

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：33703

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K18824

研究課題名（和文）口腔科学的知見に基づく新規アスリートコンディション評価法開発にむけた実測調査

研究課題名（英文）A field study to develop a new method for assessing the condition of athletes based on oral science

研究代表者

田邊 元（Tanabe, Gen）

朝日大学・歯学部・助教

研究者番号：00844341

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：スポーツの現場では、迅速簡便なコンディション評価法の開発が求められている。口腔領域は比較的生体情報の採取の障壁が低く、コンディション評価法の対象として適っている。そこで運動前後での口腔領域のさまざまな指標の変化・変動について実測調査をしたところ、特に、口腔粘膜湿潤度、唾液中乳酸脱水素酵素量、舌背表面の血流量、唾液検体さらにはプラーク検体中のバイオマーカー（S-IgAおよび抗菌ペプチド）は、身体のコンディションを捉えることができる指標としてリストアップされた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

口腔領域は比較的生体情報の採取の障壁が低く、身体能力やコンディションを簡便に評価できるポテンシャルをもつ。本研究はスポーツの現場を対象として行われたが、得られた知見はスポーツ現場のみならず、さまざまな世代の一般レベルの健康情報としての活用を見込めるものであった。特に、口腔粘膜湿潤度の測定による全身体脱水状態の予測システムは、スポーツ現場との親和性も相まって、現場実装も期待できるものと考えている。

研究成果の概要（英文）：In the field of sport, there is a need for the development of rapid and simple methods of assessing body condition. The oral cavity is a suitable target for condition assessment methods because of the relatively low barriers to the collection of biological information. In particular, oral mucosal moisture, salivary lactate dehydrogenase, blood flow on the dorsal surface of the tongue, and biomarkers (S-IgA and antimicrobial peptides) in saliva and dental plaque samples have been identified as indicators that can capture body condition.

研究分野：スポーツ医歯学

キーワード：スポーツ医歯学 評価 歯周炎 スポーツ科学 口腔粘膜湿潤度 脱水 熱中症 唾液バイオマーカー コンディション

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

1. 研究開始当初の背景

アスリートにとって、自分の持っている能力を最大限に発揮することは最大の目標であり、それがよりよい結果(勝利、新記録など)やスポーツを継続するモチベーションにつながる。アスリートは目標達成に向け、心身ともに極限の状態での競技やトレーニングを行うため、慢性疲労状態に陥り、オーバートレーニング症候群や上気道感染などに罹患しやすい。これらを未然に感知し、対策をとることがピークパフォーマンスの発揮には重要であり、そのためには日々のコンディション評価を行うことが求められている。コンディションの評価を誤ると、過労(オーバートレーニング)やケガや病気のリスクが高まり、アスリートのパフォーマンスを大幅に下げる結果をもたらす。コンディションは身体的、精神的、環境的、情動的など様々な要因による総体であるため、コンディション評価を1種類の指標のみで行うことは難しい。いま、スポーツ現場では多角的な指標でかつ迅速・簡便な評価システムの開発が求められている。

我々は、スポーツ歯科外来での診療に従事する中で、アスリートへの問診で、疲れると「歯が浮く感じがする」「口が乾く時がある」「口内炎ができてやすい時期がある」「歯ブラシで血が出る時がある」といったことをたびたび聴取することがあった。そういったアスリートの口の中を見ても、口腔内の炎症(歯肉炎や口内炎)、口腔乾燥といった所見を随所にみることがあった。そうした経験から「アスリートのコンディションの変動が、口腔内に表出するのでは」という仮説を持つようになり、アスリートのコンディションと口腔の状況に関係があるのではないかと考え、このコンディション変動に伴う口腔領域での表現形をスポーツ現場で応用可能なコンディションの新指標に活用できないかと考えた。

また、これまでコンディション評価の研究の多くは医学者やスポーツ科学者を中心になされてきた。口腔科学からの知見は専ら唾液成分を対象としたものであり、その他の口腔内の様々な指標についてはコンディション評価の研究対象として検討されてこなかった。口腔は消化器官、呼吸器官の初部であり、体腔において直接見る・触る・測ることができる器官である。このアクセシビリティが優れているということは、すなわち口腔領域での指標がいち早くコンディションの変動を感知できる特性を持つだろうと考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、運動時の全身コンディション指標の変動と口腔領域の変化を観察・解析し、定量的および時間的な相互関係を発見することである。これにより、コンディション評価を補完する口腔内の指標の現場応用を目指し、アスリートのコンディション測定システムの評価能力の全体の底上げに繋がり、アスリートの競技力や健康に大きく貢献できることが狙いである。

なお、これまでコンディション研究でのその対象は専ら唾液であり、その他の口腔内所見は対象として検討されてこなかった。コンディション評価の対象を口腔領域に幅広く設定し直したことは本研究の大きな特色である。

3. 研究の方法

1) 「高強度トレーニングによる主観的疲労・唾液免疫指標の変化と歯周組織炎症指標の関係」

トライアスロン U-23 代表合宿(合宿期間は各計7日間)に参加した選手(3回計 男8名、女5名)に対して、自覚的疲労度(11段階; 0-10)のセルフコンディションチェックを合宿中毎日聴取し、期間内の運動強度の代用として Session-rating of perceived exertion (RPE)(自覚的運動強度×時間)を算出した。合宿2日目ベースラインとし、合宿6日目と比較する歯周組織炎症指標として、歯周組織検査、Gingival Index (GI)、口腔内写真撮影を行った。検査結果から Bleeding On Probing (BOP) 率と Periodontal Inflamed Surface Area (PISA) を算出した。また、唾液中の S-IgA 濃度(Cube reader SOMA 社)を同じく合宿2日目と6日目に測定した。各項目について合宿2日目と6日目の測定値には、対応のある t 検定にて、そして合宿2日目の PISA 値と合宿終盤での自覚的疲労度、S-IgA 濃度の変動値について相関関係を解析した($p < 0.05$)。

2) 簡易型唾液中 LDH 測定と自覚的疲労・筋肉痛の関係についての基礎調査

トライアスロン U-23 代表合宿参加選手(男7名)に対して、疲労度と筋肉痛の聴取(10段階スコア: 10不良)、唾液中 LDH 検査(PD-1、長田産業)を行った。測定は合宿2、6日目の夕食前に行った。また、期間中の Session-rating of perceived exertion (S-RPE) を算出し運動強度として代用した。

3) トレーニング合宿期間中のセッション運動強度と唾液バイオマーカーの相関に関する分析調査

トライアスロン U-23 代表合宿に参加した選手(男子7名、女子5名)を対象に、合宿2週間前(14~8日前:プレセッション) 1週間前(7~前日:セッション1) 合宿中(セッション2)のS-RPEを記録し、12名のS-RPEの合算平均値±SDをセッション毎に算出した。またセッション1および2の最終日翌朝に唾液採取し、s-IgAリアルタイム測定(CUBE Reader、SOMA社、英国)を行った。

4) 口腔内水分計を用いた高強度トレーニング中の体の渴きと喉・口の渴きの関連性について

トライアスロン U-23 代表合宿(2019年8月および12月、合宿期間7日)に参加した選手(8月:男3女3、12月:男10女6)に対して、喉・口の渴きなどの口腔内自覚症状(11段階:0-10)、起床時体重、尿比重(PEN尿比重屈折計)を合宿期間中毎朝記録した。合宿2、6日目に、口腔内水分計(ムーカス、ライフ社製)にて口腔内湿潤度を測定した。合宿期間中の運動強度としてSession-rating of perceived exertionを算出し、また外気温・天気を記録した。各項目について合宿2日目をベースラインとし、6日目と比較検討した。また尿比重と口腔内湿潤度の相関を調べた。

5) マラソン練習会における脱水関連指標と舌背表面温度・口腔粘膜湿潤度の実測調査

対象は12月開催の屋外練習会(120分間走)に参加した男性11名(51.3±13.2歳)、女性10名(44.6±10.8歳)。運動強度や飲水は参加者の自由とし、最大心拍数と走行距離および自覚的運動強度(Borgスケール)を記録し、また練習中のWBGTの計測を行った。練習前後での体重計測および飲水量・尿量から脱水率、総発汗量を算出し、口腔内舌背中央部での表面温度の計測(FLIR ONE Pro, Teledyne FLIR)と口腔粘膜湿潤度の計測(ムーカス ライフ社)を行った。

6) レーザースペckル法による口腔・顔面領域の血流量の動態評価 トライアスロン競技者での予備的調査

日本トライアスロン連合主催の強化合宿に参加した選手8名(男4/女4)を対象に、スイムおよびバイク練習前後で、右頬、鼻部、前額部、口唇、舌背および眼底の血流量をレーザースペckル法(眼底:LSFG-NAVI、その他:LSFG-PI-E、ソフトケア社)によるイメージング解析を行い、平均血流量(MBR値)および抵抗値(BOS値)の練習前後での変化率(%)を算出した。

7) アスリートの唾液分泌型IgA分泌能評価の最適化にむけた実測的検討

日頃より運動習慣のある52名(男15/女37)を対象にのべ664検体、起床後30分以内の唾液を吐唾液法で採取し、採取時間(分)の自己申告値を記録した。回収した唾液は、質量計測後に採取時間で除して唾液分泌速度(mL/min)を算出した。回収した唾液サンプルは3000rpm、15分間遠心分離を行い、上清を採取し解析まで-80で保存した。S-IgA濃度をELISA法(Secretory IgA ELISA Kit, Salivary, Salimetrics LLC)で定量した。

8) 水泳中の脱水評価法開発に向けた口腔内指標の動特性評価 身体と喉、口の渴きの実測調査

トライアスロン選手8名(男4/女4)を対象に、屋内スイム練習前後での喉と口の渴きの自覚症状(11段階リッカート尺度)、脱水率、発汗量、水分補給率、口腔粘膜湿潤度(口腔内水分計ムーカス®、株式会社ライフ)および舌背血流量(レーザースペckル法、LSFG-PI-Eソフトケア社)を2日間測定した。両日とも同時刻測定となるよう最大留意し、各選手の体重および飲水量、尿量、また練習環境の暑さ指数WBGTや水温も記録した。

4. 研究成果

1) 「高強度トレーニングによる主観的疲労・唾液免疫指標の変化と歯周組織炎症指標の関係」

・合宿 2 日目と 6 日目のデータを比較したところ、歯周組織検査値、BOP 率、PISA、GI の測定値に有意な変化はみとめなかった。
 ・合宿 2 日目の PISA 高値の選手（すなわち広い炎症面積の有する選手）ほど、合宿 6 日目の自覚的疲労度が強くなり（ $r=0.59$ $p<0.05$ ）、唾液の S-IgA 濃度が減少（ $r=0.49$ $p>0.05$ ）する傾向が認められた。

2) 簡易型唾液中 LDH 測定と自覚的疲労・筋肉痛の関係についての基礎調査

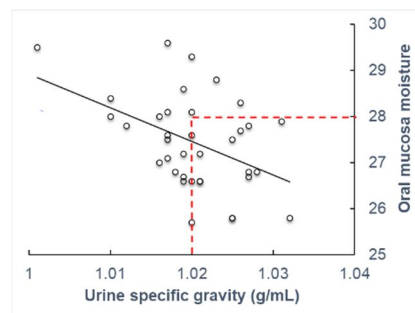
唾液中 LDH (g/ml) (2 日目: 1.43 ± 0.29 6 日目: 3.29 ± 0.23)、疲労度 (4.00 ± 3.00 6.57 ± 3.95)、筋肉痛 (2.71 ± 2.57 5.86 ± 3.81) であり、いずれも有意な変化をみとめた。

3) トレーニング合宿期間中のセッション運動強度と唾液バイオマーカーの相関に関する分析調査

セッション 1 および 2 の S-RPE \pm SD はそれぞれ 85.9 ± 22.1 および 109.7 ± 22.1 で、合宿期間中の運動負荷は上昇していた。セッション 1 および 2 の平均 S-IgA \pm SD はそれぞれ $212.7 \pm 94.5 \mu\text{g/ml}$ および $191.3 \pm 56.2 \mu\text{g/ml}$ であった。S-RPE、s-IgA とともに統計的有意差はなかったが、セッション 1 と 2 の S-RPE 差と s-IgA 差の間には有意な負の相関が認められた（Pearson 順位相関係数: -0.71 、 $p<0.05$ ）。すなわち、S-RPE が前セッションから大きく増加した選手では s-IgA が低下する傾向が示された。本研究結果より、S-RPE の増減から s-IgA の変動を予測できる可能性が示唆された。

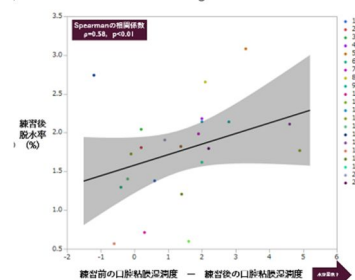
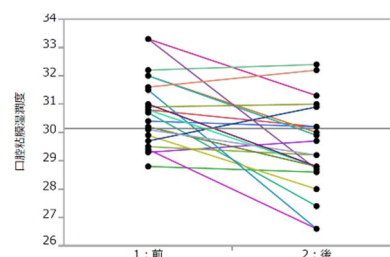
4) 口腔内水分計を用いた高強度トレーニング中の体の渴きと喉・口の渴きの関連性について

8、12 月の両測定において起床時体重、尿比重、喉・口の渴き、口腔内湿潤度の各平均値は 2 日目と 6 日目の間で有意差は認められなかった。夏場（8 月）の尿比重はスポーツ現場で脱水状態と判定される 1.020 g/ml を超え、ムーカスによる口腔内湿潤度は口腔乾燥症と診断される 28.0 未満であった。夏場（8 月）は上記の数値はいずれも合宿終盤に悪化傾向だったが、冬場（12 月）は改善傾向だった。尿比重と口腔粘膜湿潤度には相関関係を認め（ $r=0.45$ ）回帰式より脱水の指標となる尿比重 1.020 g/ml を予測する口腔内湿潤度の値は 27.5 であった。



5) マラソン練習会における脱水関連指標と舌背表面温度・口腔粘膜湿潤度の実測調査

WBGT は練習開始時 13.1 、終了時 16.2 。最大心拍数（平均 \pm S.D.）は 178.2 ± 15.2 bpm、走行距離は 18.6 ± 2.0 Km、自覚的運動強度は 4.5 ± 1.3 であった。脱水率は $1.8 \pm 0.6\%$ 、総発汗量は $1549 \pm 516 \text{ mL}$ であった。舌背表面温度は 31.7 ± 0.9 32.1



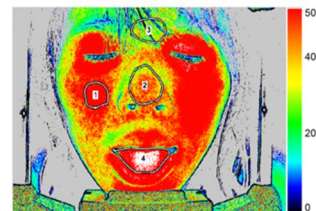
± 1.1 ($p<0.05$)、口腔粘膜湿潤度は 30.8 ± 1.2 29.3 ± 1.5 ($p<0.01$) と変化し、それぞれ対応のある t 検定で有意差をみとめた。また、脱水率と口腔粘膜湿潤度の差分値で、正の相関 (Spearman の相関係数 $=0.58$ 、 $p<0.01$) をみとめた。

6) レーザースペックル法による口腔・顔面領域の血流量の動態評価 トライアスロン競技者での予備的調査

スイム後の平均血流量の変化率は、右頬 127.7%(SD:32.3)、鼻部 110.0%(19.8)、前額部 110.8%(13.5)で増加、口唇 101.9%(13.7)と眼底 103.4%(9.9)でほぼ横ばい、舌背 91.5%(8.5)で低下した。抵抗値は右頬 87.0%(3.3)と鼻部 87.3(3.3)、口唇 87.7%(3.3)で低下、前額部 99.2%(2.3)と舌背 99.8%(6.8)で横ばい傾向だった。バイク後の平均血流量は眼底 101.1%(9.9)でほぼ横ばい、右頬 72.9%(SD:22.1)、鼻部 79.0%(14.8)、前額部 89.9%(20.4)、口唇 81.1%(8.2)、舌背 86.4%(13.5)で低下した。抵抗値は右頬 101.6%(SD:3.8)、鼻部 101.8%(2.8)、前額部 101.1%(3.1)、口唇 100.0%(2.1)、舌背 98.3%(2.4)で横ばい傾向であった。



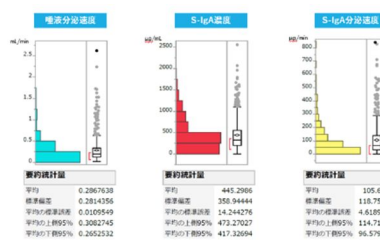
口唇の測定



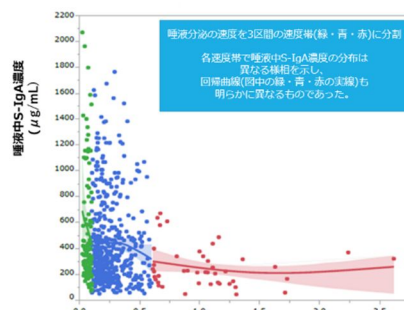
舌背の測定

7) アスリートの唾液分泌型 IgA 分泌能評価の最適化にむけた実測的検討

唾液分泌速度は 0.29 mL/min (SD:0.28)、唾液中 S-IgA 濃度は 445.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (358.7)であった。両者を散布図でプロットすると、唾液分泌低速度域では唾液 S-IgA 濃度値が高くなる傾向があったのに対し、唾液分泌速度が速くなると唾液 S-IgA 濃度値は定常化し、平滑化スプラインによる非線形回帰曲線でも速度域の高低で異なる様相を示した。決定木分析により 0.09 mL/min、0.61 mL/min を境に 3 区域で様相の変化が予測された。



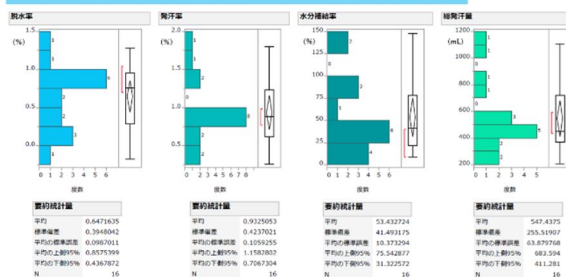
② 唾液分泌速度 × S-IgA濃度 Scattergram(散布図)



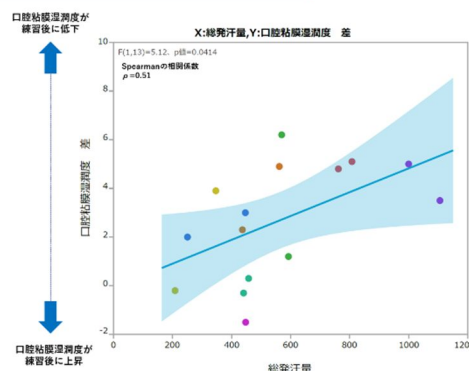
8) 水泳中の脱水評価法開発に向けた口腔内指標の動特性評価 身体と喉、口の渇きの実測調査

初日と2日目の WBGT および水温はそれぞれ 21.4 および 30.6、21.2 および 30.6 であった。喉と口の渇きの自覚症状に有意な変化はなかった。練習後の脱水率は 0.65%(SD:0.38)、発汗率は 0.93%(0.41) で水分補給率は 53.4%(40.2)であった。口腔粘膜湿潤度は 30.1(1.7)から練習後 27.2(0.8)となり、口腔乾燥症の診断レベル以下まで低下した(対応のある t 検定 $p < 0.05$)。舌背血流量は練習後 91.6%(0.85)に減少した。発汗量と口腔粘膜湿潤度の差分値には有意な正の相関を認めた(Spearman の相関係数 $= 0.51$, $p < 0.05$)。

脱水率・発汗率・水分補給率・総発汗量



総発汗量と口腔粘膜湿潤度



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tanabe Gen, Hasunuma Tetsuya, Inai Yuto, Takeuchi Yasuo, Kobayashi Hiroaki, Hayashi Kairi, Shimizu Shintaro, Kamiya Nana S, Churei Hiroshi, Sumita Yuka I, Suzuki Katsuhiko, Moriya Naoki, Ueno Toshiaki	4. 巻 9
2. 論文標題 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	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemosensors	6. 最初と最後の頁 196 ~ 196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/chemosensors9080196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 田邊元、上野俊明.	4. 巻 57 (7)
2. 論文標題 プライマリ・ケア医が知っておきたい運動愛好家の口腔内環境	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medicina (メディチーナ)	6. 最初と最後の頁 1164-1167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田邊元, 竹内康雄, 中禮宏, 金城里於, 林海里, 深沢慎太郎, 神谷菜々, 小林宏明, 上野俊明.
2. 発表標題 トレーニング合宿期間中のセッション運動強度と唾液バイオマーカーの相関に関する分析調査
3. 学会等名 第24回日本歯科学会 学術大会 (併催 日本スポーツ歯科医学会第32回総会・学術大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田邊元、蓮沼哲哉、竹内康雄、小林宏明、清水慎太郎、中禮宏、林海里、隅田由香、鈴木克彦、上野俊明.
2. 発表標題 口腔粘膜湿度によるスィム練中のリアルタイム脱水評価.
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田邊 元, 隅田由香, 上野俊明
2. 発表標題 AIを活用した暑熱環境下での脱水予測システムの開発 - 口腔水分量や舌状態、顔色などの身体データ情報による最適指標の探索 - .
3. 学会等名 第37回「歯科医学を中心とした総合的な研究を推進する集い（令和3年度）」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田邊 元
2. 発表標題 歯科医は代表合宿で何をみたのか - 口腔科学的視点からパフォーマンスを考える - .
3. 学会等名 第11回JTUトライアスロン・パラトライアスロン研究会(東京(オンライン))(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田邊元、蓮沼哲也、稲井勇仁、中禮宏、林海里、神谷菜々、竹内康雄、小林宏明、森谷直樹、上野俊明.
2. 発表標題 「口腔内水分計」は運動時脱水評価ツールのひとつとなるか.
3. 学会等名 第9回JTUトライアスロン・パラトライアスロン研究会 2020.02.02
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田邊元、蓮沼哲也、稲井勇仁、中禮宏、林海里、神谷菜々、深沢慎太郎、竹内康雄、小林宏明、森谷直樹、岩田隆紀、上野俊明.
2. 発表標題 高強度トレーニングによる主観的疲労度・唾液免疫指標の変化と歯周組織炎症指標の関係.
3. 学会等名 第152回日本歯科保存学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田邊元、蓮沼哲也、稲井勇仁、中禮宏、林海里、外川海斗、神谷菜々、深沢慎太郎、竹内康雄、小林宏明、森谷直樹、上野俊明。
2. 発表標題 簡易型唾液中LDH測定と自覚的疲労・筋肉痛の関係についての基礎調査。
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田邊元、竹内康雄、蓮沼哲也、稲井勇仁、中禮宏、金城里於、林海里、深沢慎太郎、神谷菜々、小林宏明、森谷直樹、上野俊明。
2. 発表標題 口腔内水分計を用いた高強度トレーニング中の体の渇きと喉・口の渇きの関連性について。
3. 学会等名 第31回日本スポーツ歯科医学会（学会賞受賞）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田邊元、蓮沼哲哉、清水慎太郎、林海里、中禮宏、隅田由香、鈴木克彦、森谷直樹、上野俊明。
2. 発表標題 レーザースペックル法による運動前後の口唇・舌背の血流量評価。
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会．2022.09.21(宇都宮 オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷菜々、田邊元、林海里、外川海斗、清水慎太郎、中禮宏、上野俊明、査。
2. 発表標題 マラソン練習会における脱水関連指標と舌背表面温度・口腔粘膜湿度の実測調
3. 学会等名 第33回日本臨床スポーツ医学会大会．2022.11.13(札幌/オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田邊元、蓮沼哲哉、神谷菜々、中禮宏、林海里、外川海斗、清水慎太郎、渡辺孝士郎、竹内康雄、小林宏明、都尾元宣、森谷直樹、上野俊明.
2. 発表標題 水泳中の脱水評価法開発に向けた口腔内指標の動特性評価 身体と喉、口の渇きの実測調査.
3. 学会等名 第33回日本スポーツ歯科医学会学術大会. 2022.12.03(東京)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷菜々、田邊元、蓮沼哲哉、笠次良爾、森谷直樹、上野俊明.
2. 発表標題 レーザーベッセル法による口腔・顔面領域の血流量の動態評価 エリートトライアスロン競技者での予備的調査.
3. 学会等名 第33回日本スポーツ歯科医学会学術大会. 2022.12.03(東京)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田邊元、蓮沼哲哉、竹内康雄、神谷菜々、林海里、中禮宏、森谷直樹、上野俊明.
2. 発表標題 U-23代表合宿におけるコンディション評価とその活用の実践報告.
3. 学会等名 第12回日本トライアスロン・パラトライアスロン研究会. 2023.02.26(東京)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------