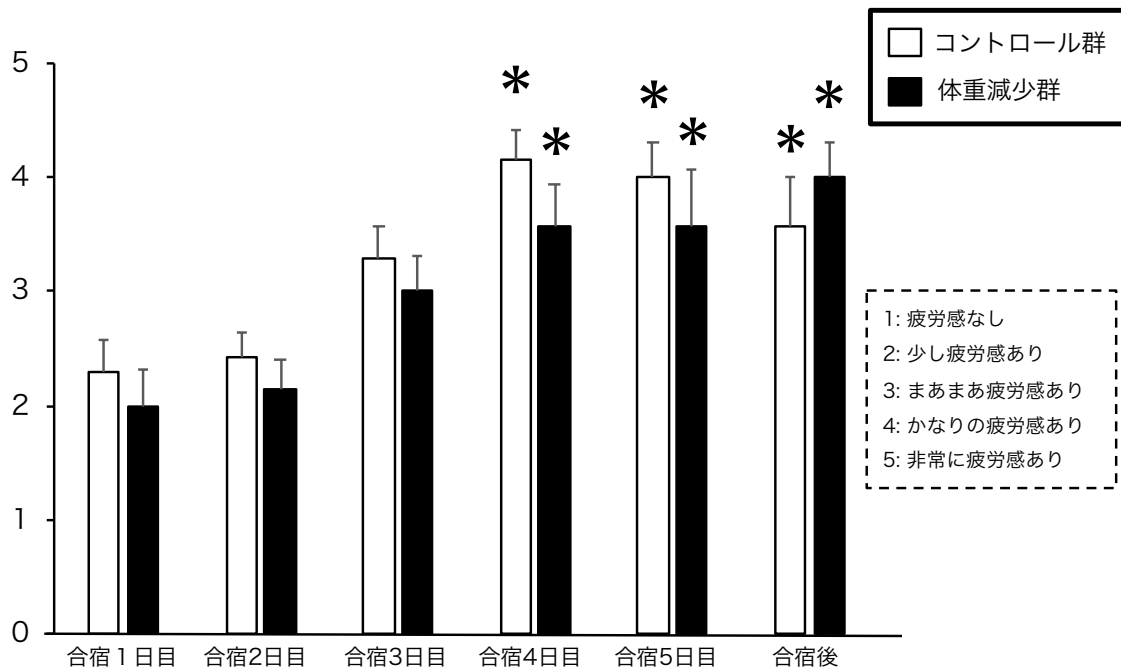


図4-1-8 合宿期間中における自覚的疲労感の変動: *; $p < 0.05$ vs. 合宿1日目

4-1-3-5. 心理状態

合宿前後における心理状態について、POMSを用いて調べた(表 4-1-2)。両群ともに「疲労」については合宿 1 日目と比べて合宿後に有意に上昇した($p < 0.05$)。総合得点(TMD)は、体重減少群にのみ合宿 1 日目と比べて合宿後に有意な増加がみられた($p < 0.05$)。「緊張-不安」、「抑うつ-落込み」、「怒り-敵意」、「活気」、「混乱」の項目において、合宿 1 日目と合宿後では有意な変化はみられなかった。

表4-1-2 合宿期間中のPOMSの変動

項目	合宿1日目	合宿後
緊張-不安 (T-A)		
コントロール群	39.5 ± 3.1	36.2 ± 1.8
体重減少群	42.2 ± 2.2	43.9 ± 4.5
抑うつ-落込み (D)		
コントロール群	43.8 ± 3.7	40.7 ± 1.9
体重減少群	45.3 ± 3.1	45.6 ± 3.6
怒り-敵意 (A-H)		
コントロール群	41.2 ± 1.7	44.7 ± 2.5
体重減少群	40.0 ± 1.6	43.4 ± 4.1
活気 (V)		
コントロール群	46.3 ± 4.6	44.2 ± 3.7
体重減少群	43.9 ± 4	42.9 ± 4.7
疲労 (F)		
コントロール群	40.8 ± 2.6	51.3 ± 3.4 [*]
体重減少群	39.0 ± 2.1	55.2 ± 4.3 [*]
混乱 (C)		
コントロール群	44.6 ± 2.2	44.2 ± 1.8
体重減少群	47.0 ± 2.3	47.7 ± 2.8
総合得点 (TMD)		
コントロール群	16.3 ± 5.2	12.3 ± 4.3
体重減少群	9.9 ± 4.4	19.4 ± 6.7 [*]

平均値 ± 標準誤差

*; p < 0.05 vs 合宿1日目

4-1-3-6. 栄養調査, 水分摂取量

合宿中におけるカロリー摂取量と水分摂取量を調べた(表 4-1-3). カロリー摂取量については, 両群ともに有意差はみられなかった.

水分摂取量は, コントロール群と体重減少群ともに合宿 1 日目と比べて, 2 日目, 3 日目, 4 日目, 5 日目に有意な増加がみられた ($p < 0.05$). また両群間に有意差は認められなかった.

表4-1-3 カロリー, 水分摂取量の変動

項目	合宿1日目	合宿2日目	合宿3日目	合宿4日目	合宿5日目
カロリー(kcal)					
コントロール群	3381 ± 196	4020 ± 154	3047 ± 47	3341.7 ± 9	3469 ± 246
体重減少群	2999 ± 220	3711 ± 219	3142 ± 67	3321.9 ± 14	2948 ± 300
水分(ℓ)					
コントロール群	3.7 ± 0.4	5.2 ± 0.3 *	5.6 ± 0.4 *	5.6 ± 0.4 *	5.0 ± 0.5 *
体重減少群	3.9 ± 0.3	5.3 ± 0.3 *	6.0 ± 0.3 *	6.2 ± 0.3 *	5.5 ± 0.4 *

平均値 ± 標準誤差
 *; p < 0.05 vs. 合宿1日目

4-1-4. 考察

本研究では, 大学柔道選手を対象に合宿期間中における体重の変化に着目し, 唾液中脱水指標と唾液 SIgA と POMS の変動を調べることで柔道選手の脱水状態とコンディションの把握を試みた. その結果, 体重減少群においては, 合宿1日目と比較して5日目に唾液浸透圧の上昇, SIgA 分泌速度の低下, TMD の増加がみられた. 一方, 体重を維持したコントロール群においては, 唾液浸透圧と SIgA 分泌速度に有意な変化はみられなかった.

先行研究において、一過性運動により脱水と体重の減少が生じ、唾液浸透圧は上昇することが報告されている(Walsh et al.,2004)。継続的な高強度運動は、安静時のSIgA分泌を低下させる(秋本ら, 1998;Neville et al.,2008;Otsuki et al.,2012;Tharp and Barnes, 1990;Yamauchi et al.,2011)。これらのことより、体重減少群では、継続的な高強度運動と体重減少によって合宿5日目に唾液浸透圧が有意に上昇し、コントロール群では、体重を維持することで合宿期間中に唾液浸透圧は変化しなかったと考えられる。脱水を含む体重減少は、体温調節や心循環系に影響を及ぼし、有酸素能力を低下させ、また脱水による電解質の不均衡は無酸素能力を低下させる(Judelson et al.,2007;Walsh et al.,1994)。栄養摂取量や水分摂取量において両群間に差がなかったことから、摂食量や飲水量が同じ場合でも選手によって代謝量や水分保持力に違いがあると推察される。従って、十分な飲水を行っていたとしても、脱水が生じてしまう危険性が考えられる。

唾液 SIgA は、口腔内で病原体の粘膜下への侵襲阻止や毒素の中和に機能する抗体であり、上気道感染症(URTI)予防を担う主要なエフェクターとして働く。また、合宿期間や継続的な高強度運動によってアスリートの唾液 SIgA が徐々に低下し、URTIを発症する(Fondell E et al.,2011;中村ら, 2002;Neville et al.,2008;Yamauchi et al.,2011)。本研究では、体重減少群において、唾液 SIgA の減少が生じたことから口腔内免疫能の低下を引き起こし、URTI など感染症の罹患リスクが高まっていた可能性が考えられる。

先行研究において、脱水は心理状態を低下させること、減量によって POMS の「疲労」と TMD が有意に増加したことを報告している(Helms et al.,2015;Maughan et al.,1997)。本研究では、体重減少群において唾液浸透圧と TMD 得点が上昇したこと

から、脱水により気分障害が誘発された可能性が考えられる。体重が変わらなかったコントロール群は、トレーニング合宿による疲労感はあるが唾液浸透圧、唾液 SIgA および心理状態を維持し、脱水状態を起こさずに良好なコンディションを保っていたが、体重減少群においては体重の減少と脱水を生じ、良好なコンディションを保つことができなかつたと考えられる。

本研究では、体重減少群及びコントロール群ともに合宿1日目と比べて合宿 4-5 日目および合宿後に主観的疲労感が有意に高かつた。また心理的尺度を表す POMS の「疲労」の項目においても、合宿1日目と比べて合宿後に有意に高かつた。合宿期間中において両群とも同様のトレーニングを行っているが、同強度の運動負荷であったかは不明である。今後は心拍計を装着することや活動量計を装着するなどのトレーニング量を調べることで、より詳細なデータが得られると考えられる。また、今回は意図しないで体重減少と脱水が生じていたが、柔道選手がよく実施している意図的な体重減少(減量)を行うことにより脱水状態を引き起こし、その状態について唾液浸透圧を用いて把握することが可能かを検討する必要がある。

4-1-5. 結論

本研究では大学柔道選手を対象に、合宿期間中における体重減少に伴う唾液中脱水指標と唾液 SIgA、心理状態を調べた。その結果、唾液中脱水指標である唾液浸透圧の上昇と唾液 SIgA の低下、TMD の上昇がみられた。唾液浸透圧が上昇したことから脱水状態が生じていた可能性があり、また唾液 SIgA 低下と TMD 上昇により口腔内免疫能の低下と心理状態の悪化が生じ、コンディションに悪影響を及ぼしたことが示唆される。

4-2. 大学柔道選手の大会に向けた減量期間中における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態の変動(実験 4)

4-2-1. 緒言

柔道, ボクシング, レスリング, ウェイトリフティングなどの体重階級制スポーツでは, より有利な階級で試合をするために多くのアスリートは減量を行っている. その減量の多くは, 7~10 日間の短期間に食事制限と水分摂取制限, 脱水を併用した急速減量によって行われている. 急速減量は, アスリートのパフォーマンス低下など身体に大きな影響を及ぼしている(相澤, 2016; Berkovich et al., 2016; Isacco et al., 2019; 岩尾ら, 1995; 片岡, 1972; 木村ら, 1981; 森田, 1980; 渡辺ら, 1984).

脱水は, 反応時間の遅延(Grandjean and Grandjean, 2007)や認知機能の低下(Cian et al., 2000), パフォーマンス低下にも大きく関わっている(Armstrong et al., 1985; Backx et al., 2000; Bigard et al., 2001; Montain et al., 1998; Nielsen, 1984; Sawka et al., 1984; Walsh et al., 1994). 体重 1%以上の脱水は, 心理状態に悪影響を引き起こす事が報告されている(Grandjean and Grandjean, 2007). 柔道選手を対象とした先行研究では, 合宿前と比べて合宿後に「疲労」が増加し, 「活気」が減少し(松坂ら, 2005), 大会に向けた減量では情緒不安定や倦怠感の増大, 気力低下など心理状態の悪化を引き起こす(Horswill et al., 1990; 小嶋ら, 2000; 津谷ら, 2003).

大会前に行う脱水を伴う急速減量は, 生体へのストレスが多いことが知られている(相澤ら, 2006; 小嶋ら, 2000; 清水ら, 2007; 津谷ら, 2003; Umeda et al., 2004; Umeda et al., 1999;), また, 筋力や持久力の低下が生じるため(Kurakake et al., 1998), 体重階級制スポーツにおいて, 減量時のコンディショニングは特に重要とされている. 柔道

選手の減量幅は体重の 5%以内が望ましいが、実際の現場では水分摂取制限をした脱水が行われているのが現状である(奈良,2006;小野,1976;小野,1975)。

実験 3 において、合宿による柔道選手の体重減少と脱水の影響について調べたところ、合宿 5 日目に体重は減少し、唾液浸透圧は上昇した。しかし、柔道選手の大会に向けて意図的に行う減量と脱水の影響について、唾液中脱水指標を用いて検討した研究はこれまで行われていない。そこで本研究では、大会に向けた減量を行う柔道選手の脱水状態を唾液浸透圧で、またコンディション評価を唾液 SIgA と POMS を用いて検討することを目的とした。

4-2-2. 方法

4-2-2-1. 対象

本研究では、T 大学に所属する柔道選手 22 名(男性 14 名, 女性 8 名)を対象とし、大会に向けて減量のない 8 名(男性 6 名, 女性 2 名)をコントロール群とし、大会に向けた減量幅が体重の 5%以上だった 7 名(男性 4 名, 女性 3 名)を 5%以上減量群、減量幅が体重の 5%以下だった 7 名(男性 4 名, 女性 3 名)を 5%以下減量群とした(表 4-2-1)。全ての対象者には事前に実験の主旨や手順を説明し、実験に関しての同意を得た。本研究は「筑波大学体育系研究倫理委員会」の承認(体 27-40)を得て実施した。

表4-2-1 対象者の身体プロフィール

項目	コントロール群 (N=8)	5%以上減量群 (N=7)	5%以下減量群 (N=7)	
身長 (cm)	172.6 ± 3.5	165.6 ± 3.5	170 ± 4.4	n.s
年齢 (歳)	20.5 ± 0.3	19.9 ± 0.4	19.9 ± 0.5	n.s
体重 (kg)	89.2 ± 8.8	68.7 ± 4.3	75.5 ± 5.4	n.s
BMI (kg/m ²)	29.7 ± 2.5	24.8 ± 0.7	25.9 ± 0.8	n.s
体脂肪率 (%)	25.8 ± 4.8	18.8 ± 2.4	21.7 ± 3.5	n.s
筋肉量 (kg)	60.5 ± 4.4	53.0 ± 4.2	55.9 ± 5.1	n.s
体水分率 (%)	53.0 ± 3.1	59.6 ± 1.0	56.5 ± 1.5	n.s

平均値 ± 標準誤差 n.s : 有意差なし

4-2-2-2. 実験手順

測定は、減量の開始する前の大会 3 週間前から、2 週間前、10 日前、1 週間前、3 日前、1 日前、大会 1 日後の合計 7 回実施した。なお、減量方法の指定はせず、各選手が実施している減量法で行った。

4-2-2-3. 測定項目

4-2-2-3-1. 身体組成

身長、体重、体脂肪率、筋肉量、体水分量を測定した。体脂肪率、筋肉量および体水分量の測定には、多周波インピーダンス機器(体組成計 インナーキャン 50V BC-622: タニタ社)を用いて測定し、そこから Body Mass Index (kg/m²)を算出した。

4-2-2-3-2. 唾液採取及び解析方法

毎朝 7 時～7 時 30 分の間に唾液採取を実施した。座位姿勢の状態、1 回あたり 30ml のミネラルウォーターで 30 秒間、計 3 回口腔内を十分にすすいだ。5 分間の座位安静後、滅菌綿(SALIVETTE: SARSTEDT 社)を含み、1 秒間に 1 回の頻度で計

60 回咀嚼させて唾液を採取した。

4-2-2-3-2-1. 唾液量

2 分間に分泌された唾液の重量 (g) を計測した。唾液の比重は 1.0 g/ml とし、唾液の重量 (g) と比重 (1.0g/ml) の積を 1 分間あたりの唾液量 (ml/2min) として算出した。

4-2-2-3-2-2. 唾液タンパク濃度

唾液タンパク濃度の定量には、測定キットの Pierce 660nm Protein Assay Kit (Thermo SCIENTIFIC 社) を用いた。

4-2-2-3-2-3. 唾液浸透圧

唾液浸透圧は、微量自動浸透圧計 3200 (アドバンスドインストルメンツ社) を用いて氷点降下法によって測定した。

4-2-2-3-2-4. 唾液中 SIgA 濃度の定量

唾液中 SIgA 濃度の定量には、Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) 法を用いた。96well マイクロプレート (IMMULON-2, Dynex Technologie 社) に 20mM coating buffer で 1000 倍に希釈した Anti-Human Secretary Component (DACO 社) を加えて、固相化した。ブロッキング後、標準物質としてヒト SIgA (ICN Pharmaceuticals 社) を各 well ずつ加え、1 時間振盪した。洗浄後、Anti-Human IgA (MBL 社) を各 well に加え、洗浄後、反応基質液を各 well に加え、10 分間反応させた後、microplate reader (i Mark, Bio Rad 社) を用いて測定し唾液中 SIgA 濃度を求めた。

4-2-2-3-2-5. SIgA 分泌速度

SIgA 分泌速度 ($\mu\text{g}/2\text{min}$) は、唾液量 (ml/2min) と唾液中 SIgA 濃度 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) との積により算出した。

4-2-2-3-3. 血液採取

血液は減量開始前の大会 3 週間前, 2 週間前, 1 週間前, 1 日前, 1 日後の合計 5 回, 毎朝 7 時~7 時 30 分の早朝空腹時に採取を行い, 血清浸透圧を測定した.

4-2-2-3-4. Profile of mood states (POMS)

心理状態の調査に関しては, 日本語版 POMS を用いて「緊張-不安(T-A)」、「抑うつ-落込み(D)」、「怒り-敵意(A-H)」、「活気(V)」、「疲労感(F)」、「混乱(C)」, 総合得点 (Total mood Disturbance; TMD) を評価した (McNair et al., 1992; 横山ら, 1990).

4-2-2-3-5. 栄養調査, 水分摂取量

カロリー摂取量は各週 1 日の平均摂取量を示した. 水分摂取量は毎日摂取した水分を示した.

4-2-2-3-6. 統計

各測定値は, 平均値±標準誤差で示した. 体重変化率, 唾液中の指標, 血清浸透圧, POMS, カロリー摂取量, 水分摂取量の分析は, 二元配置分散分析を行った後に, 多重比較試験として Bonferroni 法を用いて行った. 唾液中の指標と血液中の指標との関連をみるために, ピアソン及びスピアマンの統計処理を用い相関係数を求めた. なお, 有意水準は 5%未満とした. すべての統計処理には, SPSS Statistics 25.0 for MacOS X (SPSS 社製) を用い, 有意水準は 5%未満とした.

4-2-3. 結果

4-2-3-1. 体重の変化率

大会に向けた減量期間中における体重の変化率を調べた (図 4-2-1). 5%以上減量群において, 大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 10 日前, 1 週間前, 3 日前, 1 日前にそれぞれ有意な低下がみられた ($p < 0.05$). 5%以下減量群においては, 大会 3 週間

前と2週間前に比べて, 1日前にそれぞれ体重の有意な低下がみられた($p < 0.05$).

コントロール群では体重に変動はみられなかった.

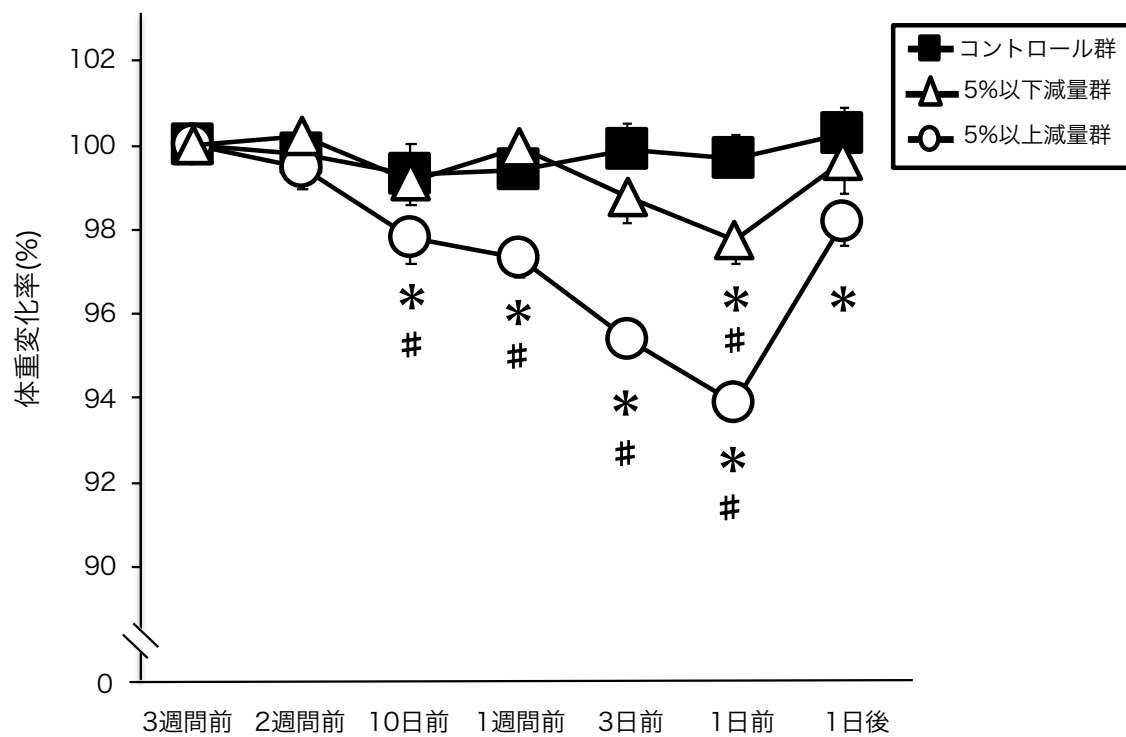


図4-2-1 体重変化率: *, $p < 0.05$ vs 3週間前; #, $p < 0.05$ vs 2週間前

4-2-3-2. 唾液

減量期間中の唾液量と唾液タンパク濃度, 唾液浸透圧を調べた(図 4-2-2, 図 4-2-3, 図 4-2-4). 唾液量は, 5%以上減量群において大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 3 日前, 1 日前に有意な減少がみられた($p < 0.05$). 唾液タンパク濃度は, 5%以上減量群において大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 3 日前, 1 日前に有意な増加がみられた($p < 0.05$). 5%以下減量群においては, 大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 3 日前と 1 日前に有意な増加がみられた($p < 0.05$). 唾液浸透圧は, 5%以上減量群において, 大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 3 日前, 1 日前に有意な上昇がみられた($p < 0.05$). 5%以下減量群においては, 3 週間前と 2 週間前と比べて有意差は認められなかった. コントロール群では大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 1 日前, 1 日後に有意な低下がみられた($p < 0.05$).

SIgA 分泌速度の変化率を調べた(図 4-2-5). SIgA 分泌速度の変化率では, 5%以上減量群は大会 10 日前と比べて 1 日前, 5%以下減量群は大会 2 週間前と比べて 1 日後に有意な低下がみられた($p < 0.05$). コントロール群においては, 有意な変動はみとめられなかった.

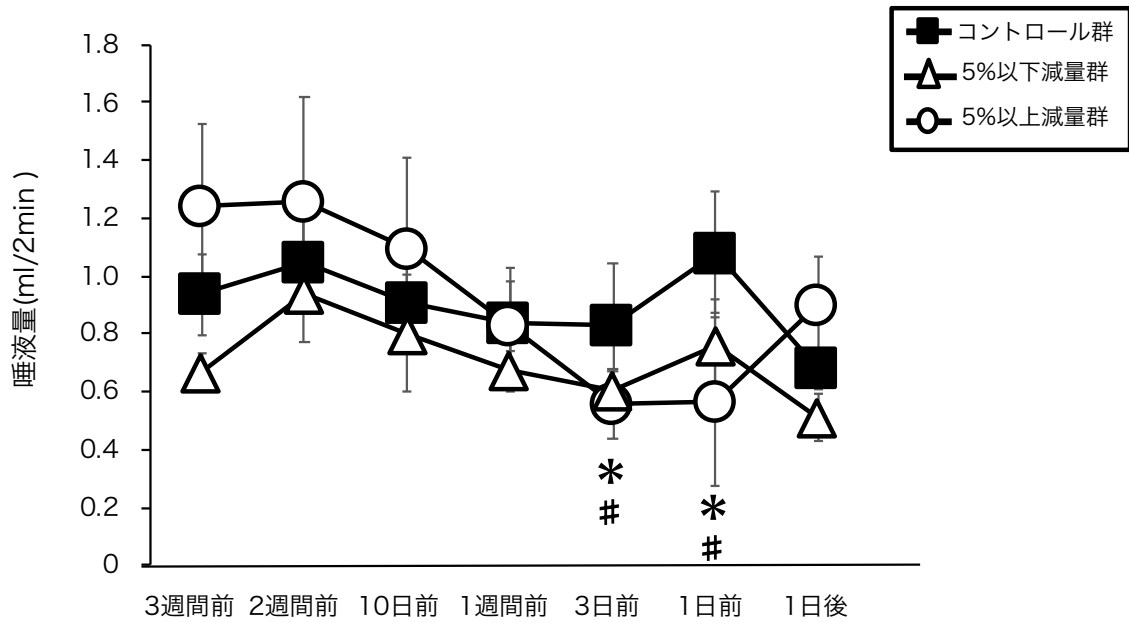


図4-2-2 唾液量の変動: *;p < 0.05 vs 3週間前; #;p < 0.05 vs 2週間前

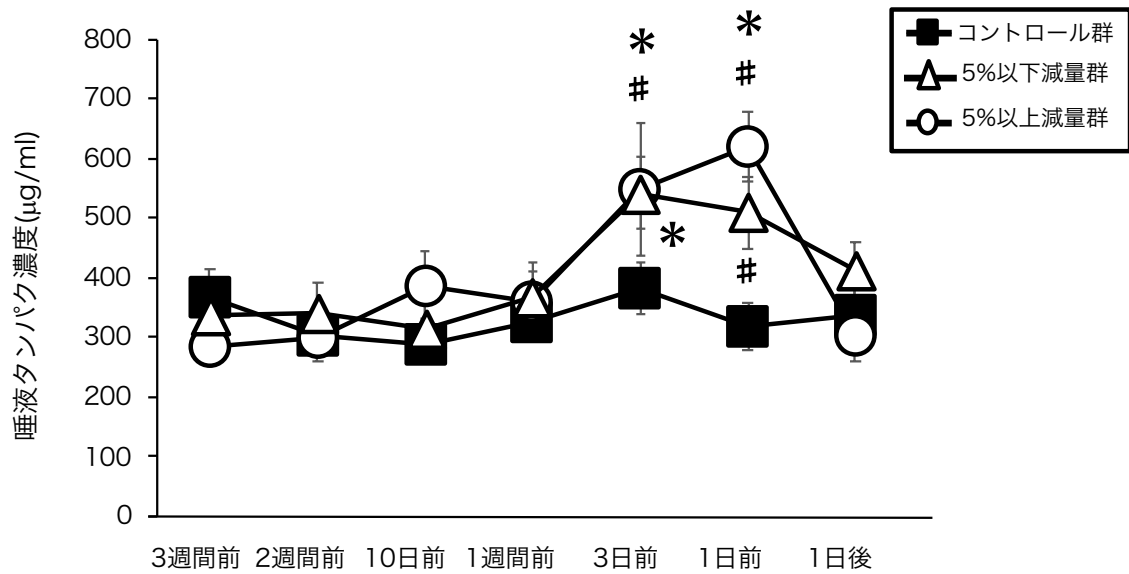


図4-2-3 唾液タンパク濃度の変動: *;p < 0.05 vs 3週間前; # ;p < 0.05 vs 2週間前

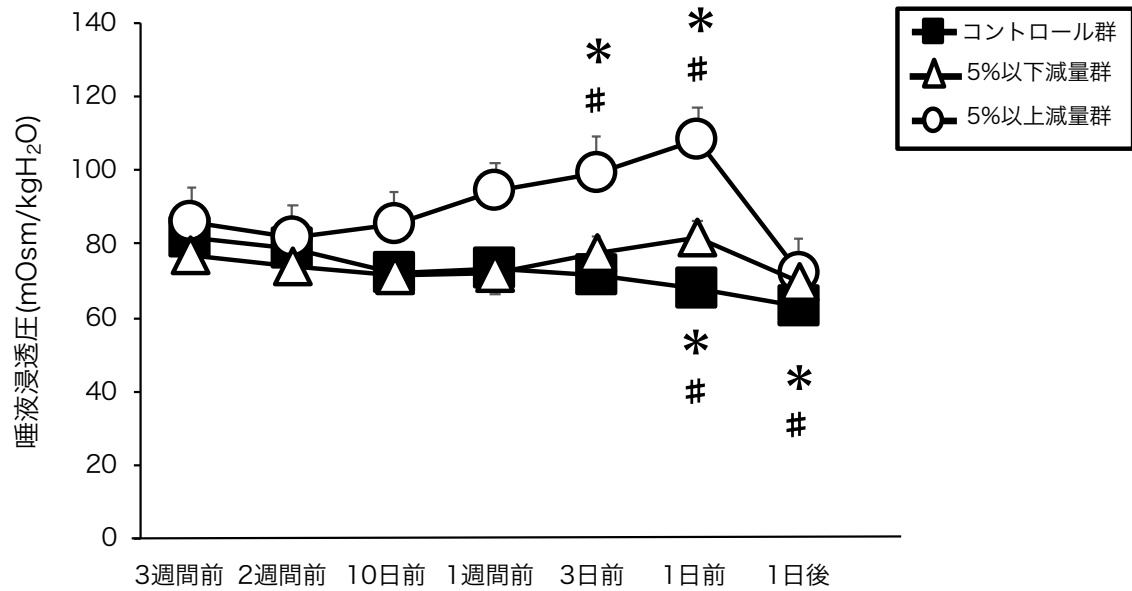


図4-2-4 唾液浸透圧の変動: *;p < 0.05 vs 3週間前; #; p < 0.05 vs 2週間前

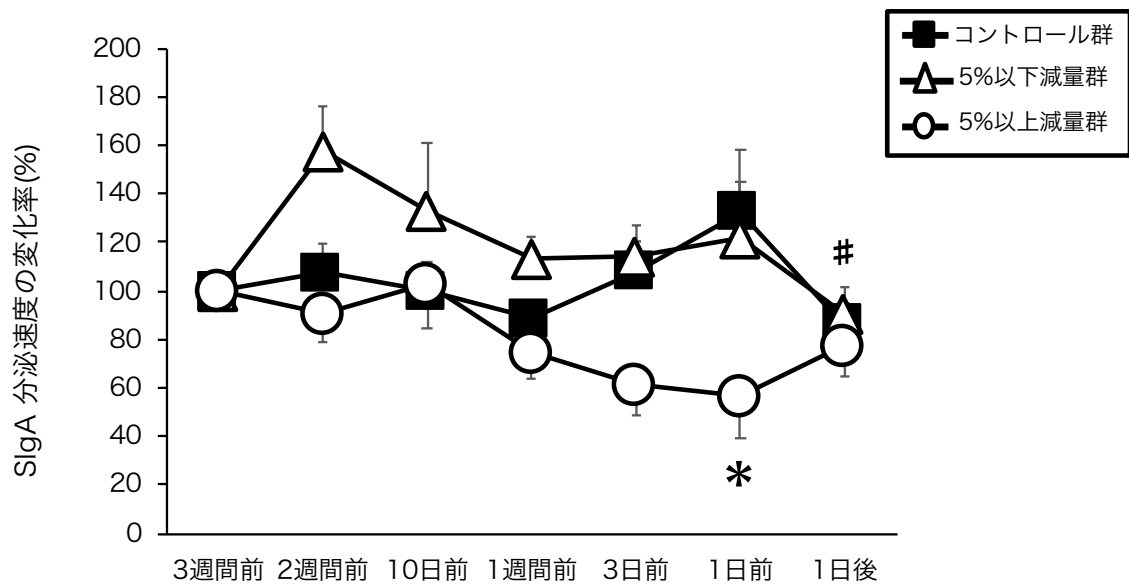


図4-2-5 SIgA 分泌速度の変化率: *;p < 0.05 vs 10日前 # ; p < 0.05 vs 2週間前

4-2-3-3. 血清浸透圧

減量期間中の血清浸透圧の変動を示した(図 4-2-6). 5%以上減量群において, 大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 1 日前に有意な上昇がみられた ($p < 0.05$). 5%以下減量群では, 大会 3 週間前と比べて 1 週間前, 1 日前, 1 日後に有意な上昇がみられた ($p < 0.05$). コントロール群においては, 有意な変動はみとめられなかった. 減量期間中における唾液浸透圧と血清浸透圧との関連性では, 血清浸透圧は唾液量とは相関がみられなかったが, 唾液タンパク ($r = 0.233, p = 0.01$)と, 唾液浸透圧 ($r = 0.426, p = 0.01$)に有意な正の相関関係が認められた.

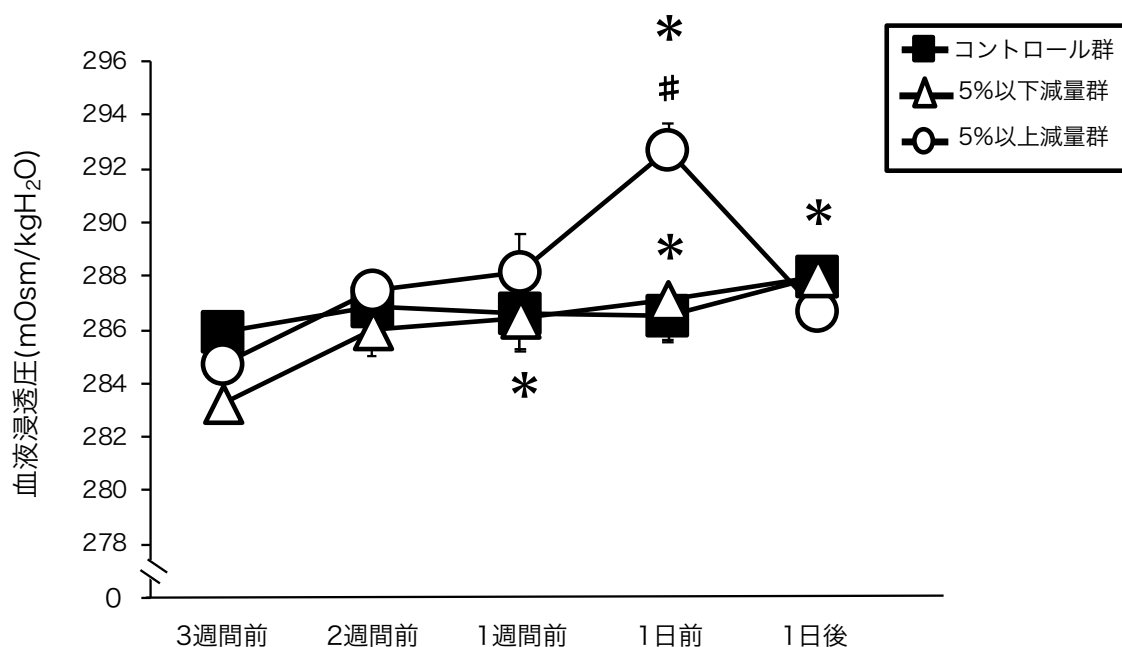


図4-2-6 血清浸透圧変化: *; $p < 0.05$ vs 3週間前; #; $p < 0.05$ vs 2週間前

4-2-3-4. 心理状態

減量期間中の POMS スコアの結果を示した(表 4-2-2). 5%以上減量群において、「活気」が3週間前と比べて1週間前と1日前に有意な低下がみられた($p < 0.05$). 「疲労」については, 3週間前と比べて1日前に有意な増加がみられた($p < 0.05$). 5%以下減量群, コントロール群ともに有意な変化はみられなかった. また「緊張」, 「抑うつ」, 「怒り」, 「情緒的混乱」, TMD の項目において, 全ての期間では有意な変化はみられなかった.

表4-2-2 減量によるPOMSの変動

項目	3週間前	2週間前	1週間前	1日前	1日後
緊張-不安 (T-A)					
コントロール群	42.3 ± 1.9	42.5 ± 1.3	41.4 ± 1.0	42.3 ± 2.0	41.7 ± 2.6
5%以下減量群	45.0 ± 2.6	46.8 ± 4.0	45.0 ± 2.0	46.3 ± 2.8	46.5 ± 5.4
5%以上減量群	39.8 ± 2.3	39.8 ± 2.3	43.3 ± 3.9	39.5 ± 1.7	44.3 ± 3.4
抑うつ-落込み (D)					
コントロール群	41.0 ± 1.4	40.4 ± 1.2	41.0 ± 1.5	43.1 ± 2.6	42.2 ± 1.9
5%以下減量群	46.5 ± 3.4	48.3 ± 4.3	48.3 ± 3.4	45.3 ± 2.9	47.9 ± 4.1
5%以上減量群	40.9 ± 1.0	41.0 ± 1.0	41.8 ± 2.0	44.4 ± 4.2	46.7 ± 4.0
怒り-敵意 (A-H)					
コントロール群	40.8 ± 1.6	39.9 ± 1.5	43.6 ± 3.4	45.1 ± 3.3	40.5 ± 2.2
5%以下減量群	43.7 ± 2.1	45.1 ± 3.2	46.5 ± 2.6	44.8 ± 3.2	44.1 ± 2.4
5%以上減量群	41.8 ± 2.3	40.7 ± 1.4	44.8 ± 4.7	40.0 ± 1.9	38.7 ± 0.5
活気 (V)					
コントロール群	42.3 ± 4.2	44.4 ± 5.5	41.4 ± 4.6	45.8 ± 4.2	42.9 ± 4.5
5%以下減量群	42.6 ± 2.9	44.9 ± 3.4	40.3 ± 2.7*	42.4 ± 3.3*	42.2 ± 3.5
5%以上減量群	47.6 ± 3.0	46.4 ± 4.5	40.9 ± 3.8	37.0 ± 3.5	38.5 ± 3.9
疲労 (F)					
コントロール群	46.4 ± 2.6	45.9 ± 2.5	45.4 ± 2.4	42.0 ± 2.3	42.0 ± 2.4
5%以下減量群	48.1 ± 4.0	51.6 ± 3.2	49.1 ± 4.4	49.0 ± 2.3	51.9 ± 4.4
5%以上減量群	46.4 ± 3.9	49.1 ± 3.8	52.2 ± 2.8	59.5 ± 1.6*	48.9 ± 2.5
混乱 (C)					
コントロール群	46.5 ± 2.1	45.1 ± 1.4	46.1 ± 1.7	45.8 ± 2.0	43.4 ± 1.2
5%以下減量群	48.9 ± 3.4	49.5 ± 3.1	49.9 ± 3.1	47.5 ± 3.0	50.0 ± 2.8
5%以上減量群	44.3 ± 1.3	44.0 ± 1.2	47.6 ± 3.0	44.0 ± 2.6	46.7 ± 1.8
総合得点 (TMD)					
コントロール群	12.5 ± 8.2	10.4 ± 7.6	12.6 ± 10.2	11.5 ± 10.5	9.1 ± 6.6
5%以下減量群	19.0 ± 34.7	21.9 ± 38.7	22.6 ± 35.8	17.6 ± 39.0	22.6 ± 36.6
5%以上減量群	9.0 ± 23.7	10.3 ± 25.1	19.4 ± 28.0	20.1 ± 29.0	18.0 ± 27.4

* ; $p < 0.05$ vs. 3週間前

4-2-3-5. 栄養調査, 水分摂取量

大会に向けて摂取したカロリー量と水分摂取量の結果を示した(表 4-2-3). 栄養カロリー摂取量は 1 日の平均摂取カロリーを示し, 水分摂取量は 1 日の平均摂取量を示す. カロリー摂取量は, 5%以上減量群において大会 3 週間前と比べて 2 週間前, 1 週間前に有意な減少がみられた ($p < 0.05$). 水分摂取量はコントロール群, 5%以下減量群, 5%以上減量群全ての群において, 大会 3 週間前と 2 週間前と比べて 1 週間前に有意な減少がみられた ($p < 0.05$).

表 4-2-3 カロリー, 水分摂取量の変動

項 目	3週間前	2週間前	1週間前
カロリー(kcal)			
コントロール群	1958 ± 168	1805 ± 138	1783 ± 177
5%以下減量群	1567 ± 237	1601 ± 304	1644 ± 242
5%以上減量群	1666 ± 152	997 ± 151 *	883 ± 175 *
水分(ℓ)			
コントロール群	3.5 ± 0.1	3.5 ± 0.0	2.7 ± 0.1 *
5%以下減量群	2.5 ± 0.1	2.4 ± 0.1	1.4 ± 0.1 #
5%以上減量群	2.2 ± 0.1	2.0 ± 0.1	1.3 ± 0.2 * #

* ; $p < 0.05$ vs. 3週間前: # ; $p < 0.05$ vs. 2週間前

4-2-4. 考察

本研究では、大学柔道選手を対象に大会に向けて行う減量によって生じる脱水状態を唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧と血清浸透圧を用いて唾液 SIgA と POMS とともに評価した。その結果、5%以上減量群は大会日が近づくにつれ体重の減少とともに唾液量の減少、唾液タンパク濃度の増加、唾液浸透圧と血清浸透圧の上昇がみられ、脱水状態となっていた可能性が考えられる。また唾液 SIgA の低下と POMS における「活気」の減少と「疲労」の増加がみられ、口腔内免疫能の低下と心理状態の悪化が生じていたと考えられる。また、5%以下減量群では唾液タンパク濃度、唾液浸透圧、血清浸透圧に上昇がみられた。

唾液分泌は、自律神経の影響を受けて調節され (Bishop and Gleeson, 2009)、また唾液タンパクは唾液分泌流量の影響を受けることが報告されている (Dawes, 1969)。唾液量は脱水時に低下することが報告されており (Fortes et al., 2012)、また Walsh ら (2004) は中等度負荷のペダリング運動によって脱水を生じ、唾液タンパク濃度が増加したことを示した。本研究では、5%以上減量群において唾液量の低下と唾液タンパク濃度の増加、唾液浸透圧の上昇がみられたことから、脱水状態であったと考えられる。大量の発汗や水分摂取制限による減量は、体内のナトリウムよりも水分が体外に多く失われ、体液が濃くなる状態となり細胞内の水分が細胞外に移動したことで、体液が喪失し細胞内液と細胞外液が高浸透圧となる (小熊, 2004)。5%以上減量群は、唾液浸透圧と血清浸透圧の上昇がみられ、症状としても口渇感を訴える選手が多かったことから、大会1日前には高浸透圧状態であったことが考えられる。

唾液 SIgA 分泌速度は、5%以上減量群のみに大会 10 日前と比べて 1 日前に有意な低下を示した。減量を対象とした先行研究では、減量期間に安静時の SIgA 分泌速

度が低下することが報告されている(清水ら, 2007; Tsai et al., 2011). Fortes ら(2012)は, 中等度負荷のペダリング運動によって 3%の体重減少を行うと, SIgA 分泌速度が 29%低下し, 体重減少を起こさないと SIgA の低下はみられなかった. Papacosta ら(2013)は, 試合に向けたテーパリング期では強化期に比べて唾液 SIgA が回復することを報告している. 本研究では, 大会に向けてテーパリングを行い, 練習量を調整したことで 1 日前にはコントロール群と 5%以下減量群の SIgA 分泌速度は一定値を示した. しかし, 5%以上減量群は減少したままで回復せず, 有意な低値を示した. 従って, 5%以上になるような減量幅の大きい減量は唾液 SIgA の減少により口腔内免疫能の低下を引き起こしたと考えられる. 唾液 SIgA の分泌には, インターフェロン γ (IFN- γ) などのサイトカインによる働きが重要である. 先行研究において, 急速減量はリンパ球の IFN- γ 産生を低下させることを報告している (Imai et al., 2002). 今回, 減量によって IFN- γ を含めたサイトカインの低下を引き起こし, SIgA 調節系の機能低下を引き起こしたかどうかは明らかでない.

水分制限による脱水は, パフォーマンスの低下だけでなく心理状態にも影響を及ぼすことが明らかとなっている (Armstrong, 1985; Nathalie et al., 2013; Nielsen, 1984). 減量を有する柔道選手は, 減量幅の大きさに比例して心理的ストレスに影響を及ぼし (津谷ら, 2003), 脱水による浸透圧の高まりが心理状態に影響を及ぼすことを報告している (Maughan et al 1997). 本研究では, 大会に向けて 5%以上減量群のみ「活気」が有意に低下し, 「疲労」が上昇した. これは, 減量幅の大きい減量が心理状態に悪影響を及ぼしたと考えられた. Nathalie ら(2013)は, 脱水後の水分摂取を行っても, 「疲労」は増加し「活気」は減少したままだったと報告している. 本研究においても, 5%以上減量群では大会 1 週間前から「活気」は低下し, 1 日後でも低下傾

向にあったことから、計量が終わった後に体重や浸透圧が戻ったとしても、大会中の心理状態は戻っていなかった可能性が高い。体重の変動がなかったコントロール群と5%以下減量群は、心理状態を維持することができ、良好なコンディションで大会に臨めたと考えられる。

脱水による運動パフォーマンスへの影響を調査した先行研究によると、水分消失が体重の2%でアスリートの有酸素性能力が20%減少する報告や(Armstrong, 1985), 36時間で4.9%の急速減量を行ったレスリング選手の無酸素性作業能および有酸素性作業能が減量後に有意に低下したことを報告しており、アスリートのパフォーマンスに悪影響を及ぼすことが示されている(Websret et al.1990)。今回は、パフォーマンスについて詳細に調べてはいないので、今後減量幅とパフォーマンスとの関連性を明らかにする必要がある。

4-2-5. 結論

本研究では、大学柔道選手の大会に向けた減量によって生じる脱水状態を唾液中脱水指標で調査し、唾液SIgAと心理状態への影響について検討した。その結果、5%以上減量群は唾液浸透圧の上昇により脱水を引き起こし、また唾液SIgAの減少、「活気」低下と「疲労」上昇により口腔内免疫能の低下と心理状態の悪化が生じ、コンディションに悪影響を及ぼしたことが示唆される。

第5章 総合討論

5-1. 本件研究の目的

本研究では、柔道選手の減量による脱水状態について唾液中脱水指標（唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧）を用いて調査し、これらの指標が選手の脱水状態を評価するための有効性について検討し、また口腔内免疫能及び心理状態を調べてコンディション評価を行うことを目的とした。

5-2. 本研究で得られた成果

5-2-1. 研究課題 1: 大学柔道選手と健常成人男性を対象とした唾液中脱水指標と血清浸透圧の関係

実験 1 では、T 大学柔道部員を対象に、1 週間激しい運動をしない状態（オフ期間中）での唾液中脱水指標（唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧）と血清浸透圧を測定した。その結果、唾液浸透圧と血清浸透圧に有意な正の相関関係がみられた。

実験 2 では、健常成人男性を対象にサウナ浴における一過性の脱水が唾液中脱水指標と血清浸透圧にどのような影響を及ぼすか検討した。その結果、唾液浸透圧と血清浸透圧に有意な正の相関関係がみられた。

5-2-2. 研究課題2: 大学柔道選手の競技現場における脱水状態と口腔内免疫能及び心理状態の変動

実験 3 では、T 大学柔道部員を対象に、5 日間の強化合宿による運動の影響で体重減少が生じた群と体重減少が生じなかった群に分けて、唾液浸透圧と唾液 SIgA、

POMS による心理状態について調査した。その結果、体重減少群では唾液浸透圧が上昇し、血清浸透圧と有意な正の相関関係がみられたことから、唾液浸透圧は運動による脱水状態を評価できる可能性が示唆された。また唾液 SIgA の低下と TMD スコアの上昇がみられ、口腔内免疫能の低下と心理状態の悪化が生じたと考えられる。

実験 4 では、T 大学柔道部員を対象にコントロール群、5%以下減量群、5%以上減量群の 3 群に分けて、大会に向けた減量による脱水状態を、唾液浸透圧を用いて評価を行った。その結果、5%以上減量群では唾液浸透圧は有意に上昇し血清浸透圧との間に正の相関関係がみられることから、減量中の脱水状態を評価するのに有効であることが示唆された。また唾液 SIgA と活気の低下がみられ、脱水は口腔内免疫能の低下と心理状態の悪化を生じたと考えられる。

5-3. 本研究で得られた成果の意義及び今後の課題

研究課題 1 では、柔道選手が 1 週間激しい運動をしない状態(オフ期間)、つまり運動への影響がほとんどない状態での唾液中の脱水指標(唾液量、唾液タンパク濃度、唾液浸透圧)と血清浸透圧との関連性を調べた。その結果、唾液浸透圧と血清浸透圧に有意な正の相関関係が認められた。次に一過性のサウナ浴による体重減少、つまり発汗のみによって生じた脱水状態を唾液中脱水指標と血清浸透圧を用いて調査した。その結果、唾液浸透圧は体重減少とともに上昇し、血清浸透圧との間に正の相関関係が確認された。

研究課題 2 では、大学柔道選手の合宿および大会に向けた減量による脱水状態について唾液中脱水指標を用いて検討した。合宿中に体重減少がみられた群(体重減少群)では合宿の高強度運動による脱水状態が生じ、大会に向けて体重 5%以上の

減量を行った群(5%以上減量群)では減量による脱水状態が起こっていたが、どちらも血清浸透圧とともに唾液浸透圧が脱水状態を反映していたと考えられる。従って、脱水状態を評価する指標として唾液浸透圧は有用であると考えられる。

先行研究において、一過性運動により体重が減少し、唾液浸透圧が上昇したことから、体重の減少には脱水が関連していると考えられ、本研究においても同様の結果となった。合宿中の体重減少群では、摂食・飲水量にコントロール群との有意差はなかった。意図的でないにも関わらず体重減少が起こり、唾液浸透圧が上昇していたことから、体重減少群では脱水が生じていた可能性が考えられる。体重が減少し、唾液浸透圧が上昇した場合には、脱水状態を疑って早期に対処すべきである。

本研究では、体重減少群や5%以上減量群の結果より、脱水は唾液 SIgA の低下、TMD の増加、活気の減少を引き起こし、口腔内免疫能の低下と心理状態の悪化によりコンディションを崩した可能性が考えられる。これらの状態に対処するために、免疫能を向上させるビタミン類(ビタミン A, C, E など)やポリフェノール類などを含む食事やサプリメントを摂取したり、心理状態をコントロールするためにカウンセラーによるメンタルサポートを行ったり、リラックス効果を促進するためのアロマセラピーなどを実施して、良好なコンディションを維持する工夫が必要である。

運動の場面だけでなく、暑熱環境において体温の上昇と発汗による脱水は血液量の低下を招き、心拍数を増加させ、熱中症を生じる危険性がある(有賀, 2010)。脱水は熱中症の原因の一つとなるため、スポーツ界に限らない重要な問題である。運動部活動の熱中症死亡事故では、柔道は全体の5番目に多く発生し、室内競技においては2番目に多いのが現状である(独立行政法人日本スポーツ振興センター, 2014)。また脱水は思考能力、判断力、集中力、平衡機能、俊敏性にも影響を及ぼす可能性

があり、身のこなしが悪くなり、衝突などで頭部に打撃を受ける危険性が高まる。脳震盪の頻度が高いスポーツは、急性硬膜下血腫をきたすリスクも高くなる(日本臨床スポーツ医学会学術委員会脳神経外科部会, 2015)。柔道の運動部活動の脳震盪の発生件数は全体の 5 番目に多く、頭部外傷として重症な急性硬膜下血腫は1番多かった(独立行政法人日本スポーツ振興センター, 2013)。以上のことから、減量を行う柔道選手の脱水状態を評価し把握することは、スポーツ現場において選手の安全性を高めるためにも非常に重要である。本研究より唾液浸透圧は脱水状態を評価するのに有用な指標であると考えられ、スポーツ現場のみならず、一般の環境下(学校や家庭、福祉など)においても広く実用される必要がある。これまで調査をしてきた唾液 SIg A は簡易的キットとして小型化された物が開発されスポーツ現場においての採取、測定が可能となっているが、唾液浸透圧をスポーツ現場ですぐに評価出来る測定器は開発されていない。今後はスポーツ現場において、唾液浸透圧が脱水の評価する方法として用いられるためにも早急に測定が出来るキットの開発が重要である。

第6章 結語

本研究は、柔道選手の減量によって生じる脱水状態を唾液中脱水指標で評価することが可能かを調べ、また唾液 SIgA により口腔内免疫能を、POMS により心理状態を調べて、減量による選手のコンディションへの影響を明らかにすることを目的とした。

- (1) オフ期間中の大学柔道選手と健常成人男性において唾液中脱水指標と血清浸透圧の関連性を調査した結果、唾液浸透圧と血清浸透圧に有意な正の相関関係が認められた。

- (2) 合宿による柔道選手の体重減少は、唾液浸透圧の上昇と SIgA 低下、TMD 上昇を生じた。また、大会に向けた減量においても、体重 5%以上の減量は唾液浸透圧の上昇と SIgA の低下、活気の低下を引き起こした。従って、意図しない体重減少や体重 5%以上の減量は脱水状態を引き起こし、口腔内免疫能の低下と心理状態の悪化を生じた可能性が示唆された。

以上より、唾液中脱水指標のうち唾液浸透圧は、スポーツ現場において脱水状態を客観的かつ簡便に評価できる指標として有用であると考えられる。また、体重 5%以上の減量を行うと脱水状態が引き起こされ、口腔内免疫能の低下や心理状態の悪化を生じ、選手のコンディションに悪影響を及ぼす危険性が示唆される。

謝辞

本研究を遂行し論文を作成するにあたり、懇切丁寧なご指導ご助言を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科・渡部厚一准教授に厚く御礼申し上げます。また、本論文に対し多くのご助言を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科・前田清司教授、福田崇准教授、体育系・高木英樹教授に厚く御礼申し上げます。研究の基礎から論文作成までご指導を賜りました筑波大学人間総合科学研究科・木村文律研究員、国立スポーツ科学センタースポーツ研究部・清水和弘研究員、鈴木なつ未研究員、早稲田大学スポーツ科学研究センター・花岡裕吉研究員に心より厚く御礼申し上げます。論文作成の際、ご助言と励ましを賜りました筑波大学・山口香教授、岡田弘隆准教授、増地克之准教授に深く感謝致します。本研究の一部は、スポーツチャレンジ研究助成事業の一環として助成を受け、本研究の実施にあたりご援助いただいた公益財団法人ヤマハ発動機スポーツ振興財団に心より厚く感謝致します。研究活動を通じて、多大な協力や励ましを賜りました筑波大学・目崎登名誉教授、小俣幸嗣名誉教授、渡部研究室の皆様、スポーツ医学研究室の皆様、心より厚く感謝致します。公私にわたり、多大な励ましを賜りました了徳寺学園医療専門学校・石井孝法校長先生に心より厚く感謝致します。被験者としてご協力頂いた皆様に心より厚く感謝致します。最後に、いつも温かく見守って頂いた父・母・兄弟・祖父母・親戚の皆様、そして最愛の妻と2人の娘たちに心より深く感謝申し上げます。

参考文献

1. 相澤勝治. (2016) 体重別階級制における減量の問題. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 33(1):108-110.
2. 相澤勝治, 久木留毅, 寺田照子, 青山晴子, 鳥羽泰光, 中嶋耕平, 西牧謙吾, 坂本静男, 増島篤, 目崎登. (2007) 体重階級制競技におけるジュニア選手の減量の実態-レスリングと柔道の比較-. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 15(1):41-46.
3. 相澤勝治, 久木留毅, 徳山薫平, 鈴木なつ未, 清水和弘, 増地克之, 岡田弘隆, 小俣幸嗣, 河野一郎, 目崎登. (2006) 体重階級制競技における短期的急速減量時のコンディション評価. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 23(12):1531-1536.
4. 秋本崇之, 赤間高雄, 香田泰子, 和久貴洋, 林栄輔, 龍野美恵子, 杉浦弘一, 天野和彦, 河野一郎. (1998) 高強度トレーニングによる安静時唾液中分泌型IgAの変動. *体力科学*. 47:245-251.
5. 秋本崇之, 赤間高雄, 杉浦弘一, 龍野美恵子, 香田泰子, 和久貴洋, 河野一郎. (1998) 持久性ランニングによる口腔局所免疫能の変動. *体力科学*. 47:53-62.
6. Armstrong LE, Hubbard RW, Szlyk PC, Matthew WT, Sils IV. (1985) Voluntary dehydration and electrolyte losses during prolonged exercise in the heat. *Aviat Space Environ Med*. 56(8):765-70.
7. Armstrong LE, Johnson EC, McKenzie AL, Munoz CX. (2013) Interpreting common hydration biomarkers on the basis of solute and water excretion. *Eur J Clin Nutr*. Mar. 67(3):249-253.

8. 有賀徹. (2010) 熱中症発症の機序(メカニズム)と応急処置. *安全と健康*. 61(5):436-440.
9. Backx K, McNaughton L, Crickmore L, Palmer G, Carlisle A. (2000) Effects of differing heat and humidity on the performance and recovery from multiple high intensity, intermittent exercise bouts. *Int J Sports Med*. 21(6):400-405.
10. Barr SI. (1999) Effects of dehydration on exercise performance. *Can J Appl Physiol*. Apr. 24(2):164-172.
11. Benjamin P, Romuald L. (2016) Fatigue Induced by Physical and Mental Exertion Increases Perception of Effort and Impairs Subsequent Endurance Performance. *Front Physiol*. 7:1-9.
12. Berkovich BE, Eliakim A, Nemet D, Stark AH, Sinai T. (2016) Rapid Weight Loss Among Adolescents Participating In Competitive Judo. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 26(3):276-84.
13. Bigard AX, Sanchez H, Claveyrolas G, Martin S, Thimonier B, Arnaud MJ. (2001) Effects of dehydration and rehydration on EMG changes during fatiguing contractions. *Med Sci Sports Exerc*. Oct33(10):1694-1700.
14. Bishop NC, Gleeson M. (2009) Acute and chronic effects of exercise on markers of mucosal immunity. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 14:4444-4456.
15. Chevront SN, Ely BR, Kenefick RW, Sawka MN. (2010) Bio-logical variation and diagnostic accuracy of dehydration assessment markers. *Am J Clin Nutr*. 92:565-573.
16. Chevront SN, Kenefick RW. (2014) Dehydration: physiology, assessment, and

- performance effects. *Compr Physiol. Jan.* 4(1):257-285.
17. Choma CW, Sforzo GA, Keler BA. (1998) Impact of rapid weight loss on cognitive function in collegiate wrestlers. *Med Sci Sports Exerc.* 30:746-749.
 18. Cian C, N koulmann P, A Barraud. (2012) Influence of variation in body hydration on mental efficiency. Effect of hyperhydration, heat stress and exercise induced dehydration. *J of Psychophysiology.* (14)29-36.
 19. Dawes C. (1969) The effects of flow rate and duration of stimulation on the concentrations of protein and the main electrolytes in human parotid saliva. *Archives of Oral Biology.* (14):277-294.
 20. 独立行政法人日本スポーツ振興センター. (2014) 「学校の管理下における体育活動中の事故の傾向と事故防止に関する調査研究」—体育活動における熱中症予防調査—*研究報告書*. 3.
 21. 独立行政法人日本スポーツ振興センター. (2013) 「学校の管理下における体育活動中の事故の傾向と事故防止に関する調査研究」—体育活動における頭頸部外傷の傾向と事故防止の留意点— *調査研究報告書*. 2-4.
 22. Fondell E, Lagerros YT, Sundberg CJ, Lekander M, Bälter O, Rothman KJ, Bälter K. (2011) Physical activity stress and selfreported upper respiratory tract infection. *Med Sci Sports Exerc.* 43(2):272-279.
 23. Fortes MB, Diment BC, Di Felice U, Walsh NP. (2012) Dehydration decreases saliva antimicrobial proteins important for mucosal immunity. *Appl Physiol Nutr Metab.* 37(5):850-859.

24. Fortes MB, Owen JA, Raymond-Barker P, Bishop C, Elghenzai S, Oliver SJ, Walsh NP. (2015) Is This Elderly Patient Dehydrated? Diagnostic Accuracy of Hydration Assessment Using Physical Signs, Urine, and Saliva Markers. *JAMDA*. 16:221-228.
25. Gleeson M, Hall ST, McDonald WA, Flanagan AJ, Clancy RL. (1999) Salivary IgA subclasses and infection risk in elite swimmers. *Immunol Cell Biol*. Aug 77(4):351-355.
26. Grandjean AC, Grandjean NR. (2007) Dehydration and cognitive performance. *J Am Coll Nutr*. 26(5 Suppl):549-554.
27. Halson SL. (2014) Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*. 44:139-147.
28. Hanaoka Y, Shimizu Kazuhiro, Watanabe Koichi, Akama Takao, Miyamoto Toshikazu. (2016) Effect of acupuncture stimulation on salivary human beta-defensin 2 after a single strenuous exercise in young male subjects. *Japanese Acupuncture and Moxibustion*. 12(1): 1-8.
29. 長谷川浩一, 松田岩男, 藤厚(編). (1979) 試合前のコンディショニングづくり. スポーツと競技の心理. 大修館書店. 282-286.
30. Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Naidoo R, Cronin J. (2015) High-protein, low-fat, short-term diet results in less stress and fatigue than moderate-protein moderate-fat diet during weight loss in male weightlifters: a pilot study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 25(2):163-170.

31. 平岡拓晃, 石井孝法, 花岡裕吉, 小野卓志, 秋本啓之, 小林優希, 鈴木なつ未
渡部厚一. (2018) 大会に向けた減量が男子柔道競技日本代表選手と大学選手
の心理的コンディションに及ぼす影響. *スポーツ科学研究*. 15:88-99.
32. 菱田明. (2003) 候の評価と治療の実際(水・電解質管理). *日本内科学会雑誌*.
92. 5号 92:750-756.
33. Horswill CA, Hickner RC, Scott JR, Costill DL, Gould D. (1990) Weight loss,
dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Med
Sci Sports Exer*. 22(4):470-476.
34. Imai T, Seki S, Dobashi H, Ohkawa T, Habu Y, Hiraide H. (2002) Effect of
weight loss on T-cell receptor-mediated T-cell function in elite athletes. *Med Sci
Sports Exerc*. 34(2):245-250.
35. Isacco L, Degoutte F, Ennequin G, Pereira B, Thivel D, Filaire E. (2019) Rapid
weight loss influences the physical, psychological and biological responses during a
simulated competition in national judo athletes. *Eur J Sport Sci*. 2:1-12.
36. 岩尾智, 藤井輝明, 永井実奈子, 森圭子, 佐藤祐造. (1995) ボクシング選手に
おける急速減量が蛋白質代謝に及ぼす影響. *総合保健体育科学*. 18:1-5.
37. Judelson DA, Maresh CM, Anderson JM, Armstrong LE, Casa DJ, Kraemer
WJ, Volek JS. (2007) Hydration and muscular performance: does fluid balance
affect strength, power and high-intensity endurance? *Sports Med*. 37(10):907-
921.

38. 片岡幸雄. (1972) 階級制スポーツにおける急速減量に関する研究(1)レスリング選手の減量の呼吸循環機能および筋力に及ぼす影響. *東京大学教養学部体育紀要*. 7:29-40.
39. 川原貴. (2013) スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 改訂版. 公益財団法人日本体育協会.
40. 木村みさか, 松田基子, 岩田勝, 荒木雅信. (1981) 柔道選手の減量とコンディショニング(スポーツライフのバックグラウンドとなる食習慣の確立を目指して)-体重別試合時の自由な減量方法に基づく減量とその影響. *デサントスポーツ科学*. 14:50-69.
41. Kurakake S, Umeda T, Nakaji S, Sugawara K, Saito K, Yamamoto Y. (1998) Changes in physical characteristics, hematological parameters and nutrients and food intake during weight reduction in judoists. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 3:152-157.
42. 小熊祐子. (2004) スポーツ医学検査測定ハンドブック. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 21:349-351.
43. 小出清一, 福林徹, 河野一郎. (2010) スポーツ指導者のためのスポーツ医学. 改訂第2版. *南江堂*:177.
44. 小嶋新太, 山本洋祐, 田辺勝, 持田典子, 斉藤一雄, 塔尾武夫, 片桐朝美, 戸塚学, 梅田孝, 菅原和夫. (2000) 柔道選手の試合に向けての運動と食事制限が身体的, 心理コンディションに及ぼす影響について. *体力・栄養・免疫学雑誌*. 10(2):61-73.

45. 小俣幸嗣, 菅波盛雄, 青柳領, 吉鷹幸春, 向井幹博, 佐藤伸一郎. (1994) 柔道選手の国際大会におけるコンディショニングについて. *筑波大学体育研究*. 16: 43-50.
46. Lamm ME, Nedrud JG, Kaetzel CS, Mazanec MB. (1995) IgA and mucosal defense. *APMIS*. Apr;103(4):241-246.
47. Mackinnon LT, Jenkins DG. (1993) Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise before and after training. *Med.Sci.Sports Exerc.* 25:678-683.
48. 松坂方士, 梅田孝, 高橋一平, 塚本敏明, 古川照美, 片桐朝美, 吉岡美子, 岡村典度, 中路重之. (2005) 女子柔道合宿直後の身体的・精神的変化とその関連について, *体力・栄養・免疫学雑誌*. (15):119-120.
49. Maughan RJ, Leiper JB, Shirreffs SM. (1997) Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *Br J Sports Med*. 31(3):175-182.
50. McMurray RG, Proctor CR, Proctor WL. (1991) Effect of caloric deficit and dietary manipulation on aerobic and anaerobic exercise. *Int J Sports Med*. 12:167-172.
51. McNair DM, Lorr M, Droppelman LF. (1971) Profile of Mood States, San Diego. *Educational and Industrial Testing Service*.
52. McNair DM, Lorr M, Droppelman LF. (1992) Profile of Mood States Manual. San Diego, Calif: *Educational and Industrial Testing Service*.

53. Michael J Joyner, Edward F Coyle. (2008) Endurance exercise performance the physiology of champions. *J Physiol*. 1: 35-44.
54. Montain SJ, Smith SA, Mattot RP, Zientara GP, Jolesz FA, Sawka MN. (1998) Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a ³¹P-MRS study. *J Appl Physiol* (1985). 84(6):1889-1894.
55. Morgan WP, Brown DR, Raglin JS, O'Conner PJ, Ellickson KA. (1987) Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Brit J Sports Med*. 21:107-114.
56. Munoz CX, Johnson EC, DeMartini JK, Huggins RA, McKenzie AL, Casa DJ, Maresh CM, Armstrong LE. (2013) Assessment of hydration biomarkers including salivary osmolality during passive and active dehydration. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1-7
57. 森田恭光. (1980) 大学ボクシング選手における減量の実態. *日本体育大学紀要*. 12:77-84.
58. 中村大輔, 秋本崇之, 和久貴洋, 鈴木滋, 河野一郎. (2002) 大学サッカー選手における唾液中SIgAを用いた上気道感染症罹患リスク把握の試み. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 10(3):445-450.
59. 中村良三, 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺融. (1984) 試合前の調整(相撲, 柔道, 空手, 合気道, 少林寺拳法, 日本拳法, 太極拳). *講談社*:106-108.
60. 奈良典子. (2006) 柔道における体重コントロールの実際. *日本臨床スポーツ医学*. 23(4):389-395.

61. Nathalie P, Agne`s D, Nicolas G, Romain B, Francine S, Emmanuel, Alexis K, Laurent L B. (2013) Influence of progressive fluid restriction on mood and physiological markers of dehydration in women. *British Journal of Nutrition*. 109:313-321.
62. Nederhof E, Lemmink KA, Visscher C, Meeusen R, Mulder T. (2006) Psychomotor speed possibly a new marker for overtraining syndrome. *Sports Med*. 36(10): 817-828.
63. Neville V, Gleeson M, Folland JP. (2008) Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 40(7): 1228-1236.
64. Nielsen B. (1984) The effect of dehydration on circulation and temperature regulation during exercise. *J Therm Biol*. 9:107-112.
65. 日本臨床スポーツ医学会学術委員会脳神経外科部会. (2015) 頭部外傷10か条の提言. 第2版.
66. 野瀬清喜, 川村禎三, 辻原謙太郎. (1978) 柔道選手の試合期におけるコンディショニングについて. *武道学研究*. 11(2):62-63.
67. Oliver SJ, Laing SJ, Wilson S, Bilzon JL, Walsh NP. (2008) Saliva indices track hypohydration during 48 h of fluid restriction or combined fluid and energy restriction. *Archives of oral biology*. 53:975-980.
68. 小野三嗣. (1976) 体重減量に関する研究(第1次研究報告). *日本体育協会昭和51年度報告書*. 1- 50.

69. 小野三嗣. (1975) 体重減量に関する研究(第1次研究報告). *日本体育協会昭和50年度報告書*. 1- 23.
70. Oppliger RA, Case HS, Horswill CA, Landry GL, Shelter AC. (1996) American College of Sports Medicine Position Stand, Weight loss in wrestlers. *Med Sci Sports Exer.* 28(2): 9-12.
71. Otsuki T, Shimizu K, Iemitsu M, Kono I. (2012) Chlorella intake attenuates reduced salivary SIgA secretion in kendo training camp participants. *Nutr J.* 11:103.
72. Papacosta E, Gleeson M, Nassis GP. (2013) Salivary hormones, IgA, and performance during intense training and tapering in judo athletes. *J Strength Cond Res.* Sep;27(9):2569-2580.
73. Perriello VA, Almquist J, Conkwright D, Cutter D, Gregory D, Pitrezzi MJ, Roemmich J, Snyders G. (1995) Health and weight control management among wrestlers. A proposed program for high school athletes. *Va Med Q.* 122(3):179-183, 185.
74. Raglin JS. (1993) Overtraining and staleness-Psychosomatic monitoring of endurance athletes, In: Singer RB, Murphy M and Tennart LK: *Handbook of research on sports psychology*. 840-850.
75. Raglin JS, Morgan WP , and O'Conner PJ. (1991) Changes in mood states during training in female and male college swimmers. *Int J sports Med.* (12):585-589.
76. Roemmich JN, Sinning WE. (1997) Weight loss and wrestling training: effects on nutrition, body composition. and strength. *J Appl Physiol.* 82(6):1751-1759.

77. Robert A, Samuel H, Craig A, Gregory L, Shelter, AC. (1996) Weight Loss in Wrestlers. *Med Sci Sports Exerc.* 28:9-12.
78. Remick D, Chancellor K, Pederson J, Zambraski EJ, Sawka MN. (1998) Hyperthermia and dehydration-related deaths associated with intentional rapid weight loss in three collegiate wrestlers--North Carolina, Wisconsin, and Michigan, November-December 1997. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 20:47(6):105-108.
79. Sawka MN, Francesconi RP, Young AJ, Pandolf KB. (1984) Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in the heat. *JAMA.* 252(9):1165-1169.
80. 清水和弘. (2011) 免疫系指標と自律神経系指標によるコンディション評価. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 28(8):855-859.
81. 清水和弘, 相澤勝治, 鈴木なつ未, 九木留毅, 木村文律, 赤間高雄, 目崎登, 河野一郎. (2007) 唾液中SIgAを用いた全日本トップレスリング選手の急速減量時のコンディション評価. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 15(3):441-447.
82. Smith DL, Shalmiyeva I, Deblois J, Winke M. (2012) Use of Salivary Osmolality to Assess Dehydration. *Prehospital Emergency care.* 12:128-135.
83. Smith NJ, Stanitski CL, Sports medicine. (1986) A practical guide. Philadelphia. *W. B. Saunders Company.*
84. Soligard T, Steffen K, Palmer D, Alonso JM, Bahr R, Lopes AD, Dvorak J, Grant ME, Meeuwisse W, Mountjoy M, Pena Costa LO, Salmina N, Budgett R, Engebretsen L. (2017) Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016

- Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries.
Br J Sports Med. 51(17):1265-1271.
85. Soligard T, Steffen K, Palmer-Green D, Aubry M, Grant ME, Meeuwisse W, Mountjoy M, Budgett R, Engebretsen L. (2015) Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games. *Br J Sports Med.* 49(7):441-447.
86. Stearns RL, Casa DJ, Lopez RM, McDermott BP, Ganio MS, Decher NR, Scruggs IC, West AE, Armstrong LE, Maresh CM. (2009) Influence of hydration status on pacing during trail running in the heat. *J Strength Cond Res.* 23: 2533-2541.
87. Steen SN, Brownell KD. (1990) Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed? *Med Sci Sports Exerc.* 22(6):762-768.
88. 杉谷博士. (2011) 唾液分泌のメカニズム. *日本口腔外科学会. 第33・34回*:182-186.
89. 田口素子. (2015) 公認スポーツ指導者養成テキスト. 東京. 公益財団法人 日本体育協会. 1. 112.
90. 竹内善徳. (1979) 柔道. 不味堂. pp47-51.
91. Taylor NA, van den Heuvel AM, Kerry P, McGhee S, Peoples GE, Brown MA, Patterson MJ. (2012) Observations on saliva osmolality during progressive dehydration and partial rehydration. *Eur J Appl Physiol.* 112:3227-3237.
92. Tharp GD, Barnes MW. (1990) Reduction of saliva immunoglobulin levels by swim training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 60(1):61-64.
93. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. (2016) American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc.*

Mar. 48(3):543-568.

94. Tsai ML, Ko MH, Chang CK, Chou KM, Fang SH. (2011) Impact of intense training and rapid weight changes on salivary parameters in elite female Taekwondo athletes. *Scand J Med Sci Sports*. 21(6):758-764.
95. 津谷亮祐, 梅田孝, 中路重之, 持田典子, 小嶋新太, 山本洋祐, 戸塚学, 吉岡美子, 和田精子, 菅原和夫. (2003) 柔道選手における減量実施時の精神的ストレスの出現と身体組成, 栄養摂取, 状況の関連について-男女選手の特性と違い-. *体力・栄養・免疫学雑誌*. 13:31-39.
96. Umeda T, Nakaji S, Shimoyama T, Kojima A, Yamamoto Y, Sugawara K. (2004) Adverse effects of energy restriction on changes in immunoglobulins and complements during weight reduction in judoists. *J Sports Med Phys Fitness*. Sep;44(3):328-334.
97. Umeda T, Nakaji S, Sugawara K, Yamamoto Y, Saito K, Honjo S, Sakurai Y, Totsuka M. (1999) Gender differences in physical and psychological stress responses among college judoists undergoing weight reduction. *Environ Health Prev Med*. 4(3):146-150.
98. Walsh NP, Laing SJ, Oliver SJ, Montague JC, Walters R, Bilzon JL. (2004) Saliva parameters as potential indices of hydration status during acute dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 36(9):1535-1542.
99. Walsh NP, Montague JC, Callown N, rowlands AV. (2004) Saliva flow rate, total protein concentration and osmolality as potential markers of whole body hydration

- status during progressive acute dehydration in humans. *Archives of Oral Biology*. 49(2):149-154.
100. Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA, Dennis SC. (1994) Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int J Sports Med*. 15(7):392-398.
101. 渡辺美智子, 向笠由美, 鈴木久乃, 金子佳代子, 小池五郎, 桜間幸次, 藤本英男, 井川正治, 笹渕五夫, 北博正, 万木良平. (1984)スポーツ選手の10%前後急速減量に関する研究. *体力科学*. 33:40-51.
102. Websret S, Rut R, Weltman A. (1990) Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Med Sci Sports Exerc*. 22:229-234.
103. Wingo JE, Ganio MS, Cureton KJ. (2012) Cardiovascular drift during heat stress: Implications for exercise prescription. *Exerc Sport Sci Rev* 40:88-94.
104. 山本勝沼. (1989)スポーツ選手のメンタルマネジメントに関する研究ボクシング選手の場合. *日本体育協会スポーツ医科学研究報告*. 第4報. 4:44.
105. Yamauchi R, Shimizu K, Kimura F, Takemura M, Suzuki K, Akama T, Kono I, Akimoto T. (2011) Virus activation and immune function during intense training in rugby football players. *Int J Sports Med*. 32 (5):393-398.
106. 横山和仁, 荒記俊一, 川上憲人. (1990) POMS(感情プロフィール検査)日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討. *日本公衛誌*. 37:913-918.