

早稲田大学審査学位論文

博士（スポーツ科学）

トライアスロン競技選手の  
コンディショニングに関する研究

A Study on Conditioning of Triathlon Athletes

2023年1月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科

稲井 勇仁

INAI, Yuto

研究指導教員： 赤間 高雄 教授

## 目次

### 第1章 序論

- 1-1 トライアスロン競技とは・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
- 1-2 コンディショニングとは・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
- 1-3 トライアスロン競技におけるコンディショニング・・・・・・・・・・2
- 1-4 本論文の目的および構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5

### 第2章 環境的因子におけるコンディショニング

- 2-1 暑熱対策の認識と脱水との関係(研究課題1)・・・・・・・・・・・・・6
- 2-2 脱水指標測定のための唾液採取方法の検討(研究課題2)・・・・・・・・16

### 第3章 情動的因子におけるコンディショニング

- 3-1 競技レベルとペース戦略の検討(研究課題3)・・・・・・・・・・・・・25
- 3-2 効率的なデータ活用方法の検討(研究課題4)・・・・・・・・・・・・・36

### 第4章 総合討論

- 4-1 本研究で得られた成果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・52
- 4-2 今後の展望・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・53

### 第5章 結論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・54

### 参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・54

### 謝辞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・66

## 第1章 序論

### 1-1 トライアスロン競技とは

トライアスロンとは、スイム（水泳）、バイク（自転車）、ラン（ランニング）の順に異なる種目を連続して行う複合型の持久性スポーツである。トライアスロン競技のレース形式は距離が短い順に、スーパースプリントディスタンス、スプリントディスタンス、スタンダードディスタンス、ミドルディスタンス、ロングディスタンスがある。オリンピック競技大会はスタンダードディスタンス(スイム 1.5 km、バイク 40 km、ラン 10km)で行われる。第32回オリンピック競技大会(2020/東京)から男子選手2名と女子選手2名でチームを組むミックスリレー(スイム 250-300 m、バイク 5-8 km、ラン 1.5-2 km)が行われ、短時間で高速のレースが展開される。また、パラトライアスロンはスタンダードディスタンスの半分の距離であるスプリントディスタンスを PTWC(座位)、PTS2-5(立位)、PTVI(視覚障がい)のクラスでそれぞれ競う。トライアスロン競技におけるパフォーマンスの向上やコンディショニングの方法に関する検討はスポーツ医学(Dallam et al., 2005)、運動生理学(Borrego-Sánchez et al., 2021)、スポーツバイオメカニクス(Weich et al., 2019)、スポーツ栄養学(Jeukendru et al., 2005)、パラトライアスロン(Lima et al., 2022)などの研究分野から検討されている。

### 1-2 コンディショニングとは

競技スポーツにおけるコンディションとはその時の体調やその時の状態をいい、コンディショニングとはそのコンディションに基づいて「パフォーマンス発揮に必要なすべての要因を、ある目的に向かって望ましい状態に整えること」と定義している(和久, 2002)。コンディションを決定づける因子には、メディカル、フィットネス、メンタル、栄養、スキル、用具、スケジュール、戦術、情報など多岐にわたる。アスリートが最高のパフォーマンスを発揮するために必要な要素は、身体的因子、精神的因子、環境的因子、情動的因子に分類される(清水ら, 2011)。身体的因子としては形態、行動体力的因子、防衛体力的因子、技術的因

子が挙げられる。精神的因子としては競技にかかわる精神的因子、競技外にかかわる精神的因子が挙げられる。環境的因子としては競技環境、遠征先の環境、移動、スケジュール、栄養、睡眠、用具・器具、サポートスタッフ、費用が挙げられる。情動的因子としては戦術・戦略、環境情報、競技ルール、ドーピング・コントロールが挙げられる。近年ではパフォーマンス向上やコンディショニングの方法の確立に向けて、免疫機能や自律神経の有用性が検討されている(Sun et al., 2022; Ono et al., 2020; Peng et al., 2022)。これらの因子を踏まえて、競技におけるピークパフォーマンス発揮のために日々のトレーニングに加え、健康管理の徹底や競技環境への対策など様々な因子について対策を考える必要があると言える。

### **1-3 トライアスロン競技におけるコンディショニング**

#### **1-3-1 環境的因子におけるコンディショニング**

日本では5月から9月にかけてトライアスロンレースが集中的に開催され、時には水温や気温が高い暑熱環境下で行われることもある(Japan Triathlon Union, 2021)。このようにトライアスロンレースでは暑熱環境下でパフォーマンスを発揮できるようにコンディションを整える必要がある。熱中症とは、暑さが関係する障害の総称で、熱失神、熱疲労、熱痙攣、熱射病などの病型がある(川原ら, 2018)。トライアスロンレースは5月から9月にかけて集中的に開催され(公益社団法人日本トライアスロン連合, 2020)、特に7月下旬から8月上旬は日本国内において熱中症の発生が多発する時期である(川原ら, 2018)。よって、トライアスロンレースが開催される時期は熱中症を引き起こすリスクが高く、実際にスポーツ種目別の熱中症発生率に関する先行研究では、トライアスロンは最も熱中症の発生率が高いスポーツとされている(Driscoll et al., 2008)。これらのことから、トライアスロン競技においては環境的因子におけるコンディショニングは重要であり、熱中症を予防するための取り組みが必須であると考えられる。中村ら(2018)はあらゆる競技のトップアスリートを対象に暑熱対策に関するアンケート調査を実施し、トップアスリートは暑熱対策の必要性を認識

していた。夏季にレースを行うトライアスロン競技選手も、暑熱対策の知識を有していると考えられるが、その知識に対して実際のレースで水分補給を適切に行われているかどうかは不明である。そこでトライアスロン競技選手を対象に、暑熱対策の知識の有無が脱水の予防に貢献するかどうかを検討する必要がある。

運動パフォーマンスの低下につながる脱水(Walsh et al., 1994)は、スポーツ現場において問題視されており、脱水予防に向けて体水分状態を適切に把握することが重要であると考えられる。近年では、皮膚や口腔内から体水分状態を評価する試みがなされ、スポーツ現場に則した脱水評価方法が検討されている(Eda et al., 2022; Tanabe et al., 2021)。唾液は血液や尿と比較して簡便かつ非侵襲的に自己採取や反復採取が可能な生体試料である。唾液の 99% は水であり、主な電解質成分としてナトリウムイオンや塩化物イオンなどを含み(広野, 2006)、浸透圧の決定に関与している。これまでの先行研究において、唾液を用いて脱水状態を評価できる可能性が示唆されている。Walsh et al.(2004)は、脱水により唾液浸透圧および唾液総タンパク質濃度が増加し、唾液分泌速度が低下したことを報告している。このように唾液は脱水評価指標として有用であると考えられる一方、唾液は採取条件によって唾液分泌速度や唾液中の成分が大きく変化する(Ericsson & Hardwick, 1978; 広野, 2006)。そのため、脱水前後の変化を捉えるために適切な唾液採取方法を用いて唾液中の脱水指標の変化を検討する必要がある。

### 1-3-2 情動的因子におけるコンディショニング

オリンピック競技大会におけるトライアスロンレースの全長は 51.5 km におよび、適切なペース戦略を選択することが優れたパフォーマンスの発揮に繋がると考えられる。このようにトライアスロンレースでは適切に戦術や環境に関する情報を収集および分析する必要がある。ある運動におけるエネルギー消費のパターンや速度の配分は「ペース戦略」と呼ばれ(Wu et al., 2014)、適切なペース戦略の選択は優れた競技パフォーマンスにとって重要である(Abbiss and Laursen, 2008)。一般的に、ペース戦略としてネガティブペース戦略、オールア

ウトペース戦略、ポジティブペース戦略、一定ペース戦略、放物線型ペース戦略、可変型ペース戦略がある(Abbiss and Laursen, 2008)。中でも、持久性スポーツにおいて、速度を一定に保つ一定ペース戦略がパフォーマンスを最大化するための効果的な戦略であることが多くの研究で示唆されている(Ely et al., 2008; Hoffman, 2014; Lambert et al., 2004; Losnegard et al., 2016; March et al., 2011)。これらの先行研究を踏まえると、パフォーマンスが高い選手は低い選手よりも一定ペース戦略を示す可能性が高い。これらのことから、トライアスロン競技においては情動的因子におけるコンディショニングは重要であり、優れたペース戦略を検討するためにはパフォーマンスの高いグループと低いグループのペース戦略の違いを検討する必要がある。

スポーツ現場では、様々な方法で選手のコンディションや気象データを収集し、フィードバックしてコンディショニングがおこなわれている(村上ら, 2015; 村上 & 鳥居, 2016; 松生ら, 2016; 田畑ら, 2017; 中村ら, 2019)。新型コロナウイルス感染症拡大のため、選手とスタッフが一緒に練習することが困難となり、選手のコンディションは紙媒体を使って対面でやり取りすることができず、オンライン化することで離れた場所から身体的コンディションを確認することが求められるようになった。また、スポーツ現場では、スマートフォンの使用、安価なツールの使用、データ管理者の作業量の削減、グラフの自動作成、即時フィードバックできるシステムの構築が求められている。

それらを踏まえて、トライアスロン選手のコンディショニングには、パフォーマンスに影響を与える可能性のある環境的因子や情動的因子を正確に把握することが重要であると言える。そこで本研究では、環境的因子が大きな影響を与える熱中症の予防と、情動的因子として重要なペース戦略とデータ活用方法に焦点をあてることにした。

#### 1-4 本論文の目的および構成

本研究では、トライアスロン選手のより良いコンディショニング方法を確立するために、トライアスロンのコンディショニングにおいて重要な2つの因子に着目して検討した。1つは環境的因子におけるコンディショニングであり、熱中症予防の方策の検討として、暑熱対策の認識と脱水との関係（研究課題1）と脱水指標測定のための唾液採取方法の検討（研究課題2）である。2つ目は、トライアスロンにおける情報的因子におけるコンディショニングとして、競技レベルとペース戦略の検討（研究課題3）および効率的なデータ活用方法の検討（研究課題4）である。また、各研究課題の関係性は、トライアスロンレースで問題となっている熱中症の予防に向けて唾液を用いた脱水指標の確立に向けて検討するとともに（研究課題1, 2）、昨今の新型コロナウイルス感染症拡大に伴うトライアスロンレースのルール変更による最新のペース戦略の特徴をおさえ（研究課題3）、脱水指標を確立させた際のデータ取扱方法を検討することである（研究課題4）。

#### 環境的因子におけるコンディショニング（第2章）

##### 研究課題1. 暑熱対策の認識と脱水との関係

この内容は、稲井勇仁、枝伸彦、広瀬統一、赤間高雄：暑熱対策の必要性を認識している大学トライアスロン競技選手のレースによる体重減少および尿比重の変化．日本アスレティックトレーニング学会誌．Vol.7(1), p.111-117. 2021.に掲載済みである。

##### 研究課題2. 脱水指標測定のための唾液採取方法の検討

この内容は、稲井勇仁、孫子曰、小関恭子、及川哲志、花岡裕吉、枝伸彦、赤間高雄：刺激唾液および無刺激唾液の浸透圧と血清浸透圧との関係．日本運動生理学雑誌．Vol.28 (2), p.37-42. 2021.に掲載済みである。

## 情動的因子におけるコンディショニング (第3章)

### 研究課題 3. 競技レベルとペース戦略の検討

この内容は、Yuto Inai, Atsushi Aoyagi, Keisuke Ishikura, Hayate Namatame, Yoshiharu Nabekura, Takao Akama: A Study of Race Pacing in the Running Leg of the Japan University Triathlon Championship. *Front Sports Act Living*. 4: 871727. 2022. Published online 2022 Jun 28. doi: 10.3389/fspor.2022.871727 に掲載済みである。

### 研究課題 4. 効率的なデータ活用方法の検討

この内容は、Yuto Inai, Satoshi Oikawa, Takao Akama. Study on the Efficiency of Data Collection, Organization and Feedback Methods for Triathlon Races. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*. 10(2):155-165, 2022. に掲載済みである。

## 第2章 環境的因子におけるコンディショニング

### 2-1 暑熱対策の認識と脱水との関係(研究課題 1)

#### 2-1-1 緒言

トライアスロン競技選手にとってはパフォーマンス維持の観点からも、暑熱環境下における深部体温の上昇を抑制する取り組みが必要である。スポーツ活動における深部体温の上昇が運動パフォーマンスの低下をもたらすことを示唆する先行研究は数多く報告されている(Ely et al., 2009; González et al., 1999)。中でも Ely et al.(2009)は、暑熱環境下でトライアスロンレースのラン 10 km に近い 8km のタイムトライアルを行わせ、深部体温が 40°C を超えるとその強度での運動継続が困難になることを報告している。このことから、運動中は過度に深部体温を上昇させないことが重要である。体温を調節する方法には自律性体温調節と行動性体温調節がある。自律性体温調節とは主に脳視床下部が司令塔となり、自律神経あるいは運動神経を介して行われる体温調節である(永島, 2010)。ヒトでは放熱亢進が過度な深部体温の上昇を防ぐ役割を担っているが、その反面発汗量の増加は、体水分量が減少する



ことによる脱水が生じる。脱水は、深部体温の上昇を促進させることにつながり、このことは熱中症の発生リスクを高めることにつながる(Barr, 1999)。一方、水分を摂取することで、暑熱環境下における運動中の深部体温の上昇が抑制されることが報告されている(González et al., 1995)。脱水は運動パフォーマンスの低下をもたらすことが数多くの先行研究より示されている。自転車競技選手を対象に体重の 1.8%相当を脱水させた場合、脱水していない場合と比較して、疲労困憊に至るまでの時間が約 32.8%短くなったことが報告されている(Walsh et al., 1994)。このように熱中症の発症や運動パフォーマンスの低下につながる脱水は、スポーツ現場において問題視されており、脱水を予防することが重要であると考えられる。体内の水分状態を推定するためには、脱水状態を客観的に評価する必要があるが、その方法として運動前後に簡便に行える体重測定が多く用いられている。さらに、行動性体温調節は体温を維持するために最適な環境を選択する行為であり、一旦その環境を獲得すれば体液の消費を最少に抑えることができる(永島, 2010)。日差しの当たらない場所への移動、着衣の着脱、空調機器の調整がこれにあたる。熱中症の発生を防止するための環境温度の評価は、Wet Bulb Globe Temperature(WBGT)を用いることが望ましいとされており(川原ら, 2018)、環境温度を管理して熱中症のリスクを軽減することが重要である。中井ら(2007)によれば、WBGT が 28°C 以上になると運動時の熱中症の発生が特に多くなると報告している。さらに、脱水は熱中症のような重篤な病態も引き起こす。血漿浸透圧の増加は脱水の程度を推定することができるが(Popowski et al., 2001)、採血は侵襲的であるためスポーツ現場において困難なことが多い。そのため、スポーツ現場では尿の浸透圧、尿比重、尿の色を測定することで脱水状態を評価している(Shirreffs, 2003; Kavouras, 2002)。トライアスロン競技では、2010 年広州アジア大会事前合宿からレース前日にかけて、脱水指標である尿比重を用いたコンディションチェックが行われてきた(瀬尾, 2011)。これまでに、客間的な脱水の指標を用いたコンディション評価の有用性や活用事例が報告されていることから(瀬尾, 2011; Casa et al., 2000)、毎年 9 月上旬に開催される日本学生トライアスロン選手権においても脱水の評

価を含めた熱中症予防対策を講じる必要性は高いと考えられる。また、2015年にはロードレースのイベントにおけるガイドライン The International Institute of Race Medicine が発表され、レースでの不要な医療行為を防ぐための重要な要素として、参加者への安全性を高めるための教育を行うことが奨励されている(Mears & Watson, 2016)。Hosokawa et al.(2019)はランナーを対象に暑熱対策に関する知識を調査した。その結果、回答者の90%以上が活動予定日の前日から水分補給の重要性を認識していることを報告した。日本国内においても、中村ら(2018)はあらゆる競技のトップアスリートを対象に暑熱対策に関するアンケート調査を実施し、トップアスリートは暑熱環境下で試合を行う際の暑熱対策の必要性を認識していた。夏季にレースを行うトライアスロン競技選手も、熱中症予防に向けた暑熱対策の実施の観点から暑熱対策の知識を有していると考えられるが、その知識に対して実際のレースで水分補給を適切に行われているかどうかは不明である。

## **2-1-2 目的**

そこで本研究は、大学トライアスロン競技選手を対象に、まず暑熱対策の知識を有しているかどうかを調査し、次に、実際のレース前後の体重減少率および尿比重の結果から、暑熱対策の知識の有無が脱水の予防に貢献するかどうかを検討することを目的とした。本研究により大学トライアスロン競技選手の脱水予防に向けた一資料となることが期待される。

## **2-1-3 方法**

### **2-1-3-1 対象**

本研究は、健康な男子大学トライアスロン競技選手6名(年齢  $20.0 \pm 1.1$  歳、身長  $170.7 \pm 2.0$  cm、体重  $60.4 \pm 3.8$  kg)を対象とした。この6名は東京都の八丈島で開催された7日間のトライアスロンの合宿に参加したトライアスロン競技選手のうち、合宿中に開催されたスイム2 km、バイク80 km、ラン20 kmのトライアスロンレース(以下; レース)に出場し、制

限時間の6時間以内にゴールした。レーススタート時のWBGTは28.0℃であった。対象者は2017関東学生トライアスロン選手権に出場し、うち4名は本戦である2017日本学生トライアスロン選手権に出場した。本研究はヘルシンキ宣言および個人情報保護法の趣旨に則り、全ての対象者には本研究の趣旨や内容、データの取り扱い方法について説明し口頭にて同意を得て実施した。

### 2-1-3-2 測定の概要

図1に実験の概要を示す。実験は、合宿中に実施し、レースは合宿5日目に実施した。暑熱対策の知識に関するアンケート調査は合宿初日に実施した。合宿期間中は、対象者全員が同じトレーニングを実施した。レース当日にトライアスロンレースを実施した。体重はレース当日の起床時、レーススタートの10分前(以下; レース直前)、ゴール直後、レース翌日の起床時に測定した。尿比重はレース当日の起床時およびレース翌日の起床時に測定した。

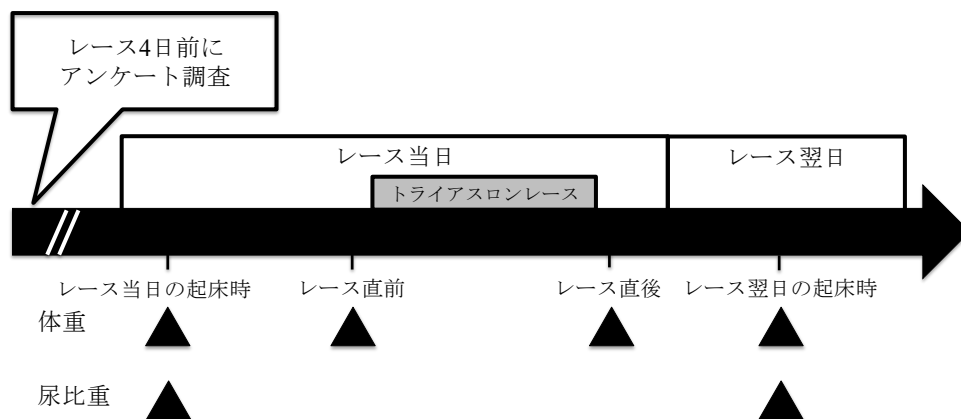


図1. 実験プロトコル

### 2-1-3-3 測定項目

暑熱対策の知識に関するアンケート調査は、独立行政法人日本スポーツ振興センター発行「競技者のための暑熱対策ガイドブック」に記載されている調査内容と同一の図を用いて行った(中村ら, 2017)。対象者にはレース4日前にスポーツ現場での暑熱対策に関する課題

および実践している暑熱対策に関する自身の現状について記載するように指示した。中村ら(2018)も同様のアンケート調査を実施し、全ての対象者が「試合中の暑熱対策は必要だと思いますか?」に「はい」と回答した結果を受けて暑熱対策の必要性を認識していると述べている。そのため、本研究も対象者全員が暑熱対策の必要性に「はい」と回答することで暑熱対策の必要性を有していることとする。なお、本研究への参加に向けた対象者への事前説明では、暑熱対策に関する事前教育を受けてきたか否かを口頭で確認し、対象者全員はこれまで暑熱対策に関する事前教育を受けてこなかった。調査用紙は全員に同じタイミングで配布し、記入した対象者から順にその場で回収した。レース当日および翌日の起床時の体重はTシャツ、半ズボン、下着を着用し、全員同一の場所で測定した。対象者は裸足の状態で体重計(Karada Scan 371 HBF 371 A オムロン社製、精度  $\pm 200$  g)に乗った。なお、記録する際はTシャツ、短パン、下着の合計重量である 0.3 kg を引いた値を記録した。また、レース直前およびレース直後の体重は、フィニッシュエリア周辺でトライアスロンのレース用ユニフォームを着用し、裸足の状態で体重計に乗って測定した。記録する際はレース用ユニフォームの重量である 0.1 kg を引いた値を記録した。なお、レース直後の体重は、レースフィニッシュから水分摂取をせずに測定した。尿比重は、デジタル表示式の尿比重屈折計(UG-D アタゴ社)を用いて測定した。尿比重の測定は、起床直後の中間尿を用いて行った。採取した尿は測定者が回収し、速やかに尿比重を測定した。

#### 2-1-3-4 統計解析

各測定値は、平均値  $\pm$  標準偏差で示した。Shapiro-Wilk 検定により、全ての測定項目において正規性が否定されなかった。体重は反復測定による一元配置分散分析を用いて解析し、有意差が認められた場合は Bonferroni 法の多重比較検定を行った。尿比重は対応のある t 検定を行った。統計解析には SPSS Statistics(version 24.0)を用い、有意水準はいずれも危険率 5 %未満とした。

#### 2-1-4 結果

トライアスロンレースにおいて、総合タイム、スイムラップ、バイクラップ、ランラップはそれぞれ5時間16分12秒 ± 20分25秒、28分30秒 ± 3分40秒、2時間54分39秒 ± 9分29秒、1時間48分52秒 ± 9分59秒であった。アンケート調査の回収率は100%であった。

「試合中の暑熱対策は必要だと思いますか？」および「トレーニング中の暑熱対策は必要だと思いますか？」という問いに対して、6名全員が「はい」と回答した。「試合中に、暑熱環境の影響を受けてパフォーマンスが低下すると感じたことはありますか？」という問いに対して、5名が「はい」、1名が「どちらともいえない」と回答した。「暑熱環境下での試合時に水分補給に関して特に気をつけていますか？」という問いに対して、5名が「はい」、1名が「いいえ」と回答した。その問いに「はい」と回答した対象者に対する「試合時の水分補給に関して特に気をつけている点についてご記入してください(水分補給のタイミング、飲料の種類、摂取量など)」という問いに対して、5名の対象者は「こまめに喉が乾く前に水分補給する」、「試合中に毎回水分補給する」、「頻繁に水を飲む」、「試合前日や開始前はいつも以上に水分を摂るようにしている」、「レース 2~3 日前から、水分を意識して多く飲む」と回答した。

図2に尿比重の結果を示す。レース当日の尿比重は  $1.025 \pm 0.004$ 、レース翌日は  $1.031 \pm 0.005$  で、レース翌日の尿比重が有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。アンケート調査でレース時に水分補給に関して特に気をつけていないと回答した対象者1名(対象A)の尿比重は、レース当日からレース翌日にかけて尿比重が最も増加していた。

図3に体重測定の結果を示す。レース当日の起床時の体重は  $61.4 \pm 3.3$  kg、レース直前は  $61.6 \pm 3.4$  kg、レース直後は  $59.4 \pm 3.2$  kg、レース翌日の起床時は  $60.5 \pm 3.5$  kg であった。一元配置分散分析の結果、条件間で有意差が認められ( $F = 46.4$ 、 $p$  値 = 0.000)、多重比較検定の結果、レース当日の起床時とレース直後、レース直前とレース直後、レース当日の起床時

とレース翌日の起床時、レース前とレース翌日の起床時を比較して有意に低値を示した( $p < 0.05$ )。

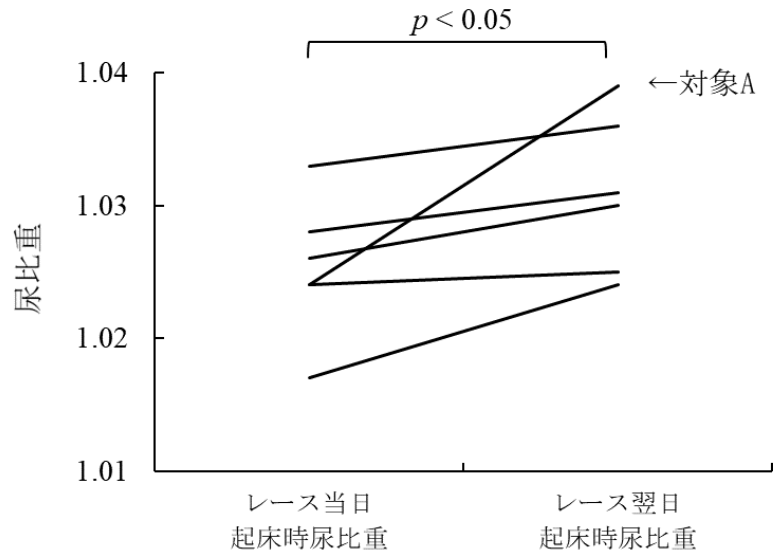


図 2. レース当日とレース翌日の尿比重

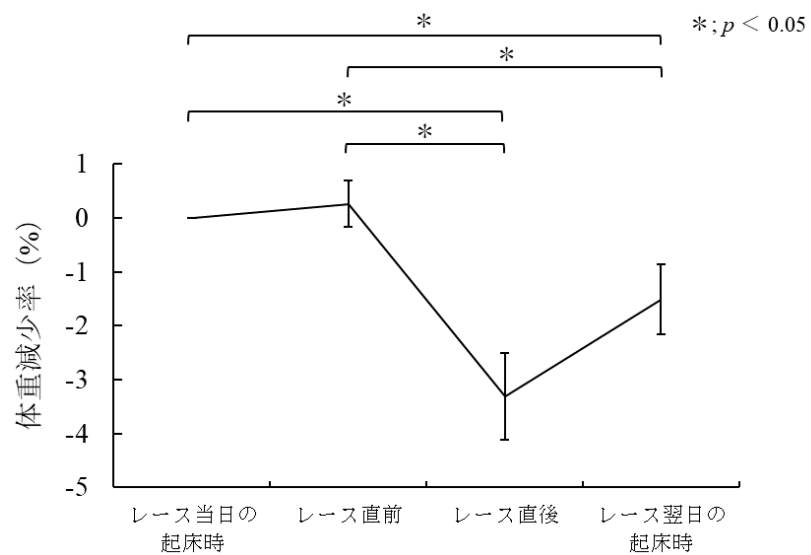


図 3. レース当日からレース翌日までの体重減少率

### 2-1-5 考察

本研究では、大学トライアスロン競技選手を対象にレース前後の体重減少率および尿比重を用いて現状の暑熱対策への知識では脱水を予防できているのか否かを検討した。本研究に参加した対象者全員が「試合中の暑熱対策は必要だと思いますか?」という質問に「はい」と回答したことから、対象者の全員が暑熱対策の必要性を認識していた。中村ら(2018)も同様のアンケート調査を実施し、日本人トップアスリートは暑熱環境下で試合を行う際の暑熱対策の必要性を認識していたと報告している。このような結果となった背景として、本研究対象者は試合中においてパフォーマンス発揮が低下すると感じている割合が高く、本研究も中村ら(2018)と同様の結果が得られた。本研究で暑熱環境下での試合時の水分補給に関して特に気を付けていることを調査したところ、対象者全員が試合時に水分を補給するという回答を得られた。適切な水分補給の実施に向けて、競技者は水分摂取量や摂取のタイミング、糖質・電解質濃度などを考慮しなければならない(McDermott et al., 2017)。そのため、これらの知識の獲得は重要であると考えられる。しかし、本対象者からは具体的な水分摂取量や電解質濃度、水分補給のタイミングに関する回答を得ることができなかった。そのため、本研究の対象者は運動中の水分補給において水分摂取量や摂取のタイミング、糖質・電解質濃度などを考慮した水分補給を実行していなかったと推察される。今後、競技者は暑熱対策に関するガイドブック等から水分補給に関する専門的な知識を獲得し、実行する必要があると考えられる。トレーニング前、トレーニング中、トレーニング後の適切な水分補給は、体内の水分量や循環血漿量の損失を減らすことでパフォーマンスを維持させ、熱疲労や熱射病を減少させることが報告されている(Von et al., 2008)。このことから、パフォーマンスを維持させる要因の一つとして脱水予防が重要となると考えられる。Casa et al.(2000)は、尿比重が 1.010 未満のとき十分に水分補給できている状態(Well hydrated)、1.010-1.020 は軽い脱水(Minimal dehydration)、1.021-1.030 は明らかな脱水(Significant dehydration)、1.030 を超える場合は深刻な脱水(Serious dehydration)としている。本研究における尿比重は、レース当

日と比較してレース翌日に有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。レース当日の起床時の尿比重は  $1.025 \pm 0.004$  で明らかな脱水であり、レース翌日は  $1.031 \pm 0.005$  で深刻な脱水状態であったと考えられる。また、アンケート調査においてレース時に水分補給に関して特に気をつけていないと回答した対象 A は、本研究に参加した対象者のうちレース当日から翌日にかけて尿比重が最も増加していた。レース中、水分補給に関して気をつけていない対象者がいたことから、今後も水分補給に関する教育が必要であると考えられる。しかしながら、本研究対象者は 6 名と少数であり、比較対象群を設けていなかったことより今後さらなる検討も必要である。本研究において、レース前後の平均体重減少率は 3.6%であったため、持久性パフォーマンスの維持に必要とされる 2%(Sawka et al., 2007)体重減少率より大きかった。そのため、対象者は脱水の影響を受けて持久性パフォーマンスの低下を招き、レース結果に悪影響を及ぼした可能性がある。さらに、今後は日々の体重や尿比重の推移を把握するためにもレース当日やレース翌日以外および合宿前後のデータの取得も必要であると考えられる。また、本レースでは環境温度を測定していなかったため、対象者は環境温度を客観的に知らなかったと考えられる。環境省のデータにおいて、レース会場周辺のレース中の WBGT は  $28.0^{\circ}\text{C}$  を超えていた(環境省, 2019)。実際にアメリカスポーツ医学会(Armstrong et al., 2007)と全米アスレティックトレーナー協会(Casa et al., 2015)が提示する WBGT に基づく活動修正ガイドラインに基づくと、本レースの実施環境は極めて過酷な環境であったと言える。Baillot & Hue(2015)は、スタート前の WBGT が  $27.2^{\circ}\text{C}$  であったトライアスロンレース(スイム 1.9 km、バイク 92 km、ラン 21.1 km)において、体重減少率が平均 5.0%であったと報告している。本研究のレースに参加した対象者の中には、レース前後の体重減少率が 5.0%を示した対象者がいたことから、WBGT が  $28^{\circ}\text{C}$  程度のトライアスロンレースでは、体重減少率が 5.0%に及ぶこともあると言える。対象者は暑熱対策の必要性を認識していたにも関わらず、レース前後で体重が有意に減少し、尿比重が有意に高値を示した。その要因として対象者が獲得している知識を行動として実践に結びつけていなかった可能性が考えられる。



暑熱対策の知識を調査した研究では全てのランナーが推奨されている暑熱対策の方法を採用しているわけではなく、行動変容を促すトランスセオレティカルモデルを検討する必要があると示している(Hosokawa et al., 2019)。本研究においても対象者が暑熱対策に向けた行動に結びつけていなかったことから、今後は行動変容を促す教育が必要であると考えられる。今後、競技者や指導者はレースへ参加するにあたり WBGT を事前に知り、積極的な水分補給等の暑熱対策を実施する必要があると言える。本研究では、対象者のレース前後およびレース中に摂取する水分量や糖質・電解質溶液濃度を調査することができなかった。レースのバイクパートではボトルの中の水分を首部にかけ、ランパートではレース主催者から配布された水を専用のゴミ箱へ破棄するルールがあるため、レース中の水分摂取量を正確に把握することが困難であった。水分補給において糖質や電解質を加えることは身体にとって有益であることから(McDermott et al., 2017)、今後は、工夫しながらレース前後およびレース中の水分摂取量の測定や糖質・電解質溶液濃度を調査し、暑熱環境下の運動における体水分量低下の予測や熱中症の予防に有用な方法を検討する必要がある。さらに、暑熱対策への認識に反して明らかな脱水を示した要因として、自身のコンディションを主観的にしか見ていなかった可能性がある。本研究の測定で用いた体重測定や尿比重測定はスポーツ現場において安易に水分状態を把握することができるため、体重計や尿比重計を用いて客観的にコンディションを把握する必要があると考えられる。

#### 2-1-5 結論

本研究では、大学トライアスロン競技選手を対象にレース前後の体重減少率および尿比重を用いて現状の暑熱対策への知識では脱水を予防できているのか否かを検討した。本研究の対象者はレース前後において脱水状態であった一方、暑熱対策の必要性は認識していた。そのため、本研究において大学トライアスロン競技選手は暑熱対策の必要性を認識し、暑熱対策の知識があっても関わらず脱水していたことが新たに示された。今後は、さらな

る教育とともに、客観的な脱水指標をモニターして脱水の程度を評価する必要があると考えられる。

## 2-2 脱水指標測定のための唾液採取方法の検討(研究課題 2)

### 2-2-1 緒言

脱水指標として最も頻繁に用いられる体重の変動は、一過的な運動時の体水分状態の急激な変化を評価するためには有用であるが、長期間にわたる体重の変動は排便、基質代謝に伴う体重の変動および体組成の変化といった様々な要因の影響を受ける可能性がある(O'Brien et al., 2002)。脱水(細胞外液量の減少)時はバソプレッシンやアルドステロンが分泌され、体水分を保持する。尿クレアチニン/血清クレアチニン比の増加と尿中ナトリウム排泄率の低下はこれらのホルモン分泌を反映するため(Moitra et al., 2006)、脱水指標となり得る。運動および暑熱ストレスの組み合わせによって誘発される脱水では、血清浸透圧が段階的に増加するため(Muñoz et al., 2013)、脱水の評価に有益な指標とされている。一方で、血液脱水指標を評価するためには、対象者から侵襲的に血液を採取することが必要とされる。スポーツ現場で採血を行うことは困難であることが多く、尿浸透圧、尿比重および尿の色を測定することで脱水状態を評価しているが(Kavouras, 2002; Sawka et al., 1985)、尿は短時間に反復して採取することが難しいという側面もある。

これまでの先行研究において、唾液を用いて脱水状態を評価できる可能性が示唆されている。Walsh et al.(2004)は、男性 12 名を自転車運動によって体重減少率が 1.1%、2.0%、2.9%に達するまで脱水させ、綿を舌下に放置させる方法を用いて唾液を採取した。その結果、脱水により唾液浸透圧および唾液総タンパク質濃度が増加し、唾液分泌速度が低下したことを報告している。また、Ericsson & Hardwick(1978)は、咀嚼により口腔内を刺激せずに唾液を分泌させる無刺激唾液採取方法よりも、口腔内を刺激して唾液を分泌させる刺激唾液採取方法のほうが、より多くの唾液が分泌されたことを報告している。脱水は唾液分泌速度を

顕著に低下させることから(Walsh et al., 2004)、脱水の評価として唾液分泌速度を十分に確保することが可能な刺激唾液が採取方法として適切である可能性が想定される。また、脱水すると血清浸透圧および唾液浸透圧は上昇するため、血清浸透圧と唾液浸透圧は相関関係を示し、唾液浸透圧は血清浸透圧を反映すると考えられる。しかし、唾液は採取条件によって唾液分泌速度や唾液中の成分が大きく変化する(Ericsson & Hardwick, 1978; 広野, 2006)。また、無刺激唾液は唾液採取時に意図せずに口腔内が刺激され、唾液分泌速度や唾液中の成分が変化する可能性が考えられる。これまで異なる唾液採取方法による唾液脱水指標が血液脱水指標を反映するかを検討した研究は無い。無刺激唾液採取方法では脱水中に多くの唾液を採取することができないことから(Walsh et al., 2004)、刺激唾液採取方法を用いて刺激唾液の浸透圧が血清浸透圧を反映するか否かを検討する必要がある。

## 2-2-2 目的

そこで本研究では、安静時において刺激唾液と無刺激唾液中の脱水指標と、脱水指標として確立された血液中指標(血清浸透圧)の関連性を検討し、唾液浸透圧が血清浸透圧を反映するかを明らかにすることを目的とした。実際のスポーツ現場において、脱水を伴うようなスポーツでは、唾液を用いて簡便に脱水状態を評価することが可能となれば、熱中症の予防やコンディション評価としてその有用性が期待される。

## 2-2-3 方法

### 2-2-3-1 対象

対象は、健康な成人男性 28 名(年齢  $22.8 \pm 1.5$  歳、身長  $174.4 \pm 6.2$  cm)とした。本研究は全ての対象者へ事前に本実験の趣旨や内容、データの取り扱い方法について説明し、文書で参加の同意を得た。本研究は、早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した(承認番号: 2018-329)。

### 2-2-3-2 測定の概要

測定は、刺激唾液採取を実施する日と無刺激唾液採取を実施する日に分け、クロスオーバー試験にて2日間実施した。実験の概要を図4に示す。測定前日は22時以降の食事を禁止とし、十分な睡眠をとった。測定前日22時から測定当日9時までは水のみ自由摂取とした。測定当日は概ね9時前に実験室へ来室し、排尿、身長計測および身体組成の測定を行った。30分間の座位安静後、刺激唾液採取もしくは無刺激唾液採取のいずれかをランダムな順番で実施した。その後、すぐに採血を行った。なお本研究では、刺激唾液を採取した日を刺激唾液群、無刺激唾液を採取した日を無刺激唾液群とした。

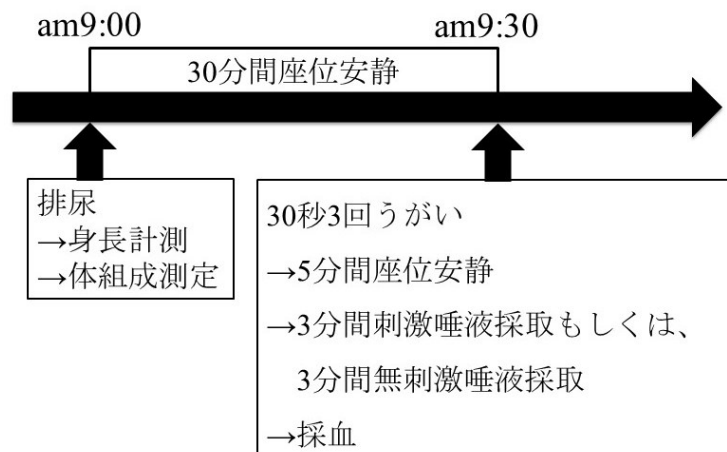


図4. 実験の概要

### 2-2-3-3 測定方法および測定項目

身体組成は、Inbody770(株式会社インボディ・ジャパン社製)を用いて体重、体脂肪率を測定した。

採血は、医師の指示のもと看護師によって上肢静脈から行った。採血後、血液は30分間室温で静置した。遠心分離後、採血管から血清を採取し、解析まで冷蔵(4°C)で保存した。この血清から、氷点降下法(増田ら, 2007)による血清浸透圧と電極法(倉田 & 五十嵐, 2008)による血清ナトリウム濃度を解析した。

唾液採取では、体組成測定終了から 30 分間の座位安静後、まず、口腔内を洗浄するために水で 30 秒間ゆすぐことを 3 回繰り返した。5 分間座位安静の後、刺激唾液もしくは無刺激唾液を採取した。刺激唾液の採取方法は秋本ら(1997)の方法を参考にした。本研究では、5 分間の安静後、滅菌されたサリベット®(Sarstedt 社)の綿を 2 本使用し、1 秒に 1 回のペースで 3 分間 180 回咀嚼した。これによって分泌された唾液を綿に吸い取らせた。意図的に口腔内を刺激させない唾液採取方法として、チューブへ垂れ流す方法や滅菌綿を舌下に放置させる方法がある。本研究では先行研究で最も利用されているチューブへ垂れ流す方法を採用した(Villiger et al., 2018)。無刺激唾液方法では、5 分間の安静後、口腔内へ新たに分泌された唾液を 3 分間ファルコン®チューブ(BD Falcon 社)へ流し入れ、唾液を回収した。唾液の容量を測定した後、唾液分泌速度(1 分間で採取した唾液量; ml/min)を求め(赤間ら, 2005)、氷点降下法(増田ら, 2007)による唾液浸透圧と電極法(倉田 & 五十嵐, 2008)による唾液ナトリウム濃度を解析した。

#### 2-2-3-4 統計解析

各測定値は、平均値 ± 標準偏差で示した。同じ測定項目における刺激唾液群と無刺激唾液群の比較において対応のある t 検定を行った。唾液浸透圧と血清浸透圧の関係をピアソンの積率相関係数を用いて解析した。統計処理は統計解析ソフト SPSS 25.0 for Windows を用いて行い、有意確率はいずれも 5%未満とした。

#### 2-2-4 結果

体重について、刺激唾液群は  $70.8 \pm 10.4$  kg、無刺激唾液群は  $70.7 \pm 10.2$  kg であった。体脂肪率について、刺激唾液群は  $18.0 \pm 5.2\%$ 、無刺激唾液群は  $17.9 \pm 5.4\%$  であった。いずれも刺激唾液群と無刺激唾液群との間に、有意な差は認められなかった。刺激唾液群および無刺激唾液群における唾液浸透圧の分布を図 5 に示す。刺激唾液群と無刺激唾液群における唾液浸透圧は、それぞれ  $94.3 \pm 23.7$  mOsm/kg · H<sub>2</sub>O、 $65.4 \pm 18.1$  mOsm/kg · H<sub>2</sub>O であり、二

群間で有意な差が認められた( $p < 0.01$ )。

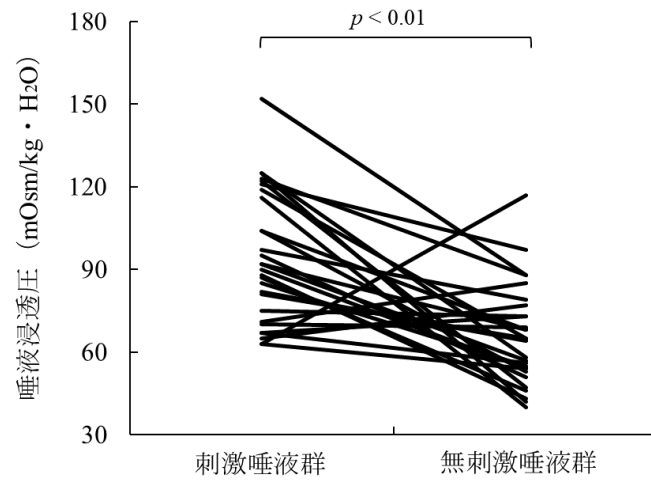


図 5. 唾液浸透圧の分布

図 6 に刺激唾液群および無刺激唾液群における血清浸透圧と唾液浸透圧の関係を示す。刺激唾液群における血清浸透圧は  $282.3 \pm 2.9$  mOsm/kg · H<sub>2</sub>O、無刺激唾液群における血清浸透圧は  $282.4 \pm 3.7$  mOsm/kg · H<sub>2</sub>O であった。刺激唾液群および無刺激唾液群ともに、血清浸透圧と唾液浸透圧において相関が認められなかった(刺激唾液群  $r = -0.021$ 、 $p = 0.916$  無刺激唾液群  $r = 0.051$ 、 $p = 0.797$ )。

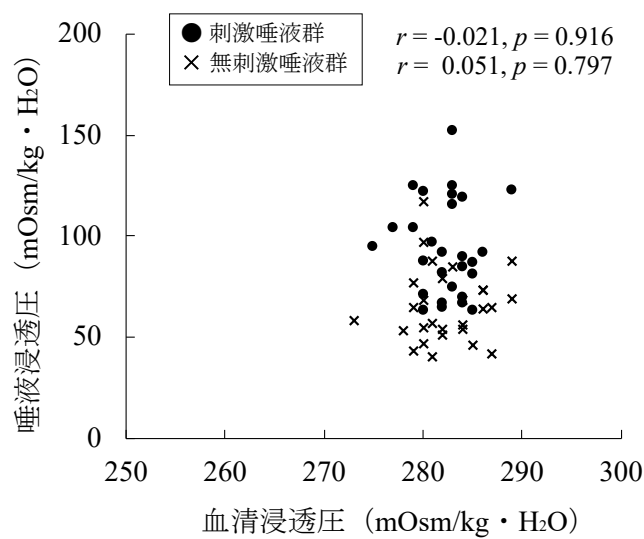


図 6. 血清浸透圧と唾液浸透圧の関係

図 7 に刺激唾液群および無刺激唾液群における唾液分泌速度を示す。刺激唾液群における唾液分泌速度は  $1.00 \pm 0.37$  ml/min、無刺激唾液群においては  $0.53 \pm 0.39$  ml/min であり、二群間に有意な差が認められた( $p < 0.01$ )。

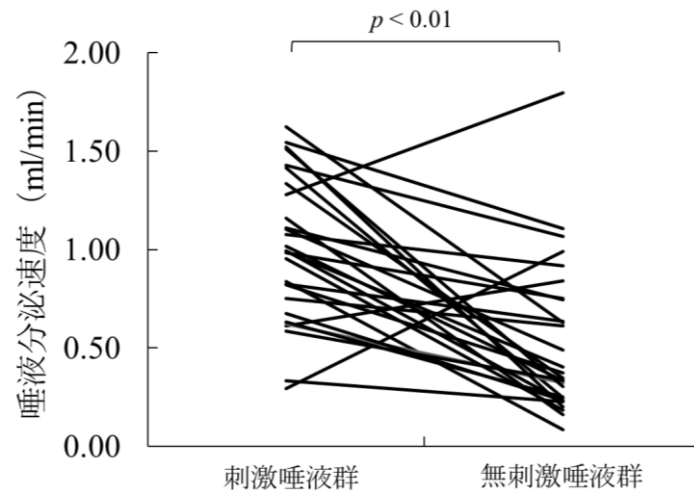


図 7. 唾液分泌速度の分布

図 8 に唾液浸透圧と唾液ナトリウム濃度の関係を示す。唾液ナトリウム濃度について、刺激唾液群および無刺激唾液群ともに解析に必要な唾液分泌速度を採取できた対象者は 15 名であった。刺激唾液群における唾液浸透圧は  $93.7 \pm 23.4$  mOsm/kg · H<sub>2</sub>O、唾液ナトリウム濃度は  $30.1 \pm 13.5$  mEq/L であった。無刺激唾液群における唾液浸透圧は  $66.8 \pm 20.5$  mOsm/kg · H<sub>2</sub>O、唾液ナトリウム濃度は  $13.4 \pm 3.4$  mEq/L であった。刺激唾液群では、唾液浸透圧と唾液ナトリウム濃度において有意な相関が認められた( $r = 0.973$ 、 $p < 0.01$ )。無刺激唾液群では、唾液浸透圧と唾液ナトリウム濃度において相関は認められなかった( $r = 0.080$ 、 $p = 0.776$ )。また、刺激唾液群の血清ナトリウム濃度は  $140.2 \pm 1.0$  mEq/L、無刺激唾液群は  $140.5 \pm 1.1$  mEq/L であった。

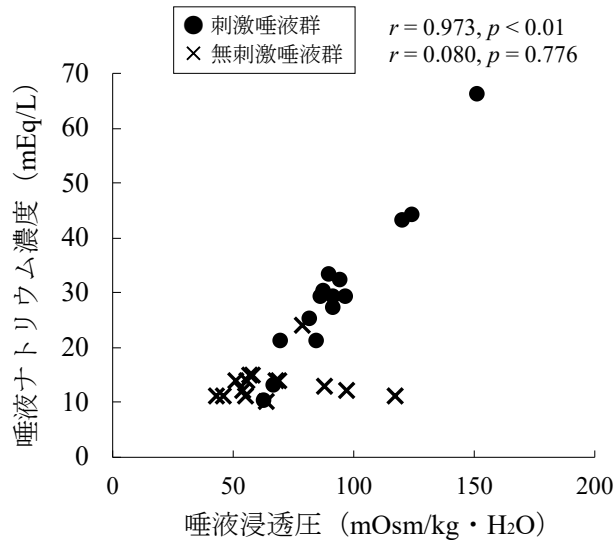


図 8. 唾液浸透圧と唾液ナトリウム濃度の関係

### 2-2-5 考察

本研究では、無刺激唾液採取方法よりも多くの唾液を採取することができる刺激唾液に着目して、安静時における刺激唾液中および無刺激唾液中の脱水指標と血液中の脱水指標との関連性を検討した。本研究では、刺激唾液群と無刺激唾液群との間に、対象者の体重や体脂肪率に有意な差が認められなかった。このことから、群間の条件は一定であったと推察される。刺激唾液群において血清浸透圧は 275～289 mOsm/kg · H<sub>2</sub>O、無刺激唾液群は 273～289 mOsm/kg · H<sub>2</sub>O の範囲であった。血清浸透圧の基準範囲は 276～292 mOsm/kg · H<sub>2</sub>O であり(清水 & 安藤, 1995)、安静状態では極めて狭い範囲にコントロールされている。血清浸透圧は体水分状態を評価する有用なマーカーであるとされているが(Muñoz et al., 2013)、本研究の刺激唾液群および無刺激唾液群ともに血清浸透圧の基準範囲を上回っていなかったことから、本研究の対象者は明らかな脱水状態にない者であったと言える。

スポーツ現場においては、熱中症やパフォーマンスの低下を未然に防ぐために脱水の有無を評価することが求められている。唾液は自己採取、随時採取、無痛採取ができるなどの長所がある(米田ら, 2009)。本研究では、刺激唾液群および無刺激唾液群における血清浸透



圧と唾液浸透圧は相関関係を示さなかった。本研究における血清浸透圧の対象者間の差は、刺激唾液群では  $14 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、無刺激唾液群では  $16 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$  の範囲におさまっている。それに対して、唾液浸透圧の対象者間の差は刺激唾液群では  $89 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、無刺激唾液群では  $77 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$  であった。これは、安静時において刺激唾液および無刺激唾液ともに唾液浸透圧は血清浸透圧の変化以上に大きく変化することを示している。本研究では刺激唾液群および無刺激唾液群における血清浸透圧と唾液浸透圧は相関関係を示さず、安静時における刺激唾液および無刺激唾液ともに唾液浸透圧は血清浸透圧の変化以外の要因で変化してしまうことが示唆された。

腺房部に分泌された原唾液が導管を通過する際にナトリウムが再吸収されるため、唾液ナトリウム濃度は血漿ナトリウム濃度よりもかなり低い。導管におけるナトリウムイオンの再吸収能力には上限があるため、腺房部の原唾液分泌速度が大きくなると再吸収が追いつかずに唾液ナトリウム濃度が上昇する(広野, 2006)。本研究では先行研究(Ericsson & Hardwick, 1978)と同様に、無刺激唾液群よりも刺激唾液群のほうが唾液分泌速度は多かった。また、刺激唾液群における唾液ナトリウム濃度と唾液浸透圧は有意な相関関係を示した。刺激唾液では原唾液のナトリウムイオンの量が導管の再吸収能力を上回ったために、口腔内に分泌された唾液ナトリウム濃度が上昇し、それによって唾液浸透圧が上昇したことが示唆された。一方で、無刺激唾液群は唾液分泌速度が少なく、導管でナトリウムイオンが十分に再吸収され、唾液ナトリウム濃度と唾液浸透圧の間に相関関係が認められなかったと考えられる。

Walsh et al.(2004)は脱水により唾液浸透圧および唾液総タンパク質濃度が増加し、唾液分泌速度が低下したことを報告していることから、唾液を用いて脱水状態を評価できる可能性が示唆されている。本研究において、刺激唾液は無刺激唾液よりも平均で  $66.8 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$  から  $93.7 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$  へ上昇した。血清浸透圧の基準範囲は  $276$  から  $292 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$  であり、その差の  $16 \text{ mOsm/kg} \cdot \text{H}_2\text{O}$  程度しか上昇しないのに対して、唾液浸透圧は脱

水していないにも関わらず唾液採取方法の違いによって 26.9 mOsm/kg · H<sub>2</sub>O 上昇した。唾液浸透圧は血清浸透圧の上昇幅よりも大きく変化するため、刺激唾液の唾液浸透圧は脱水指標とならないと考えられる。よって、今後は唾液浸透圧以外の指標やスポーツ現場での応用に向けたひとりひとりの変化量の検討が必要であると考えられる。

本研究では、刺激唾液群は無刺激唾液群よりも唾液分泌速度が多かった。しかし、解析に必要な量を採取できた対象は 28 名中 15 名であり、今回の唾液採取方法では刺激唾液および無刺激唾液ともに唾液の採取量が不十分であった。そのため、今後は咀嚼回数や咀嚼速度、咀嚼する綿への添加物について追加検討することで今回よりも多くの量の唾液を採取することができる可能性がある。また、本研究では刺激唾液採取方法および無刺激唾液採取方法ともにそれぞれ 1 種類ずつの唾液採取方法しか検討しなかった。脱水すると唾液分泌速度は減少するため(Walsh et al., 2004)、スポーツ現場においては、より多くの唾液分泌速度を採取できる刺激唾液採取方法が有用であると考えられる。しかしながら、唾液は採取条件によって唾液分泌速度や唾液中の成分が大きく変化する(Ericsson & Hardwick, 1978; 広野, 2006)。また、唾液は新型コロナウイルスによる感染症 (COVID-19)の感染源となり得る。そのため、今後は脱水前後における適切な唾液の採取時間や唾液脱水指標、安全な唾液の取り扱い方法を検討する必要があると考えられる。

## 2-2-6 結論

本研究では、安静時における刺激唾液中および無刺激唾液中の脱水指標と血液中の脱水指標との関連性を検討した。本研究によって、本唾液採取方法を用いた安静時における唾液浸透圧は血清浸透圧を反映しないことが示唆され、刺激唾液の唾液浸透圧は脱水指標とならないことが示された。

### 第3章 情動的因子におけるコンディショニング

#### 3-1 競技レベルとペース戦略の検討(研究課題3)

##### 3-1-1 緒言

トライアスロン競技における3種目の特徴や総合成績との関係性に関する知見は、優れた競技パフォーマンスを発揮するための基礎資料として重要である。トライアスロンレースにおける総合成績を予測する種目は、様々な競技距離で研究されている(Sousa et al., 2021)。夏季オリンピック競技大会に採用されているスタンダードディスタンスは、スイム、バイクおよびランがそれぞれ1.5 km、40 km および10 km におよぶ。第30回オリンピック競技大会(2012/ロンドン)では、総合タイムに対する各種目のタイムの割合は、スイムが16.25%、バイクが53.76%、ランが28.93%であった(Revelles et al., 2018)。Gadelha et al.(2020)は、トライアスロンレースにおいて3種目の中でも最終種目であるランの成績が総合成績に最も影響していることを報告した。また、バイクでのドラフティングはバイクでエネルギーを大幅に節約し、ランニングパフォーマンスを向上させる条件となることが明らかにされてきた(Hausswirth et al., 1999)。

持久性スポーツにおいて、速度を一定に保つ一定ペース戦略が効果的な戦略であることが多くの研究で示唆されている(Ely et al., 2008; Hoffman, 2014; Lambert et al., 2004; Losnegard et al., 2016; March et al., 2011)。42.2 km のマラソンでは、優勝したランナーはレース全体を通して一定のペース戦略で走り、総合順位が下位のランナーは特に20-25 km 以降に減速していた(Ely et al., 2008)。また、10 km および15 km のクロスカントリースキーでは、最終順位が下位の選手(最終順位21-31位、31-40位)は、上位の選手(1-10位)に比べて、レース中の速度の低下が大きいという特徴を有していた(Losnegard et al., 2016)。これらの研究は、持久性競技において一般的に速度の変化を小さくしてなるべく一定に走行する戦略が優れる可能性を示している。

国際レベルのエリートトライアスロン選手を対象に、ドラフティングが許可されたスタ

ンダードディスタンスレースにおける、3 種目すべてのペース戦略を報告した研究では、性差に着目されている(Le Meur et al., 2009; Vleck et al., 2008)。Le Meur et al.(2009)は、ワールドカップにおけるペース戦略を男女間で比較した。その結果、女子は男子より、傾斜の変化の影響を強く受けていたことを報告した。Vleck et al.(2008)は、ワールドカップのバイクパートを分析し、平均速度および序盤の速度が総合タイムに与える影響は、女子と比較して男子で小さかったことを報告した。このように男子カテゴリーと女子カテゴリーに注目し、ペース戦略の性差や各パートのパフォーマンスが総合タイムに与える影響が報告されてきた。

とりわけ、日本学生トライアスロン選手権では、2019 年まで男子が 170 名前後で同時にスタートしていた。しかし、2020 年は新型コロナウイルス感染症の影響により、参加選手が 100 名を超えるドラフティングレースでは、1 レースを 100 名以下で実施するよう定められた(World Triathlon, 2020)。そのため、2020 年は男子を A グループと B グループの 2 グループに分けて実施された。総合順位は A グループと B グループを区別せず、総合タイムの速い順に決定された。A グループにはシード権獲得者である前年度の同レース(開催地; 香川県)6 位入賞者、公益社団法人日本トライアスロン連合が認定するエリート強化指定選手・ジュニア強化指定選手および同連合主催の認定記録会における 7 級以上の選手が優先的に振り分けられていた。従って、A グループは B グループと比較して優れたパフォーマンスを示す可能性が高いと考えられる。

Le Meur et al.(2011)はトライアスロンの国際大会において 10 km のランのペース戦略を検討し、ランの平均速度が速い選手ほどラン全体を通してペースの変動が小さい傾向を示した。持久性スポーツで優れたパフォーマンスをおさめるためには一定ペース戦略が有用であることを示した先行研究(Ely et al., 2008; Hoffman, 2014; Lambert et al., 2004; Losnegard et al., 2016; March et al., 2011)を踏まえると、パフォーマンスが高いと想定される A グループは B グループよりも一定ペース戦略を示す可能性が高い。また、Tomazini et al.(2015)は、3 km のランニングにおいて競争相手の有無がペース戦略に与える影響を検討し、競争相手がいた

場合は個人で走った場合よりも序盤の走速度が速かったことを報告した。そのため、選手がどの程度密集しているのかを把握する必要があると考えられる。過去にペース戦略の性差については報告されてきたが(Le Meur et al., 2009; Vleck et al., 2008)、同一コースにおける、スタート時刻およびパフォーマンスの異なる同性 2 グループにおけるペース戦略のグループ間差は不明である。これを明らかにする事で、優れたペース戦略を検討するための基礎資料となる。

### 3-1-2 目的

そこで本研究では、特殊な条件において行われた 2020 年日本学生トライアスロン選手権を対象として、パフォーマンスの優れるグループと劣るグループの総合タイムと各ラップタイムの関係、および 3 種目の中でも総合成績に最も影響しているランのペース戦略の違いを明らかにすることを目的とした。仮説として、両グループともランが最も総合タイムに影響を与え、A グループは B グループよりも 3 種目それぞれのパフォーマンスが高く、A グループは B グループよりも一定の速度でレースを展開していることとした。

### 3-1-3 方法

#### 3-1-3-1 対象者

分析対象者は、2020 年 11 月 1 日に開催された 2020 年日本学生トライアスロン選手権渡良瀬大会(開催地: 群馬県)の男子カテゴリーを完走した A グループ 77 名、B グループ 76 名の計 153 名とした。本大会の出場条件は、いずれかの地域ブロックの推薦選手であること、またはシード選手であることだった。シード選手 20 名全員が A グループに振り分けられたため、A グループ 57 名、B グループ 76 名がそれぞれの地域ブロックの推薦選手であった。シード選手は、前年度の同レースで 6 位以内に入賞した選手(Japan University Triathlon Union, 2019)、日本トライアスロン連合から強化指定を受けた選手(Japan Triathlon Union, 2022a;

Japan Triathlon Union, 2022b)、日本トライアスロン連合の認定記録会 7 級(Japan Triathlon Union, 2017)をクリアした者であった。本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」(承認番号: 2020-230)および筑波大学「体育系研究倫理委員会」(承認番号: 体 20-122)の承認を得た上で実施した。本研究におけるビデオ撮影は、日本学生トライアスロン連合の許可を得て実施した。対象者には本研究の目的および方法を口頭で説明し、本研究への参加に自由に同意してもらった。

### 3-1-3-2 レースの情報

A グループは 10 時 39 分 58 秒にスタートし、B グループは 12 時 38 分 58 秒にスタートした。レース当日の天候は晴れ、水温は 17°C、気温は 15°C、風速は北 1 m/s であった(Japan University Triathlon Union, 2020)。スイムは往復 750 m のコースを 2 周する予定であった。レース当日は、低水温の影響で対象者はウェットスーツを着用し、コースは 1 周のみに変更された(合計 750 m)。バイクは 1 周 6.6 km の平坦なコースを 6 周した(合計 39.6 km)。本レースのバイクではドラフティングを行うことができた。ランは平坦なコースを 2 周した(合計 9.2 km)。

### 3-1-3-3 測定機器とデータ収集

ランコースのトランジション側の折り返しポイントおよびもう一方の折り返しポイントの沿道にビデオカメラ(HC-W950 Panasonic 社製, FDR-AX30 SONY 社製)を設置した。撮影した映像データを用いて、各対象者の 0-2.25 km(Lap1)、2.25-4.611 km(Lap2)、4.611-6.886 km(Lap3)、6.886-9.239 km(Lap4)の区間速度を算出した。なお、各測定ポイント間の距離は、距離測定器(TRC-50, TRUSCO 社製)を用いて測定した。総合タイム、スイムラップ、トランジションタイムを含むバイクラップ、スイム開始からラン開始までの所要時間であるスプリットタイム、ランラップは大会の公式リザルト(Japan University Triathlon Union, 2020)を用いた。また、ランにおける各区間速度の変動の大きさを評価するために、対象者ごとに各区間の平均速度の標準偏差を全区間の平均速度で割ることによって変動係数を求めた

(Hoffman, 2014)。さらに、 $[(\text{running speed of the first place}) - (\text{running speed of the eighth place})] / (\text{running speed of the first place}) \times 100$  によって各グループのランラップ 1 位から 8 位までの間のパフォーマンス密度を算出した。パフォーマンス密度は、ランの 1 位と 8 位の対象者の走るスピードの差を 1 位の対象者のスピードに対するパーセンテージで表し、最も速い 8 人の対象者の密度を示している(Ferro et al., 2001)。

#### 3-1-3-4 統計解析

各測定値は、中央値(最小値-最大値)で示した。データの正規性を検証するためにシャピロ・ウィルク検定を行い、ほとんどのラップタイムで正規性が棄却された。スピアマンの順位相関係数を用いて、トータルタイムと各ラップタイムとの関係、および平均速度と変動係数との関係を分析した。係数が 0 から 0.19 の場合は非常に弱い相関、0.20 から 0.39 の場合は弱い相関、0.40 から 0.59 の場合は中程度の相関、0.60 から 0.80 の場合は強い相関、0.80 以上 1 以下の場合は非常に強い相関を反映している(Wealleans et al., 2021)。A グループと B グループの差の解析には Mann-Whitney U 検定、同一グループの各ラップ間の差の解析には Wilcoxon 符号付順位検定を使用した。効果量は  $r$  で評価し、0.1 を小、0.3 を中、0.5 を大とした(Fritz et al.2012)。統計解析には SPSS Statistics(バージョン 24.0)を使用し、有意水準は 5%未満とした。

#### 3-1-4 結果

表 1 に総合タイムと各ラップタイムを示した(表 1)。A グループと B グループの総合タイムは、それぞれ 1:48:34(1:40:05-2:11:42)と 1:52:36(1:45:22-2:16:33)であった。A グループと B グループのスィムラップは、それぞれ 0:10:04(0:09:01-0:11:46)と 0:11:55(0:09:26-0:14:08)であった。A グループと B グループのバイクラップは、それぞれ 1:04:02(1:01:45-1:13:44)と 1:04:50(1:02:22-1:13:16)であった。A グループと B グループのスプリットタイムは、それぞれ 1:14:26(1:10:52-1:24:42)と 1:15:19(1:12:44-1:25:15)であった。A グループと B グループの

ランラップは、それぞれ 0:34:11(0:29:13-0:51:52)と 0:35:51(0:30:07-0:54:19)であった。

総合タイムおよび各ラップタイムは、B グループに比べて A グループで有意に短かった(総合タイム:  $p = 0.000$ 、 $r = -0.365$ 、スイムラップ:  $p = 0.000$ 、 $r = -0.673$ 、バイクラップ:  $p = 0.029$ 、 $r = -0.176$ 、スプリットタイム:  $p = 0.000$ 、 $r = -0.609$ 、ランラップ:  $p = 0.014$ 、 $r = -0.200$ )。グループ間の時間差は、0:04:02(総合タイム)、0:01:51(スイムラップ)、0:00:47(バイクラップ)、0:01:40(ランラップ)で、スイムラップが最も大きな差であった。また、総合タイムの差の 45.9%は、スイムラップの差で占められていた。

表 1. 各グループの総合タイムおよび各ラップタイム

	総合タイム	スイムラップ	バイクラップ	スプリットタイム	ランラップ
A グループ	1:48:34	0:10:04	1:04:02	1:14:26	0:34:11
B グループ	1:52:36	0:11:55	1:04:50	1:15:19	0:35:51

表 2 に総合タイムと各ラップタイムとの相関係数を示した(表 2)。両グループともすべてのラップタイムが総合タイムと有意な正の相関を示した( $p = 0.000$ )。中でもランラップは総合タイムと最も強い相関があった(A グループ:  $\rho = 0.871$ 、B グループ:  $\rho = 0.850$ )。

表 2. 総合タイムと各ラップタイムの相関係数( $\rho$ )

	スイムラップ	バイクラップ	スプリットタイム	ランラップ
A グループ	0.568	0.700	0.724	0.871
B グループ	0.446	0.757	0.808	0.850

図 9 に両グループのランにおける走速度とランの平均走速度に対する走速度の比率を示した(図 9)。A グループは B グループに比べて、ラン Lap1、Lap2、Lap3 において有意に速



かった( $p=0.002, 0.009, 0.009, r=-0.245, -0.211, -0.210$ )。両グループとも、4周目のランはLap1、Lap2、Lap3に比べて有意に遅かった(Aグループ: 全て  $p=0.000, r=-0.692, -0.478, -0.722$ , Bグループ:それぞれ  $p=0.000, 0.001, 0.000, r=-0.524, -0.396, -0.649$ )。ランラップの変動係数は、Aグループが3.5(1.0-26.2)%, Bグループが3.4(0.6-4.5)%で、両グループに有意差は認められなかった( $p=0.570, r=-0.046$ )。全てのランラップにおける走速度と平均走速度の比は、群間で有意差はなかった(それぞれ  $p=0.247, 0.477, 0.585, 0.219, r=-0.094, -0.058, -0.044, -0.099$ )。

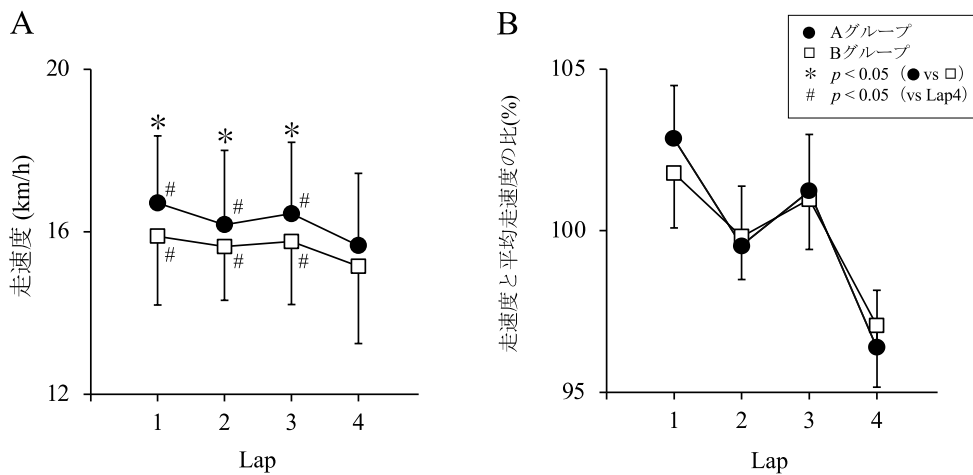


図9. 走速度(A)およびランの平均走速度に対する走速度の比率(B)

スプリットタイムが先頭から7分以内の選手に着目し、ラン開始時の選手の混雑度合いを図10に示した(図10)。図10では、スプリットタイムにおいて、Aグループの第1集団を「a」、第2集団を「b」とし、Bグループの第1集団を「c」、第2集団を「d」とした。「a」-「d」におけるランのスタートは、それぞれ32秒以内に10名(平均3秒に1名)、4分3秒以内に52名(平均5秒に1名)、1名のみ、3分44秒以内に43名(平均5秒に1名)であった。ランのパフォーマンス密度は、両グループでそれぞれ4.41%と7.23%であった。

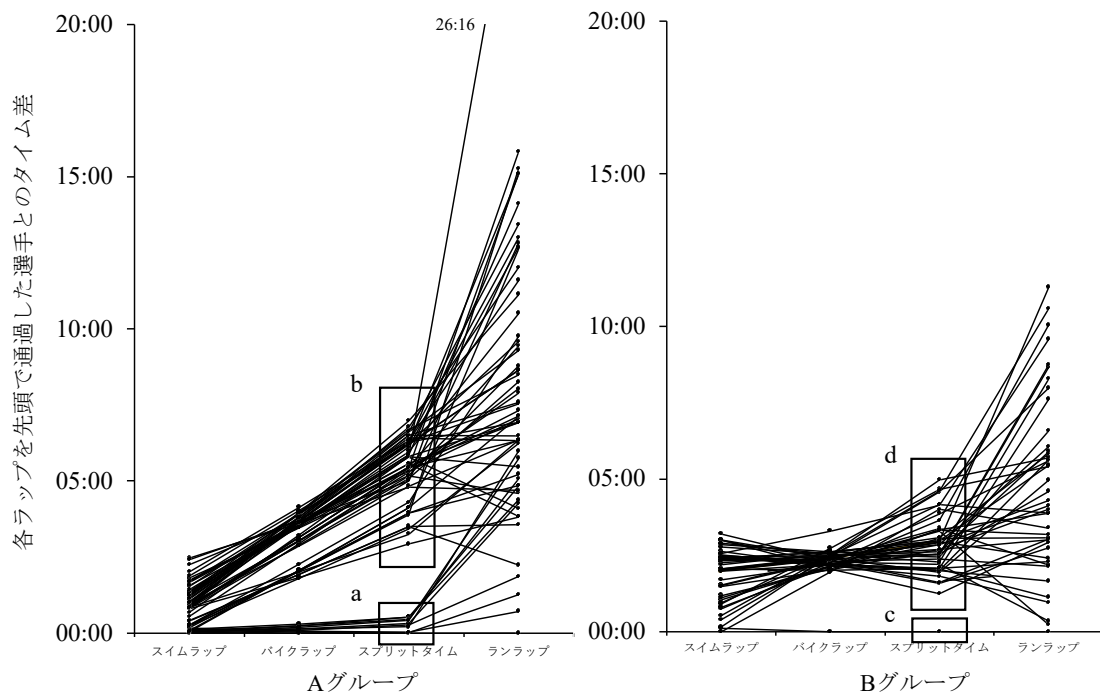


図 10. 各ラップを先頭で通過した選手とのタイム差

### 3-1-5 考察

本研究は、特殊な条件において行われた 2020 年日本学生トライアスロン選手権を対象に、パフォーマンスの優れるグループと劣るグループの総合タイムと各ラップタイムの関係、およびランのペース戦略の違いを明らかにすることを目的とした。A グループは B グループと比較して総合タイムおよび各ラップタイムは有意に短く、ランラップが最も総合タイムに影響していた。しかし、ランラップの変動係数には両グループ間で有意差がなく、「A グループは B グループよりも一定ペース戦略で走る」という仮説は支持されなかった。これは、一定ペース戦略を保つことが持久性スポーツにおける優れたペース戦略であるとした Hoffman(2014)の報告に反するものであった。また、本大会の走速度は 15.8(10.2-18.9)km/h であった。しかし、トライアスロンワールドカップの走速度は 18.2(15.6-19.6)km/h であった (Le Meur et al., 2009)。したがって、このレースは低いレベルのドラフティングレースであっ

たと推察される。本研究では、同じコースにおいて、スタート時刻とパフォーマンスレベルが異なる 2 つの同性グループ間で、レベルの低いドラフティングレースのランにおけるペース戦略に有意差がないことを明らかにした。

本研究では、両グループともすべての種目のラップタイムが総合タイムと正の相関を示した。中でもランラップが総合タイムと最も強い相関を示した。これらのことから、総合タイムに関して、両グループで種目間の関係が類似していることが示唆された。今回の結果は、Sousa et al.(2021)の結果とは異なるが、総合タイムがランラップに最も影響を与えることを示した他の多くの先行研究(Landers et al., 2000; Fröhlich et al., 2008 ; Gadelha et al., 2020)と一致した。A グループは B グループよりも総合タイム、各ラップタイム、ラン Lap1-3 で速かった。A グループには前年の同レースの上位入賞者や強化指定選手が含まれていたため、速度が速くなったものと思われる。2021 年以降も同様の条件で大会が開催される場合、前年度の同レース上位者や強化指定選手を含まない B グループの選手は、レース前の目標順位の決定に注意が必要であると考えられる。

トライアスロン選手やコーチにとって、レースの公式結果を確認するだけでは、そのペース戦略が適切であったかを評価することは困難である。そこで、本研究では、ランにおける平均走速度に対するペースのばらつきについて検討した。その結果、A グループのほうが B グループよりもランのペース変動が小さいという仮説があったが、変動係数や平均走速度に対する走速度比に有意差は見られなかった。これは、A グループが B グループよりもパフォーマンスが優れており、図 10 の A グループのように僅差でランをスタートしたため、選手がペースを保てなかったと推察される。ランでは、図 10 に示すように、A グループは 3 秒に 1 人の平均間隔でスタートし(a)、B グループは 5 秒に 1 人の平均間隔でスタートした(d)。そして、ランのパフォーマンス密度は A グループで 4.41%、B グループで 7.23%であり、A グループは B グループよりも他の選手との競争力が高いことが示唆された。図 9B の A グループでは、統計学的には差がなかったが、A グループは B グループよりも Lap1 が若

干速く、Lap4 が遅かったためオーバーペースであった可能性が考えられる。そのため、A グループの変動係数は B グループよりも低くならなかった可能性がある。3km 走において、単独走行時よりも他の競技者がいるほうが初走速度は高くなる(Tomazini et al., 2015)。A グループの選手は同程度のパフォーマンスレベルであり、競技者の特徴がペースに影響した可能性がある。持久性スポーツにおいて、一定ペース戦略を保つことがパフォーマンスを最大化するために有効な戦略であることが広く示唆されている(Lambert et al., 2004; Ely et al., 2008; March et al., 2011; Hoffman et al., 2014; Losnegard et al., 2016)。その理由は、ペースがバラバラになり、エネルギー消費量が一定に保てなくなると、ランナーの生理的要求が高まり、パフォーマンスが低下するためである(Staab et al., 1992)。したがって、このレースでも一定ペース戦略で走ったほうが良いと考えられる。また、ランの Lap4 は両グループとも Lap1-3 に比べて遅かった。石倉&森谷(2017)は、世界トライアスロンシリーズの男子上位 8 選手が一定ペース戦略で Lap1-4 を走っていたことを報告している。今回のレースは、エリートレースとは異なり、最終ラップがそれまでのラップより遅かったという特徴があった。Lap4 は Lap1-3 より遅いため、多くの選手がオーバーペースになった可能性がある。今回のレースに参加した選手よりも高いレベルでパフォーマンスを発揮している選手に関しては、速い選手ほどペースが一定である(Le Meur et al., 2011; 石倉 & 森谷, 2017)。そのため、世界レベルのエリートアスリートと今回の対象者である大学生では、ペース戦略の特性に違いがある可能性がある。今後は、オリンピック、世界トライアスロン選手権シリーズ、日本選手権など、幅広いレベルのエリートレースにおけるペース戦略を検討する必要がある。

この研究にはいくつかの限界がある。まず、このレースでは、ランにおける 2.5km 区間内の速度しか取得できなかった。Tucker et al (2006) は、陸上競技の世界記録を達成した選手のペース戦略を分析し、1,000m ごとに算出した区間速度から、5,000m と 10,000m のレースでゴールスプリントが発生していることを報告した (Tucker et al., 2006)。また、トライアスロンレースでもフィニッシュ前にゴールスプリントが見られる (Le Meur et al., 2011)。した

がって、今後の研究では、ランの 9,000m 地点と 9,500m 地点にビデオカメラを設置し、ゴールスプリントの有無や程度を分析することで、より詳細にペース戦略を検討することができる可能性がある。次に、本研究では競技時間の分析によりペース戦略を検討したが、そのような結果になった要因までは検討することができなかった。ペース戦略に影響を与える要因としては、気温、空気中の酸素濃度、筋グリコーゲン量などが挙げられる(Tucker and Noakes, 2009)。したがって、今後の研究ではペース戦略に影響を与える要因の評価も必要であると考えられる。

### 3-1-6 結論

本研究の目的は、トライアスロンレースにおいて、パフォーマンスレベルの異なるグループを対象に総合タイムと各ラップタイムの関係、およびランのペース戦略の違いを把握することであった。その結果は、グループのパフォーマンスレベルに関係なく、総合タイムと各ラップタイムに関係性があり、ランラップの結果が最も強く総合タイムと関連していた。しかし、今回の研究結果の一つとして、走力が優れている A グループは B グループよりもペースの変動が小さいという仮説を立てたが、そのような傾向は認められなかった。このことから両グループ間でペース戦略に有意な差がないことが明らかになった。本研究の結果は、大学トライアスロン選手がエリートレースに出場する上で、大きな価値をもつと思われる。今後の研究において、幅広い競技レベルでのさらなる検討が必要である。

## 3-2 効率的なデータ活用方法の検討(研究課題 4)

### 3-2-1 緒言

瀬尾(2011)は、アジア大会直前の合宿からレース当日直前までトライアスロン選手を対象に、脱水の指標となる尿比重を測定した。監督やコーチにデータを提供した瀬尾(2011)は、そのデータを有効に活用されたことを報告した。陸上競技を対象とした研究では、コンディション記録用紙に記入する方法や、Google Forms にコンディションを入力する方法が行われてきた(村上ら, 2015; 村上 & 鳥居, 2016; 松生ら, 2016; 田畑ら, 2017)。サッカーでは、ビジュアルアナログスケールやアプリケーションを用いたコンディションチェックが行われてきた(中村ら, 2019)。このように、スポーツ現場では様々な方法で選手のコンディションが把握されている。

トライアスロン競技は、すべてのスポーツの中で最も熱中症の発生率が高いと言われている(Driscoll et al., 2008)。暑熱環境では WBGT(Wet Bulb Globe Temperature)を把握する必要がある(Casa, 2000)。さらに、熱中症を防ぐために、温度と湿度を把握することも重要である。気象条件もパフォーマンスに大きな影響を与えるため、気象条件について情報を取得し、それに応じて準備することは、選手が競技当日に最高のパフォーマンスを発揮することにつながる(浅田ら, 2019)。陸上競技では、マラソンコースで気温、湿度、WBGT、風向・風速、路面温度などが計測されている(浅田ら, 2019; 浅田ら, 2020)。トライアスロン競技は高温多湿の条件下で行われるため、これらの気象データを測定し、選手のコンディショニングに活用することが重要である。

本研究に参加したトライアスロンチームは、これまでの強化合宿でコンディションを把握してきた。起床後と午前・午後のトレーニング終了後に、体温や体重などのコンディションを記録した。その後、選手はコンディション記録用紙をコーチやトレーナーに提出し、コーチやトレーナーは選手のコンディションを把握してきた。しかし、新型コロナウイルス感染症の拡大により、選手とスタッフが一緒に練習することが困難となった。2020 年以降、

新型コロナウイルス感染症がスポーツ界に与える影響について数多くの研究で報告されている(Dauty et al., 2021; Mann et al., 2020; DiFiori et al., 2020; Rampinini et al., 2021)。感染症拡大のため、選手のコンディションは紙媒体を使って対面でやり取りすることができず、オンライン化することで離れた場所から選手のコンディションを確認することが求められるようになった。そのため、これまでいくつかの企業から有料のコンディション管理ソフトが発売されてきた(古田, 2019; 和田, 2020)。オンライン化が進む今日、Google Forms ではさまざまな情報を無料で収集することができる(Google, 2021)。Google Forms と Google Sheets は無料で使用できるため、予算の少ない地域のスポーツチームにとって使用料がかからないことはメリットであると考えられる。様々な研究において、これらは調査ツールとして使用されている(伊藤ら, 2021; Herrera-Valenzuela et al., 2020; Pillay et al., 2020; Napieralska et al., 2021)。Google Forms の調査結果は、Google が提供する Google Sheets と連携し、オンラインでデータを参照することができる(Google, 2021)。陸上競技では、Google Forms で収集した選手のコンディションに関するデータを Microsoft Excel(マイクロソフト社)にまとめ、医療スタッフへ共有した(田畑ら, 2017)。そのため、Google Sheets のデータを Excel ファイルへ置き換える必要があった。そこで、スポーツ現場におけるスタッフの作業負担を軽減するために、選手がデータを入力するとすぐに Google Sheets で自動的にグラフ化し、スタッフにフィードバックするシステムを構築することが望まれる。それにより、データを管理するスタッフの作業時間を減らすことができると思われる。さらに、日本人の 13~19 歳の 81.4%がスマートフォンを用いてインターネットを利用している(総務省, 2020)。従って、若者にとってパソコンではなく、スマートフォンを用いて Google Forms や Google Sheets にアクセスする方法を検討することが現実的である。

このように、スポーツ現場ではスマートフォンの使用、無料ツールの使用、コロナ禍に伴うオンライン化、データ管理者の作業量の削減、グラフの自動作成、即時フィードバックできるシステムの構築が必要であると考えられる。そのため、本研究ではこれら全ての課題を

解決できる方法を検討することでスポーツ現場におけるデータ活用方法の改善につながる  
と言える。

### 3-2-2 目的

そこで本研究では、トライアスロンチームの選手、コーチ、トレーナーを対象に、Google Forms と Google Sheets を用いて選手のコンディションや気象データを収集・整理・フィードバックし、問題点を抽出することを目的とした。本研究を行うことでコンディションおよび気象データをスポーツ現場で使用する際の作業を効率化するための方法や問題点を検討することができる。

### 3-2-3 方法

#### 3-2-3-1 対象者

本研究の対象者は、トライアスロンチームに所属するトライアスロン選手 7 名(平均年齢  $18.9 \pm 2.0$  歳)、コーチ 1 名、トレーナー 1 名の計 9 名であった。このトライアスロンチームは、毎年、日本トライアスロン選手権(U23、U19)に出場している。対象選手は 2020 年 10 月に開催された第 22 回日本 U19 トライアスロン選手権(2020/長良川)や第 10 回日本 U23 トライアスロン選手権(2020/長良川)に参加し、対象コーチと対象トレーナーも上記大会に同行した。対象トレーナーは日本スポーツ協会公認アスレティックトレーナーの資格を有し、コンディショニングや健康管理をサポートしている(公益財団法人日本スポーツ協会, 2021)。対象者へ事前に本研究の目的、内容、データ取扱方法を説明し、本研究への参加に同意を得た。本研究は、早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を受けて実施した(承認番号: 2020-244)。



### 3-2-3-2 選手の体調に関するデータ

選手のコンディションに関するデータを収集するため、筆者はレース 6 日前までに対象選手がコンディションに関する情報を入力するための質問内容を検討し(図 11)、Google Forms を作成した。筆者は、Google Forms の回答ページの URL(Uniform Resource Locator)を各対象選手の LINE(LINE 株式会社)の「トーク」へ送信した。都筑ら(2019)は日本人の大学生を対象に、普段からどの SNS(Social Networking Service)を利用しているかを調査し、全員が LINE を利用していたことを報告した(都筑ら, 2019)。そのため、LINE は日本人にとって身近な SNS であると言える。対象選手はその URL をクリックし、レース 5 日前から毎朝 9 時までに当日の主観的なコンディションを入力した。対象選手が入力したデータは、自動的に Google Sheets に送信された(図 12)。

選手のコンディションに関するデータを整理するため、筆者はレースの 6 日前までに Google Sheets 上で表やグラフを作成した(図 12)。例えば、起床時の脈拍数(拍/分)の数値の範囲については、縦軸はセル D3-D8、横軸はセル B3-B8 の範囲とした。これにより、Google Sheets にデータが送られると同時に、グラフに数値を反映させることができた。この方法はこれまで報告されていない新しい Google Sheets の活用方法であった。図 12 において、1 行目は Google Forms の質問文をそのまま表示される。そのため、文字数が多く、大きなスペースを取ることになる。そこで、筆者は 1 行目を非表示にし、図 12 の 2 行目から表を示すようにした。

さらに、筆者はレース 6 日前までに、対象選手の Google Sheets の URL を対象コーチと対象トレーナーの LINE の「トーク」へ送信した。これにより対象者全員がいつでもその URL をクリックし、自身のコンディションの表やグラフを見ることができるようにした。

### 3-2-3-3 気象に関するデータ

筆者は、レース 5 日前から前日まで、毎日午前 11 時、正午、午後 1 時、午後 2 時に気象データを取得した。気温、湿度、WBGT は WBGT 計(SATO、SK-150GT)を、風速と風向は

風向計(Kestrel、3500)を用いて、トライアスロンレースのバイクコース上で測定した。水温は、スタートエリアで水温計(タニタ、TT-508N)を用いて測定した。筆者は、得られた数値を気象データとして記録するための測定項目を検討し(図 13)、Google Forms を作成した。

筆者は、5 日間(レース前日まで)収集したデータを整理するために、あらかじめ表とグラフを作成した(図 14)。図 14 の「気温(°C)」グラフの 10 月 13 日のデータ範囲は、縦軸がセル D2-D5、横軸がセル B2-B5 とした(図 14)。これにより、Google Sheets に気象データを送信すると同時に、その数値がグラフに反映されるようになった。この方法はこれまで報告されていない新しい Google Sheets の活用方法であった。

気象データをフィードバックするために、筆者はレース 6 日前までに、対象者全員と筆者が参加する LINE の「ノート」に Google Sheets の共有用 URL を掲載した。「ノート」は、掲示板にメッセージを保存しておき、グループのメンバーがすぐに情報を閲覧できる機能である。多数のやり取りが存在する通常の「トーク」に URL を送ると、URL を見逃してしまう可能性がある。そこで筆者は、対象者がいつでもすぐに共有用 URL へアクセスできるよう「ノート」を利用した。対象者全員が必要に応じて共有用 URL をクリックし、Google Sheets の気象データの表やグラフを閲覧した。

- ・ 本日の日付
- ・ 本日の予定  
○練習 ○レース ○OFF
- ・ 起床時脈拍数（回/分）（記入例→50）
- ・ 体温（℃）入力例→35.0
- ・ 睡眠時間（時間）  
○3.0 ○3.5 ○4.0 ○4.5 ○5.0 ○5.5 ○6.0 ○6.5 ○7.0 ○7.5 ○8.0  
○8.5 ○9.0 ○9.5 ○10.0 ○10.5 ○11.0 ○11.5 ○12.0
- ・ 睡眠の質（1=最高に悪い 10=最高に良い）  
○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 ○8 ○9 ○10
- ・ 肉体的な疲労度（1=最高に疲労している 10=全く疲労していない）  
○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 ○8 ○9 ○10
- ・ 精神的な疲労度（1=最高に疲労している 10=全く疲労していない）  
○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 ○8 ○9 ○10
- ・ 練習やレースへのモチベーション（1=最高にない 10=最高にある）  
○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 ○8 ○9 ○10

図 11. コンディションデータ収集時の設問

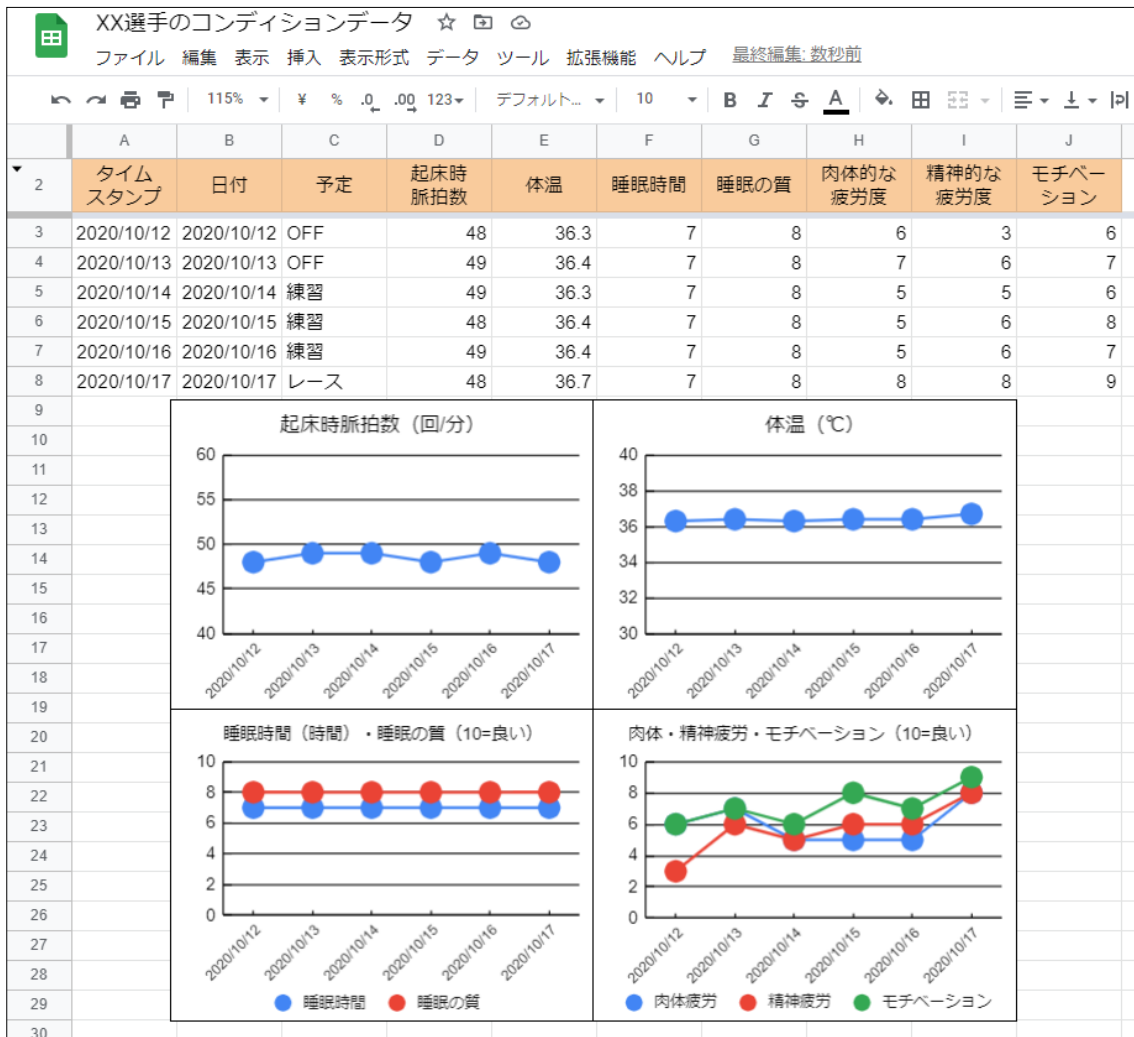


図 12. コンディションデータ用の Google Sheets

- ・ 日にち
- ・ 測定時刻
- ・ 天気
  - 快晴 ○晴天 ○曇り ○雨
- ・ 気温 (°C)
- ・ 湿度 (%)
- ・ WBGT (°C)
- ・ 水温 (°C)
- ・ 最大風速 (m/s)
- ・ 平均風速 (m/s)

図 13. 気象データ収集時の設問

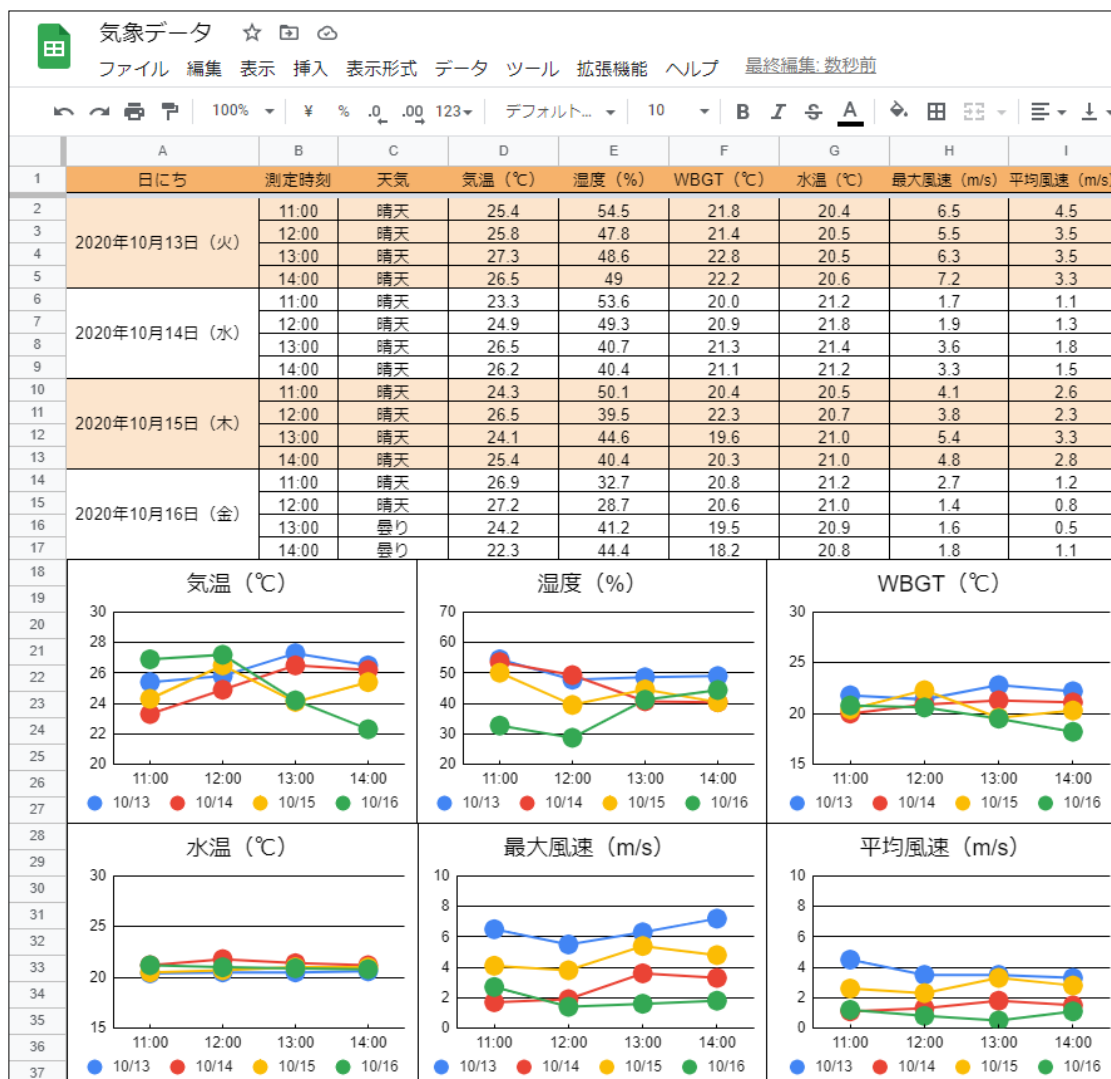


図 14. 気象データ用 Google Sheets

#### 3-2-3-4 アンケート調査

アンケート調査では、対象選手のコンディションや気象データの取り扱いについて質問した。質問内容は、Google Sheets を閲覧したかどうか、データがレースに役立ったかどうか、Google Sheets は見やすかったかどうか、要望があるかどうかなどとした。今回の調査では、津野ら(2016)のアンケート調査を参考に質問内容を検討し(図 15)、Google Forms を作成した。筆者は、対象者全員と筆者を含む LINE のグループに Google Forms の URL を送信した。回答率は 100%であり、対象者全員はレース後 2 日から 8 日の間にアンケートに回答した。

- 1) コンディションデータの入力は、やりやすかったですか？  
とてもやりやすかった まあまあやりやすかった  
どちらでもない 少しやりにくかった やりにくかった
- 2) 今後、選手がコンディションデータを入力する際、より良いものになるよう、入力方法についてあなたから要望や提案があれば入力してください。※無ければ「なし」と入力してください。
- 3) コンディションデータのリザルトの表やグラフは見ましたか？  
はい いいえ
- 4) コンディションデータのリザルトの表やグラフは繰り返し見ましたか？  
はい いいえ
- 5) コンディションデータのリザルトはレースに向けたコンディショニングに役立ちましたか？  
とても役立った まあまあ役立った  
どちらでもない あまり役立たなかった 役立たなかった
- 6) 5) の回答について、なぜそのように思いましたか？入力してください。
- 7) コンディションデータのリザルトの表やグラフは見やすかったですか？  
とても見やすかった まあまあ見やすかった  
どちらでもない 少し見にくかった 見にくかった
- 8) 7) の回答について、コンディションデータのリザルトのどの部分が見にくかったですか？入力してください。※無ければ「なし」と入力してください。
- 9) 今後、選手がコンディションデータのリザルトを確認する際、より良いものになるよう、あなたから要望や提案があれば入力してください。※無ければ「なし」と入力してください。
- 10) 気象データは見ましたか？  
はい いいえ
- 11) 気象データは繰り返し見ましたか？  
はい いいえ
- 12) 気象データはレースへの準備に役立ちましたか？  
とても役立った まあまあ役立った  
どちらでもない あまり役立たなかった 役立たなかった
- 13) 12) の回答について、役立った場合、どのように役立ちましたか？役立たなかった場合、なぜ役立ちませんでしたか？入力してください。
- 14) 気象データの表やグラフは見やすかったですか？  
とても見やすかった まあまあ見やすかった  
どちらでもない 少し見にくかった 見にくかった
- 15) 14) の回答について、気象データのどの部分が見にくかったですか？入力してください。  
 無ければ「なし」と入力してください。
- 16) 今後、選手が気象データを確認する際、より良いものになるよう、あなたから要望や提案があれば入力してください。※無ければ「なし」と入力してください。

図 15. アンケート調査における設問



### 3-2-3-5 パイロットスタディ

これまでトライアスロン強化合宿で選手のコンディションを記録するために使用していたコンディション記入用紙は、谷口 & 杉田(2020)が使用していたものと類似していた。そのため、パイロットスタディとして谷口 & 杉田(2020)のコンディション記入用紙を使用し、記入された記入用紙のデータを Excel へ入力するまでの所要時間を調べた。過去にトライアスロン強化合宿に参加した選手は最大で 16 名であった。Excel の使用経験のある大学生 8 名が、選手 16 名分のデータを Excel へ入力した。そして、大学生 8 名が 16 名分の選手のデータを入力するのに要した時間を測定した。

### 3-2-4 結果

アンケートの結果、7名の対象選手のうち3名がコンディションの入力が「とてもやりやすかった」と回答し、4名が「まあまあやりやすかった」と回答した。データ収集後、対象者全員は記録されたコンディションを Google Sheets から繰り返し閲覧していた。コンディションの把握が自身のコンディショニングに役立ったかどうかを尋ねたところ、9名中6名が「とても役立った」、2名が「まあまあ役立った」、1名が「どちらとも言えない」と回答した。コンディションデータの取り扱いに関する要望や提案については、ある対象選手から「左右にもスクロールする必要があった。上下のみのスクロールで見られるようにしてほしい。」という意見があった。対象コーチからは、「コンディションの項目は完璧ではないため、イレギュラーも想定しないといけないため。」という意見があった。対象トレーナーからは、「見ている選手数にもよるが、1人ずつの個別パターンと日別で対象選手一括パターンがあれば指導側は助かるのでは？」という意見があった。

アンケートの結果、対象者全員がレース前に気象データの Google Sheets を繰り返し閲覧していた。Google Sheets の見やすさについては、9名中6名が「とても見やすかった」と回答し、3名が「まあまあ見やすかった」と回答した。レースの準備に役立ったかどうかにつ

いては、9名中5名が「非常に役立った」、3名が「まあまあ役立った」、1名が「どちらでもない」と回答した。気象データについて要望や提案があるかという質問には、ある対象選手は「当日に雨でそれまでの気象と全く違う温度、水温になっていた」と回答した。対象コーチは「計測は大変だが、朝晩のデータもあると1日を通しての変化がわかり、1日の気象変化の流れがわかると思う。」と回答した。

パイロットスタディの対象者である8人の大学生がデータ入力のシミュレーションを行ったところ、平均14分7秒 $\pm$ 43秒(平均 $\pm$ 標準偏差)の時間を要した。

### 3-2-5 考察

本研究では、トライアスロンチームを対象に Google Forms と Google Sheets を用いて、選手のコンディションや気象データを収集・整理・フィードバックし、作業を効率化させる方法や問題点を検討した。Google Forms と Google Sheets を使用することで、グラフの自動化や対象者とのデータの共有が可能となり、データ処理の効率化が図られた。そのため、本研究によってスポーツ現場で求められているスマートフォンの使用、無料ツールの使用、コロナ禍に伴うオンライン化、データ管理者の作業量の削減、グラフの自動作成、即時フィードバックできるシステムの構築を検討することができた。これらを全て解決したシステムを検討したことがコンディショニングの分野において新たな知見である。しかし、アンケートの結果から改善すべき点があることが確認された。

アンケート結果からは、コンディションに関するデータの入力が容易であったこと、対象者全員がレース前に繰り返し Google Sheets を閲覧していたことなどが確認された。また、対象者からは Google Sheets がレースの準備に役立ったという声が多く聞かれた。このように、対象者の主観的な評価は概ね良好であった。先行研究では、選手が Google Forms に回答し、記録された回答を Excel にまとめ、その情報をメディカルスタッフ間で共有されてきた(田畑ら, 2017)。しかし、本研究では、対象選手が Google Forms に入力したデータを自動

的にグラフ化し、スタッフと共有することで、田畑ら(2017)の方法と比較して、スタッフの負担を軽減することができた。その結果、データ収集からフィードバックまでの一連の流れが効率化された。今回のパイロットスタディでは、選手のコンディションを Excel へ入力するまでに平均約 14 分間要した。これに対し、本研究で提案する方法は、Excel への入力に時間を要しないため、毎日約 14 分間の時間を節約することができた。したがって、今回用いた方法はデータを取り扱う上で作業の効率を向上することができたと考えられる。実際のトライアスロンの合宿では、朝 7 時からトレーニングを開始することが多く、それまでにメディカルスタッフはコンディションデータを入力する必要がある。しかし、約 14 分間短縮させることでメディカルスタッフはその時間を使ってコンディションデータを分析し、その結果から選手のコンディションを考察することができる。一方で、海外での大会では選手のコンディションを把握するために、インターネット回線を利用できない場合がある。そこで、陸上競技では選手と医療スタッフが直接コミュニケーションを取るためにオンライン上の調査ではなく、紙ベースでの調査が実施されてきた(村上ら, 2015; 村上 & 鳥居, 2016)。このように、インターネットの利用状況を考慮した上で、適切な方法を選択することが必要である。また、パラトライアスロンがパラリンピックの種目となったことから、パラトライアスロンに関する報道への関心や、その報道が障がい者に与える影響も高まっている(Wolbring & Martin, 2018)。本研究は視力に問題のない選手を対象にしていたが、パラトライアスロンには視覚障がいの選手もいることから、今後は視覚障がいの選手に最適なデータの収集およびフィードバックする方法を模索する必要があると考えられる。本研究ではコンディションデータをスマートフォンの画面で結果を閲覧する時は画面を上下だけでなく左右にもスクロールしなければならないため、アンケート結果では縦ストロークだけで見られるようなデザインに変更してほしいという回答があった。また、映像データの取り扱いについて検討した津野ら(2016)の研究では、提案されている方法がスマートフォンで簡単に閲覧できるため便利であるとの意見が多くあった。一方で、インターネット利用者のう

ち、個人情報外部に漏れていないか不安を感じている人は 91.6%におよぶ(総務省, 2020)。これらのことから、今後はスマートフォンの利用、操作感、セキュリティーを考慮した Google Sheets の設計が必要と思われる。また、対象コーチからは、想定していない体調不良も考慮すべきとの回答があった。今回は、村上ら(2015)が使用しているコンディション記録用紙を参考に、Google Forms を作成した。与えられた選択肢ではカバーしきれないイレギュラーな回答にも対応できるよう、Google Forms に自由記述欄を設けることも有効であると考えられる。また、対象トレーナーからは選手ごとの表や全選手のコンディションをまとめて表示するページがあるとコーチが助かるという意見があった。今回の研究では、選手ごとに Google Sheets を作成し、対象者にデータをフィードバックした。今後は、事前にチームスタッフと連携し、ニーズに合わせた Google Sheets を設計する必要がある。

スポーツウェザーとは、アスリートが気象情報を有効に活用して準備力を高め、競技力向上につなげるという考え方である(浅田ら, 2019)。このことから気象データを収集し、活用することが重要である。本研究で用いた気象データの取り扱い方法は、対象選手のコンディションと同様に、入力すると同時にグラフ化し、瞬時に対象者へフィードバックすることが可能であった。したがって、気象がパフォーマンスに大きな影響を与えるスポーツにおいて、本システムを活用することが有用であると言える。アンケート調査では、対象者全員がレース前に気象データを Google Sheets から繰り返し閲覧しており、見やすかったと回答している。また、Google Sheets がレースの準備に役立ったという回答も多く、今回の方法に対する対象者の主観的評価は概ね良好であったことが伺える。ある対象選手は「当日に雨でそれまでの気象と全く違う温度、水温になっていた」と回答した。将来的には気象予報の情報も加え、気象の予測に利用することも可能であると考えられる。

今回の研究では、選手のコンディションや気象データの収集方法として、Google Forms の利用が最適かどうかについては検討されていない。したがって、本研究だけでは Google Forms の使用が最適な方法であるかどうかは不明である。現在、インターネットでは無料で

利用できるツールが数多く存在するため、よりスポーツ現場に適したツールがある可能性がある。今後は他のオンラインアンケートサービスを利用し、その有用性を検討する必要がある。また、本研究では、あるトライアスロンチームの選手、コーチ、トレーナーの9名を対象にしたため、対象者が少数であった。そのため、今後は今回の研究で明らかになった課題点を解決した上で、対象者を増やし更なる検討をする必要がある。

本研究では、Google Forms や Google Sheets の無料ツールを用いて、選手のコンディションや気象データを収集・整理し、対象者へデータを共有することができた。今回の結果を踏まえ、今後は利用者のニーズに合わせたカスタマイズが必要になる可能性がある。本研究の方法を用いることで、予算が限られた地域のトライアスロンチームにおいても、選手のコンディションや気象データを無料かつ効率的に収集・整理・フィードバックできると言える。今回の研究成果は、新型コロナウイルス感染症の拡大が続く昨今において、スポーツ現場で実践可能な方法論を提供することができると考えられる。また、本研究は選手、コーチ、トレーナーが関わるコンディショニングの分野においてデータの取り扱い方法を改善するために大きな価値をもつことを示唆している。

### 3-2-6 結論

トライアスロン選手、コーチ、トレーナーを対象とした本研究では、選手のコンディションや気象データの収集・整理・フィードバックに Google Forms と Google Sheets を使用し、データ処理の効率化と問題点の抽出を試みた。その結果、紙ベースのコンディション記録用紙を使用してデータの収集・整理・フィードバックを行う従来の方法と比較して、本研究の方法はより効率的にデータを収集・整理・フィードバックすることができた。この研究結果は、スポーツ現場におけるデータの活用方法の改善につながる可能性がある。今後は、より個々の利用者のニーズに合わせた方法の検討が必要になると考えられる。

## **第4章 総合討論**

### **4-1 本研究で得られた成果**

#### **4-1-1 暑熱対策の認識と脱水との関係(研究課題1)**

研究課題1では、暑熱対策の必要性を認識している大学トライアスロン競技選手を対象にレース前後の体重減少率および尿比重を用いて、現状の暑熱対策への知識では脱水を予防できているのか否かを検討した。その結果、大学トライアスロン競技選手は暑熱対策の必要性を認識し、暑熱対策の知識があつたにも関わらず脱水していたことが新たに示され、脱水を予防するには客観的な脱水指標のモニターが必要であることが確認された。

#### **4-1-2 脱水指標測定のための唾液採取方法の検討(研究課題2)**

研究課題2では、安静時の唾液浸透圧が血清浸透圧を反映しているかどうかを明らかにすることを検討とした。その結果、刺激唾液群および無刺激唾液群ともに、脱水指標である血清浸透圧と唾液浸透圧の間に有意な相関は認められなかった。このことから、無刺激唾液よりもよりたくさんの唾液を採取することができる刺激唾液の唾液浸透圧は脱水指標とならないことが示され、唾液を用いて脱水を評価するためには浸透圧以外の指標の検討が必要であることがわかった。

#### **4-1-3 競技レベルとペース戦略の検討(研究課題3)**

研究課題3では、従来とは異なる条件で行われた2020年日本学生トライアスロン選手権の参加選手を対象に、パフォーマンス上位グループと下位グループの総合タイムと各ラップタイムとの関係、およびランにおけるペース戦略の違いを検討した。その結果、群間で走速度には差がみられたが、ペース戦略には有意な差は認められないことが示され、ペース戦略に関する情動的因子の検討に活用できる可能性が示された。

#### 4-1-4 効率的なデータ活用方法の検討(研究課題 4)

研究課題 4 では、トライアスロン大会におけるデータ取り扱い方法の改善を目指して、選手のコンディションや気象データの収集・整理・フィードバック方法を効率化する方法を検討した。その結果、本研究で使用した手法はデータ収集・整理・フィードバック方法に有効である可能性が示された。

#### 4-2 今後の展望

研究課題 1 では、大学トライアスロン競技選手を対象にレース前後の体重減少率および尿比重を用いて現状の暑熱対策への知識では脱水を予防できているのか否かを検討した。本研究の対象者は暑熱対策の必要性を認識し、暑熱対策の知識があっても関わらず脱水していた。そのため、今後はさらなる教育とともに、客観的な脱水指標をモニターして脱水を評価する方法を検討することを課題とする。

研究課題 2 では、安静時における刺激唾液中および無刺激唾液中の脱水指標と血液中の脱水指標との関連性を検討した。その結果、刺激唾液と無刺激唾液の浸透圧は血漿浸透圧とは相関せず、唾液浸透圧では安静時の脱水の程度を把握できないことが示された。そのため、今後は他の唾液内成分と脱水との関係性について明らかにし、有益な唾液内脱水成分を検討することを課題とする。

研究課題 3 では、大学生トライアスロン選手を対象にパフォーマンスを客観的に分析し、パフォーマンス上位群と下位群のペース戦略には差がないことが明らかとなった。しかし、世界レベルのエリートトライアスロン選手と今回の対象者である大学生では、ペース戦略の特性に違いがある可能性がある。今後はオリンピック、世界トライアスロン選手権シリーズ、日本選手権など、幅広いレベルのエリートレースにおけるペース戦略を検討することを課題とする。

研究課題 4 では、選手のコンディションや気象データの収集・整理・フィードバックに Google Forms と Google Sheets を使用し、データ処理の効率化と問題点の抽出を試みた。今後は Google Forms や Google Sheets の利用者と連携してニーズに合わせたシステムを設計していくことを課題とする。

## 第 5 章 結論

トライアスロン競技選手において、環境的因子と情動的因子に対するコンディショニングは重要である。本研究課題 1-4 の研究成果より、環境的因子が大きな影響を与える熱中症の予防と、情動的因子として重要なペース戦略やデータ活用方法の確立に向けて、客観的に脱水レベルを把握することや使用目的に合わせてデータを活用することがトライアスロン競技選手のより良いコンディショニングにつなげる可能性がある。今後は唾液を用いた客観的な脱水指標やスポーツ現場のニーズに適した情報の活用方法を検討する必要がある。

## 参考文献

- Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Medicine*. 38:239-252, 2008
- 赤間高雄, 木村文律, 小泉佳右, 清水和弘, 秋本崇之, 久野譜也, 河野一郎. 42 ヶ月間の運動継続による中高年者の唾液分泌型免疫グロブリン A の変化. *スポーツ科学研究*. 2:122-127, 2005
- 秋本崇之, 香田泰子, 赤間高雄, 柳川真美, 籠野美恵子, 杉浦弘一, 柿山哲治, 前田清司, 河野一郎, 松田光生. 一過性運動負荷による唾液中分泌型 IgA の変動 -視覚障害者における検討-. *体力科学*. 46:523-528, 1997
- Alicia Borrego-Sánchez, Maria Jesus Vinolo-Gil, Maria de-la-Casa-Almeida, Manuel Rodríguez-Huguet, María Jesús Casuso-Holgado, Rocío Martín-Valero. Effects of training on



cardiorespiratory fitness in triathletes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(24):13332, 2021

- Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. American college of sports medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39(3):556-572, 2007
- 浅田佳津雄, 堀内恒治, 橋本峻, 杉田正明. 2020年夏における気象観測に関して. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要. 16:232-240, 2020
- 浅田佳津雄, 堀内恒治, 杉田正明. 2019年夏における気象観測に関して. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要. 15:271-275, 2019
- Asker E Jeukendrup, Roy L P G Jentjens, Luke Moseley. Nutritional considerations in triathlon. *Sports Medicine*. 35(2):163-81, 2005
- Baillot M, Hue O. Hydration and thermoregulation during a half-ironman performed in tropical climate. *Journal of Sports Science and Medicine*. 14(2):263-268, 2015
- Barr SI. Effects of dehydration on exercise performance. *Canadian journal of applied physiology*. 24(2):164-172, 1999
- Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, Roberts WO, Stone JA. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training*. 35(2):212-224, 2000
- Casa DJ, DeMartini JK, Bergeron MF, Csillan D, Eichner ER, Lopez RM, Ferrara MS, Miller KC, O'Connor F, Sawka MN, Yeargin SW. National athletic trainers' association position statement: exertional heat illnesses. *Journal of Athletic Training*. 50(9):986-1000, 2015
- Christian Weich, Randall L Jensen, Manfred Vieten. Triathlon transition study: quantifying differences in running movement pattern and precision after bike-run transition. *Sports Biomechanics*. 18(2):215-228, 2019

- Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A. Effects of the COVID-19 confinement period on physical conditions in young elite soccer players. *The Journal of Sports Medicine and physical fitness*. 61:1252-1257, 2021
- DiFiori JP, Green G, Meeuwisse W, Putukian M, Solomon GS, Sills A. Return to sport for North American professional sport leagues in the context of COVID-19. *British Journal of Sports Medicine*. 55:417-421, 2020
- Driscoll TR, Cripps R, Brotherhood JR. Heat-related injuries resulting in hospitalisation in Australian sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 11(1):40-47, 2008
- Ely BR, Ely MR, Chevront SN, Kenefick RW, Degroot DW, Montain SJ. Evidence against a 40 °C core temperature threshold for fatigue in humans. *Journal of Applied Physiology*. 107(5):1519-1525, 2009
- Ely MR, Martin DE, Chevront SN, Montain SJ. Effect of ambient temperature on marathon pacing is dependent on runner ability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 40:1675-1680, 2008
- Ericsson Y, Hardwick L. Individual diagnosis, prognosis and counselling for caries prevention. *Caries Research*. 1:94-102, 1978
- Ferro A, Rivera A, Pagola I, Ferreruela M, Martin A, Rocandio V. Biomechanical analysis of the 7th World Championships in Athletics Seville 1999. *New Studies in Athletics*. 16:25-60, 2001
- Fritz CO, Morris PE, Richler JJ. Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*. 141:2-18, 2012
- Fröhlich M, Klein M, Pieter A, Emrich E, Gießing J. Consequences of the three disciplines on the overall result in olympic-distance triathlon. *International Journal of Sports Science and Engineering*. 2:204-210, 2008

- 古田仁志. ラグビーにおけるコンディショニングを「見える化」する管理ソフト活用の検討. *The annual reports of health physical education and sport science*. 38:121-124, 2019
- Gabriel B Lima, Rafael L Kons, Daniele Detanico, Gabriela Fischer. Para-triathlon race performance in high-level athletes with visual impairments: a retrospective analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. Articles Ahead of Print, 2022
- Gadelha AB, Sousa CV, Sales MM, Dos Santos Rosa T, Flothmann M, Barbosa LP, da Silva Aguiar S, Olher RR, Villiger E, Nikolaidis PT, Rosemann T, Hill L, Knechtle B. Cut-off values in the prediction of success in Olympic distance triathlon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17:9491, 2020
- Gen Tanabe, Tetsuya Hasunuma, Yuto Inai, Yasuo Takeuchi, Hiroaki Kobayashi, Kairi Hayashi, Shintaro Shimizu, Nana S Kamiya, Hiroshi Churei, Yuka I Sumita, Katsuhiko Suzuki, Naoki Moriya, Toshiaki Ueno. Potential assessment of dehydration during high-intensity training using a capacitance sensor for oral mucosal moisture: Evaluation of elite athletes in a field-based survey. *Chemosensors*. 9(8)196-196, 2021
- George M Dallam, Steven Jonas, Thomas K Miller. Medical considerations in triathlon competition: recommendations for triathlon organisers, competitors and coaches. *Sports Medicine*. 35(2)143-161, 2005
- González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 79(5):1487-1496, 1995
- González-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*. 86(3):1032-1039, 1999
- Google. Google Forms. Google. <https://www.google.com/intl/en/forms/about/>(最終閲覧:2021

年 12 月 18 日)

- Google. Google Sheets. Google. <https://www.google.com/intl/en/sheets/about/>(最終閲覧:2021年 12 月 18 日)
- 環境省. 熱中症予防情報サイト. <http://www.wbgt.env.go.jp>(最終閲覧:2019年 3 月 28 日)
- 川原貴, 伊藤静夫, 井上芳光, 田中英登, 中井誠一, 長谷川博, 松本孝朗, 安松幹展. スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック(第 4 版 2 刷). 公益財団法人日本スポーツ協会. 東京. 4-50, 2018
- Hausswirth C, Lehénaff D, Dréano P, Savonen K. Effects of cycling alone or in a sheltered position on subsequent running performance during a triathlon. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 31:599-604, 1999
- Heng Peng, Satoshi Oikawa, Yuto Inai, Seiji Maeda, Takao Akama. Effects of lung volume and trigeminal nerve stimulation on diving response in breath-hold divers and non-divers. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 303, 103918-103918, 2022
- Herrera-Valenzuela T, Narrea Vargas JJ, Merlo R, Valdés-Badilla P, Pardo-Tamayo C, Franchini E. Effect of the COVID-19 quarantine on body mass among combat sports athletes. *Nutricion Hospitalaria*. 37(6):1186-1189, 2020
- 広野力. 唾液腺の電解質輸送. *日本薬理学雑誌*. 127:256-260, 2006
- Hoffman MD. Pacing by winners of a 161-km mountain ultramarathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 9:1054-1056, 2014
- Hosokawa Y, Johnson EN, Jardine JF, Stearns RL, Casa DJ. Knowledge and belief toward heat safety and hydration strategies among runners: a preliminary evaluation. *Journal of Athletic Training*. 54(5):541-549, 2019
- Ishikura K, Moriya N. Changes in running pace, stride length, and stride rate in elite male triathletes. *Science Triathlon*, 2017

- 伊藤奨, 後藤悠太, 原知彰, 塚田聖人, 服部博憲, 射手矢岬, 彼末一之. レスリングチームにおける映像遅延再生装置の有効性と導入に向けた問題点の予備的検討 -パフォーマンス向上とトレーニング環境の改善に着目して-. Research Journal of Sports Performance. 13:163-180, 2021
- Japan Triathlon Union. Elite. Available online at: <https://www.jtu.or.jp/athlete/category/elite/> (最終閲覧:2022年3月11日)
- Japan Triathlon Union. Event Information. Japan Triathlon Union. <https://www.jtu.or.jp/event/?lang=en>(最終閲覧:2021年12月18日)
- Japan Triathlon Union. JTU Recognized Record Meetings (Standard record). Available online at: <https://archive.jtu.or.jp/kyouka/2014/pdf/hyojun2014.pdf>(最終閲覧:2022年3月11日)
- Japan Triathlon Union. Junior. Available online at: <https://www.jtu.or.jp/athlete/category/junior/> (最終閲覧:2022年3月11日)
- Japan University Triathlon Union. 2019 Japan Intercollegiate Triathlon Championship RESULTS. Available online at: <https://jtu.jimdofree.com>(最終閲覧:2022年3月11日)
- Japan University Triathlon Union. 2020 Japan Intercollegiate Triathlon Championship RESULTS. Available online at: <https://jtu.jimdofree.com>(最終閲覧:2022年1月28日)
- Kavouras SA. Assessing hydration status. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care. 5(5):519-524, 2002
- 公益社団法人日本トライアスロン連合. 大会・イベント情報. <https://www.jtu.or.jp/event/?filter=true&prefecture=国内>(最終閲覧:2020年6月24日)
- 公益財団法人日本スポーツ協会. アスレティックトレーナー. 公益財団法人日本スポーツ協会. <https://www.japan-sports.or.jp/coach/tabid218.html>(最終閲覧:2021年12月18日)
- 倉田満, 五十嵐すみ子. 日本電子 JCA-BM8060 導入による運用改善. JJCLA 33:46-50, 2008

- Lambert MI, Dugas JP, Kirkman MC, Mokone GG, Waldeck MR. Changes in running speeds in a 100 km ultra-marathon race. *Journal of Sports Science and Medicine*. 3:167-173, 2004
- Landers GJ, Blanksby BA, Ackland TR, Smith D. Morphology and performance of world championship triathletes. *Annals of Human Biology*. 27:387-400, 2000
- Le Meur Y, Bernard T, Dorel S, Abbiss CR, Honnorat G, Brisswalter J, Hausswirth C. Relationships between triathlon performance and pacing strategy during the run in an international competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 6:183-194, 2011
- Le Meur Y, Hausswirth C, Dorel S, Bignet F, Brisswalter J, Bernard T. Influence of gender on pacing adopted by elite triathletes during a competition. *European Journal of Applied Physiology*. 106:535-545, 2009
- Losnegard T, Kjeldsen K, Skattebo Ø. An analysis of the pacing strategies adopted by elite cross-country skiers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 30:3256-3260, 2016
- Mann RH, Clift BC, Boykoff J, Bekker S. Athletes as community; athletes in community: covid-19, sporting mega-events and athlete health protection. *British Journal of Sports Medicine*. 54:1071-1072, 2020
- March DS, Vanderburgh PM, Titlebaum PJ, Hoops ML. Age, sex, and finish time as determinants of pacing in the marathon. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 25:386-391, 2011
- 増田健太, 津知光博, 赤井洋子, 浅野めぐみ, 志賀修一, 一山智, 西田憲正, 西保寿, 本郷義清. 自動浸透圧測定装置オズモステーション TMOM-6060 の基礎的検討. *機器・試薬*. 30:383-391, 2007
- 松生香里, 保科圭汰, 竹井康彦, 岡崎和伸, 杉田正明, 小川智, 小島忠幸, 山頭直樹, 大澤陽祐, 宗猛, 吉川三男, 酒井勝充. リオデジャネイロオリンピック男子マラソン代表

選手の事前合宿における暑熱コンディションサポート. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要. 12:130-135, 2016

- McDermott BP, Anderson SA, Armstrong LE, Casa DJ, Cheuvront SN, Cooper L, Kenney WL, O'Connor FG, Roberts WO. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for the physically active. *Journal of Athletic Training*. 52(9):877-895, 2017
- Mears S, Watson P. IIRM Medical Care Manual. International Institute for Race Medicine Web site. 2016
- Moitra V, Diaz G, Sladen RN. Monitoring hepatic and renal function. *Anesthesiology Clinics*. 24:857-880, 2006
- Muñoz CX, Johnson EC, Demartini JK, Huggin RA, McKenzie AL, Casa DJ, Maresh CM, Armstrong LE. Assessment of hydration biomarkers including salivary osmolality during passive and active dehydration. *European Journal of Clinical Nutrition*. 67:1257-1263, 2013
- 村上博之, 鳥居俊. リオ・デ・ジャネイロオリンピックにおけるコンディション把握方法. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要. 12:172-176, 2016
- 村上博之, 鳥居俊, 真鍋知宏. 第15回世界陸上競技選手権におけるコンディション把握方法. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要. 11:170-175, 2015
- 中井誠一, 新矢博美, 芳田哲也, 寄本明, 井上芳光, 森本武利. スポーツ活動および日常生活を含めた新しい熱中症予防対策の提案 -年齢, 着衣及び暑熱順化を考慮した予防指針-. *体力科学*. 56:437-444, 2007
- 永島計. 体温調節システムと体液調節. 体温II -体温調節システムとその適応-(1). 井上芳光, 近藤徳彦. 有限会社ナップ. 東京. 142-155, 2010
- 中村大輔, 中村真理子, 早川直樹. 第31回オリンピック競技大会(2016/リオデジャネイロ)および事前キャンプ中におけるU23サッカー男子日本代表チームを対象としたコンディション評価. *Journal of High Performance Sport*. 4:176-187, 2019

- 中村大輔, 中村真理子, 山中亮, 星川雅子. 競技者のための暑熱対策ガイドブック. 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. 東京, 4-5, 2017
- 中村大輔, 田名辺陽子, 高橋英幸. 日本人トップアスリートにおける暑熱対策に関するアンケート調査. *Sports Science in Elite Athlete Support*. 3:39-51, 2018
- Napieralska A, Tomasik B, Spalek M, Chyrek A, Fijuth J. Radiation oncology training in poland: multi-institutional survey. *Journal of Cancer Education*. 36:769-778, 2021
- Nobuhiko Eda, Nobuhiro Nakamura, Yuto Inai, Ziyue Sun, Ryota Sone, Koichi Watanabe, Takao Akama. Changes in the skin characteristics associated with dehydration and rehydration. *European Journal of Sport Science*. 1-9, 2022
- O'Brien C, Young AJ, Sawka MN. Bioelectrical impedance to estimate changes in hydration status. *International Journal of Sports Medicine*. 23:361-366, 2002
- Pillay L, Janse van Rensburg DCC, Jansen van Rensburg A, Ramagole DA, Holtzhausen L, Dijkstra HP, Cronje T. Nowhere to hide: the significant impact of coronavirus disease 2019 (COVID-19) measures on elite and semi-elite South African athlete. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 23:670-679, 2020
- Popowski LA, Oppliger RA, Patrick LG, Johnson RF, Kim Johnson A, Gisolf CV. Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 33(5):747-753, 2001
- Rampinini E, Donghi F, Martin M, Bosio A, Riggio M, Maffiuletti NA. Impact of COVID-19 lockdown on Serie A soccer players' physical qualities. *International Journal of Sports Medicine*. 42:917-923, 2021
- Revelles ABF, Granizo IR, Sánchez MC, Ruz RP. Men's triathlon correlation between stages and final result in the London 2012 Olympic Games. *Journal of Human Sport and Exercise*. 13:514-528, 2018



- Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American college of sports medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39(2):377-390, 2007
- Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, Muza SR, Pandolf KB. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *Journal of Applied Physiology*. 59:1394-1401, 1985
- 瀬尾幸也. 広州アジア大会における JISS のサポート活動. 国立スポーツ科学センター年報 2010. 16-19, 2011
- Shigeyuki Ono, Nobuhiko Eda, Takuya Mori, Atsuko Otsuka, Nobuhiro Nakamura, Yuto Inai, Noriyasu Ota, Takao Akama. Tape stripping method is useful for the quantification of antimicrobial peptides on the human skin surface including the stratum corneum. *Scientific Reports*. 10(1)15259-15259, 2020
- 清水和弘, 赤間高雄, 河野一郎. コンディショニングの概要 スポーツ医科学領域におけるコンディショニング. *臨床スポーツ医学*. 28:2-10, 2011
- 清水倉一, 安藤明利. 浸透圧. *日本臨床*. 53(増刊号 1):776-781, 1995
- Shirreffs SM. Markers of hydration status. *European Journal of Clinical Nutrition*. 57:6-9, 2003
- 総務省. 令和 2 年通信利用動向調査の結果. 報道資料. 1-28, 2020
- Sousa CV, Aguiar S, Olher RR, Cunha R, Nikolaidis PT, Villiger E, Rosemann T, Knechtle B. What is the best discipline to predict overall triathlon performance? An analysis of Sprint, Olympic, Ironman® 70.3, and Ironman® 140.6. *Frontiers in Physiology*. 12:1-7, 2021
- Staab JS, Agnew JW, Siconolfi SF. Metabolic and performance responses to uphill and downhill running in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 24:124-127, 1992
- 田畑尚吾, 鳥居俊, 常友綾二. 第 16 回 IAAF 世界陸上競技選手権大会における選手のコンディション把握について. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要.

13:273-278, 2017

- 谷口耕輔, 杉田正明. 高校男子長距離走選手の試合期における酸化ストレス、心理的状态及び主観的コンディションに関する研究. *スポーツパフォーマンス研究*. 12:57-72, 2020
- Tomazini F, Pasqua LA, Damasceno MV, Silva-Cavalcante MD, de Oliveira FR, Lima-Silva AE, Bertuzzi R. Head-to-head running race simulation alters pacing strategy, performance, and mood state. *Physiology & Behavior*. 149:39-44, 2015
- 津野天兵, 井上智博, 萬久博敏, 和田智仁. 大学水泳部における映像・分析サポートの実践. *スポーツパフォーマンス研究*. 8:216-228, 2016
- 都筑学, 宮崎伸一, 村井剛, 早川みどり, 飯村周平. 大学生における SNS 利用とその心理に関する研究 -LINE, Twitter, Instagram, Facebook の比較を通じて-. *中央大学保健体育研究所紀要*. 37:7-33, 2019
- Tucker R, Lambert MI, Noakes TD. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 1:233-245, 2006
- Tucker R, Noakes TD. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*. 43:e1, 2009
- Villiger M, Stoop R, Vetsch T, Hohenauer E, Pini M, Clarys P, Pereira F, Clijsen R. Evaluation and review of body fluids saliva, sweat and tear compared to biochemical hydration assessment markers within blood and urine. *European Journal of Clinical Nutrition*. 72:69-76, 2018
- Vleck VE, Bentley DJ, Millet GP, Bürgi A. Pacing during an elite Olympic distance triathlon: comparison between male and female competitors. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 11:424-432, 2008
- Von Duvillard SP, Arciero PJ, Tietjen-Smith T, Alford K. Sports drinks, exercise training, and

competition. *Current Sports Medicine Reports*. 7(4):202-208, 2008

- 和田智仁. 鹿屋体育大学における必携タブレットの利用状況 -授業担当教員への調査から-. *学術研究紀要/鹿屋体育大学*. 58:107-114, 2020
- 和久貴洋. コンディションの把握と管理. *アスレティックトレーナーテキスト(I) -アスレティックトレーナー養成講習会教本*. 25-42, 2002
- Walsh NP, Montague JC, Callow N, Rowlands AV. 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*. 49:149-154, 2004
- Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA, Dennis SC. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International Journal of Sports Medicine*. 15(7):392-398, 1994
- Wealleans AL, Bierinckx K, Witters E, di Benedetto M, Wiseman J. Assessment of the quality, oxidative status and dietary energy value of lipids used in non-ruminant animal nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 101:4266-4277, 2021
- Wolbring G, Martin B. Analysis of the coverage of paratriathlon and paratriathletes in Canadian newspapers. *Sports*. 6:87, 2018
- World Triathlon. World Triathlon COVID-19 Prevention guidelines for Event Organizers Version 4.1. Available online at: [https://www.jtu.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2021/01/WorldTriathlon\\_COVID-19PreventionguidelinesforEventOrganizers\\_Version-4.1\\_JPN.pdf](https://www.jtu.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2021/01/WorldTriathlon_COVID-19PreventionguidelinesforEventOrganizers_Version-4.1_JPN.pdf)(最終閲覧:2022年1月28日)
- Wu SS, Peiffer JJ, Brisswalter J, Nosaka K, Abbiss CR. Factors influencing pacing in triathlon. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 16:223-234, 2014
- 米田孝司, 内田浩二, 片山善章, 鈴木宏一, 木戸博. 唾液採取法 -器具を中心に-. *臨床*

検査. 53:799-805, 2009

- Ziyue Sun, Yuto Inai, Kyoko Koseki, Satoshi Oikawa, Nobuhiko Eda, Takao Akama.

Development of simple detection method of polyreactive secretory immunoglobulin A in saliva.

The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 11(4)207-212, 2022

## 謝辞

本研究論文に関する実験はトライアスロン・パラトライアスロン競技選手であるエリート選手・大学生・高校生、コーチ、トレーナー、早稲田大学学生にご協力頂き遂行することが出来ました。また、トライアスロン大会では公益社団法人日本トライアスロン連合、同連合情報戦略・医科学委員会、日本学生トライアスロン連合のご理解とご協力がなければデータを収集することができませんでした。本研究論文に関わって下さった全ての皆様に心より感謝申し上げます。

本研究論文の製作にあたり、実験計画から論文作成まで丁寧にご指導いただきました赤間高雄教授、副査を快く引き受けてくださった秋本崇之教授、広瀬統一教授に厚く御礼申し上げます。