©NSCA JAPAN
Volume 26, Number 1, pages 18-23

Otsuka & NSCA Japan Sports Nutrition Academy

免疫力
−SIgAが免疫力の大きな鍵を握っている−

清水 和弘 Ph.D., 鍼灸あん摩マッサージ指圧師, JATI-ATI, 健康運動指導士, スポーツプログラマー
国立スポーツ科学センター スポーツ研究部 研究員

はじめに

アスリートはより高い競技パフォーマンスを獲得するため、日常より過度な運動の実施が求められる。しかし、過剰な負荷で長時間・高頻度の運動を実施すると競技パフォーマンスの低下や慢性的な疲労が誘発されるだけでなく、上気道感染症(風邪やインフルエンザなどの感冒)への罹患のおそれもある。日常のトレーニングや試合本番を万全な体調で臨むためには、上気道感染症の回避は必須であり、早い段階で予防策を投じるべきである。本稿では、アスリートにおいて免疫機能の低下を招きやすいシーンや免疫低下のサイン、さらに免疫低下の対策について紹介する。感染の予防リスクを下げるための手法を把握しておくことは、アスリートのコンディショニングの観点において非常に重要である。

アスリートは感染症にかかりやすい

上気道感染症は、咳や鼻水、咽頭痛などの初期症状に加え、発熱や倦怠感などを伴うことから、体調を著しく悪化させ、競技パフォーマンスを低下させる。アスリートが感染症に罹患することで生じるリスクを**図1**に示した。感染症は個人だけの問題ではなく、他の選手やサポートスタッフにも感染し、蔓延することでチーム全体の競技パフォーマンスの低下を招くおそれがあり、感染者が現れた際は隔離措置も考える。また、過去には感染症が原因で代表を辞退することとなってしまった選手もいる。さらに体調悪化によりつい手元の市販薬に手を出し、“うっかり”ドーピングとなってしまったケースもある。このようなリスクを未然に防ぐためにも、上気道感染症の予防はアスリートにおいて非常に重要な課題である。

実際、競技現場におけるアスリートの上気道感染の実態も示されている。アジア競技大会日本代表選手団の報告によると、大会期間中に日本代表選手が罹患した内科系疾患のうちおよそ3〜4割が呼吸器疾患であり、上気道感染症の罹患が多数みられた(8)。また、オリンピック出場者が罹患した主な内科系疾患のうち、夏季オリンピックでおよそ4割、冬季オリンピックでおよそ6割が呼吸器系疾患であり、その多くが上気道感染症であったことも報告されている。このように重要な国際総合大会期間中にもかかわらず、トップ

① 選手個人の体調悪化・試合の欠場
→ 不十分なトレーニング・競技本番に悪影響
(個人の競技パフォーマンス低下)

② チーム内で蔓延
→ 他選手の体調悪化・スタッフのサポート活動に悪影響
(チーム全体の競技パフォーマンス低下)

③ 代表選抜の辞退
(インフルエンザなど特に感染力の強い感染症など)

④ 風邪薬による“うっかり”ドーピング
(体調の悪化でついつい手元の薬を飲んでしまう)

図1 アスリートが感染症にかかることで生じるリスク

アスリートが感染症に罹患してしまうケースは後を絶たない。

なぜアスリートは上気道感染症にかかりやすいのか？　Niemanら(10)は、運動習慣のない者と比較して、中等度の強度・時間の運動を行なう者の免疫機能は高く、罹患リスクは低いが、過度な強度・時間の運動を行なう者は免疫機能が低く、罹患リスクは高いというJ-shaped modelを提唱している(**図2**)。

SIgA(分泌型免疫グロブリンA)とは？

“免疫”とは“疫＝病気”を“免れる”意味であり、病気から体を守る機能である。免疫は第1段階の粘膜免疫(局所免疫)と第2段階の全身免疫に大別される。粘膜免疫は、粘膜において病原体の侵入をブロックするバリア機能であり、全身免疫は侵入後の病原体を発熱や下痢などで抵抗・排除する機能である。しかし、発熱や下痢などは体調としては悪化した状態であり、まずは粘膜免疫を高めて病原体を体に入れないことが重要である。そこで重要な役割をもつのが分泌型免疫グロブリンA(secretory immunoglobulin A：SIgA)である。SIgAは、唾液、鼻汁、汗、および乳汁などの分泌液に存在し、病原体の粘膜侵入の阻止や毒素の中和作用をもつことから、粘膜免疫の主体とされている。SIgAは、上気道感染症にかかわるウイルスや細菌だけでなく、心疾患や脳血管疾患の発生にかかわるとされる歯周病菌や、胃潰瘍や胃がんの発生にかかわるとされるピロリ菌、う歯菌など広範囲の病原体に抵抗を示し、疾病から体を守る重要な役割をもっている。

唾液の採取は医療資格が不要で簡便であり、侵襲性や感染リスクが低く、繰り返し可能であることから、唾液は競技現場においてサンプリングしやすい生体試料である。唾液中のSIgAを調べると、口腔の免疫機能を局所的に評価できる。唾液SIgAが低下すると上気道感染症への罹患リスクが高まることが示されている(9)。

唾液SIgAは、高強度の持久性運動(75% $\dot{V}O_2$max・60分間の自転車運動)により低下し、回復には1日を要する(15)。また、2時間を超えるようなフルマラソンでも唾液SIgAは低下するが、1日経過しても回復しきらない。このように運動の持続時間が長くなるほど回復に時間が必要となることがわかっている。さらに、高強度運動を繰り返し行なうと安静時の唾液SIgAが徐々に低下することもわかっており、強化合宿中の唾液SIgAの低値が示されている(4)。このように激しい運動は、アスリートの唾液SIgAによる免疫機能を低下させ、感染リスクを高めることがわかる。

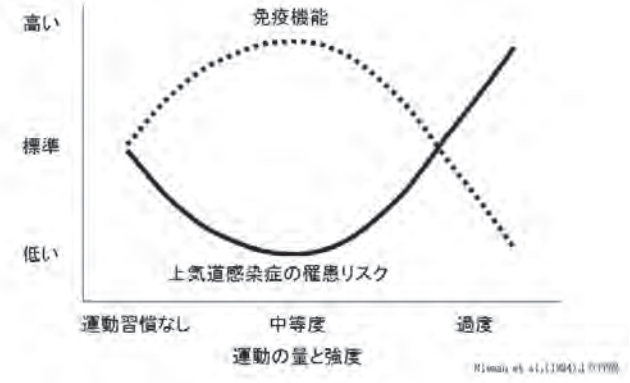

図2　運動の量・強度と免疫機能・上気道感染症の罹患リスクの関係(J-shaped model)

SIgAが低下するシーン

激しいトレーニングに加えて、唾液SIgAの低下を招く要因は様々ある。したがって、アスリートは免疫機能が低下しやすい環境に置かれていることをアスリート自身や指導者、サポートスタッフは認識し、さらにどのような場面で免疫機能が低下するのか、下記のポイントを把握しておくことも感染対策につながる。

①高強度運動

高強度の持久性運動による一時的なSIgAの低下や、高強度運動の繰り返しによる安静時レベルの低下については前述した。それに加えて、実際の試合期間においても安静時の唾液SIgAの低下状態が続くことが示されている(1)。合宿や試合の期間が長期になればなるほど唾液SIgAの低減が進み、併せて上気道感染症の罹患リスクが高まる。

②高地滞在

持久性の競技パフォーマンスの向上を目的に、Living-high・Training-lowの手法はよく用いられているが、滞在とトレーニングを標高1,200mで行なった選手に比べて、トレーニングを1,200mで、滞在を高所(2,500m→3,000m→3,500mと6日ごとに上昇)にした場合は唾液SIgAの低下が著しくなることが示されている(18)。低酸素環境は高強度運動後の唾液SIgAの回復を弱める可能性が考えられ、高地に滞在する場合は、免疫機能が特に低下状態に陥りやすいことを念頭に置く必要がある。低酸素環境は交感神経

©National Strength and Conditioning Association Japan

活動を賦活させ、SIgA分泌の調節に働くヘルパーT細胞のサイトカイン産生やB細胞の抗体産生の低下を招くことが原因として考えられる。

③脱水を伴う減量

柔道やレスリングなどの体重階級制競技においては、計量日に向けた減量を行なうアスリートが多い。1週間ほどの短期間で行なう急速減量(14)や3週間ほどの比較的緩慢な減量によって体重減少は4%ほどであったが、唾液SIgAは低下し、上気道感染症状を伴うことが示されている。減量では、飲水制限や発汗による脱水、食事制限とともに激しいトレーニングが行なわれるため、体に過剰な負荷がかかる。減量によって唾液SIgAの低下に加えてリンパ球の機能低下も確認されることから(12)、減量中のアスリートは特に免疫機能が低下しやすく、感染予防やリカバリーに注意を払うことが重要である。

④無月経アスリート

長距離種目の選手だけでなく、多くの競技で無月経の女性アスリートが確認されている。陸上長距離種目のアスリートにおいて、無月経の者は正常月経の者に比べて女性ホルモンのエストラジオールが低いことに加え、安静時の唾液SIgAも低く、上気道感染症にかかりやすいことがわかっている(13)。エストラジオールは免疫調節にかかわることが知られており、月経周期によって上気道感染症の罹患リスクが異なることや、唾液SIgAが変動することも示されている。また、閉経を迎えることで唾液SIgAが低下する報告もある。無月経や稀発性月経のアスリートは免疫機能が安静時においても低く、上気道感染症の罹患リスクが高いことを意識しておく必要がある。

⑤長距離移動

アスリートは、競技レベルが高くなると海外遠征や国際大会の出場のために航空機移動が増える。10時間ほどの航空機移動によって唾液SIgAが低下することが報告されている(6)。航空機内は、概ね0.8気圧程度で標高2,000 mに相当するほど気圧が低く、湿度も20%ほどと低く乾燥しやすい。このような環境は唾液SIgAの低下を招きやすいことから、機内における乾燥対策(マスクの着用や水分摂取)を行なうとともに、到着後は軽い運動に留めて、休養することで免疫機能の回復に繋がる。

唾液SIgAによる免疫機能の評価方法

上述のように、唾液SIgAは上気道感染症の予防に働き、運動トレーニングや減量、長距離移動など、アスリートの置かれる環境に鋭敏に反応することから免疫機能の評価指標として有用である。アスリートの合宿期間中に定期的に唾液SIgAと上気道感染症の罹患について調べた研究では、唾液SIgAが徐々に低下して上気道感染症が発症した過程を示している(**図3**)(9)。したがって、唾液SIgAの変動を経過観察することで、アスリートの上気道感染症の発症を予測できる可能性がある。唾液SIgAの測定方法は、従来では酵素免疫測定法(ELISA)が用いられ、実験設備が整った場所で半日～1日ほどの時間を要するため、測定結果を迅速にフィードバックすることはできなかった。しかし近年、簡易測定キットが開発され、10分程度で測定が可能であり、アスリートの免疫機能評価に用いられている。

唾液SIgAは濃度(μg/ml)と唾液量(ml/min)で補正した1分間当たりの分泌量(μg/min)で評価することが多いが、個人差が大きい指標であり、個人内の変動で評価する。選手の体調が良いタイミング(①主観的な疲労感が低い時、②睡眠時間が確保されて睡眠の質も良い時、③競技パフォーマンスが高い時や運動時の動きが良い時、起床時の心拍や体温が通常の値の時など)で数回(3回以上)測定して個人の調子の良い時の基準値を設定する。測定回数が多いほど基準値の精度は高くなる。得られた基準値と比較して、唾液SIgAが低い状態が続くようであれば疲労状態にあり、免疫機能が低く、上気道感染症の罹患リスクが高い可能性がある。唾液SIgAが30%低下すると3週間以内に28%の確率で上気道感

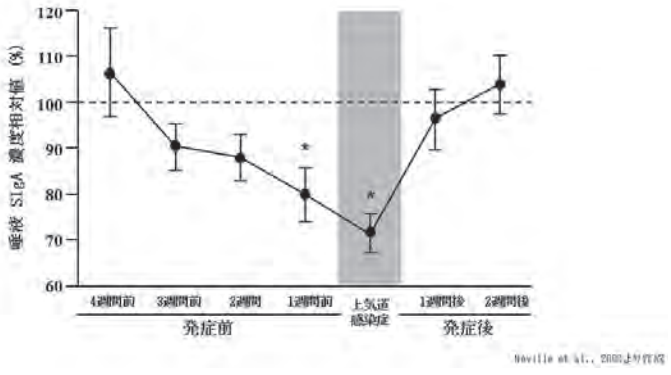

図3　唾液SIgAと上気道感染症の関係

染症に罹患し、60％の低下で48％の確率で罹患することが示されていることから(9)、30％をひとつの目安として、これ以上の低下が続くようであれば注意を要する。また、試合に向けたトレーニング量の調整時(テーパリング時)は、設定した唾液SIgAの基準値を目安として値が基準値に近づくように調整していくと免疫機能や疲労の回復が見込まれる。

免疫低下のサイン

実際にSIgAを測定するにもコストや多少の手間がかかってしまう。このように唾液SIgAの測定が難しい場合、数値的な評価はできないが、次の点について注意を払うことで、免疫機能や感染リスクについておおまかな評価ができると考える。①休養後の回復の程度(よく休めたかどうか)、②寝つきや寝起きの良し悪し(睡眠効率)、③口渇感(安静時の口腔内の乾き、唾液のねばつき)などが挙げられる。①は、休養してしっかり体が休まったかを問うことで、いつもより悪い状況は疲労状態にあり、唾液SIgAも低い可能性がある(9)。②の睡眠効率(睡眠時間／寝床に入っていた時間×100で示す)は、寝つきや寝起きの良し悪しを示し、唾液SIgAと正の相関関係にあることが報告されている(2)。睡眠時間が確保されていたとしても、睡眠の質や寝つき・寝起きが悪い状況にあると唾液SIgAも低い可能性がある。③の口渇感は唾液量の減少に関係する項目である。唾液中にはSIgA以外にも多くの抗菌・抗ウイルスタンパクが存在し、唾液量の減少は粘膜のバリア機能が低下した状態であると考えられる。合宿中に2％以上の体重減少が生じた選手は唾液SIgAの低下と口渇感が認められたことが報告されている(5)。運動による体重減少を伴い、口渇感がある場合は脱水が疑われ、併せて免疫機能の低下の可能性が考えられる。これらのサインは、アスリート自身がセルフチェックで実施できる項目であり、まずは、休んでも疲労が抜けない→免疫低下、水を飲んでも口が乾き続ける→免疫低下などと意識できるようになるとよい。

免疫低下の対策

免疫低下のサインが認められた際、具体的にどのようなことすればよいのか、免疫低下の対策について紹介する。

①病原体を体に入れない

上気道感染症の感染経路には咳やくしゃみで飛散した病原体を直接吸い込む飛沫感染や病原体が付着した物品に接触した手指を介する接触感染などがある。接触感染は、手指に付着した病原体を自分で目や鼻、口の粘膜に運び、体内侵入を許してしまうケースである。免疫低下のサインが認められた場合はできるだけ粘膜に触れぬよう留意する。手洗いの際、特に洗い残しが多い箇所は指先や爪の間、指と指の間や母指全体、手の甲であるとされており(5)、指先は念入りに洗ったほうがよい。こまめで正しい手洗いや手指消毒も有効ではあるが再び病原体に触れてしまうと手指に付着してしまうため、不用意に物を触らないことも重要である。チーム内や家庭内でもタオルの共用や回し飲みを控える。さらに、トップレベルのアスリートはファンや記者などの他者との接触や握手をする機会も増えるため、注意が必要である。ウイルスの侵入門戸として、目や鼻の粘膜を介することもあるので、マスクの着用だけでは不十分な対策である。マスクは感染予防というよりは、鼻や口の粘膜を保湿・保温する目的で使用し、口渇感がある時や乾燥した場所、脱水を伴う減量時や航空機移動時などに装着するとよい。

②トレーニング内容の調整

高強度の運動を継続的に行なうと安静時の唾液SIgAが低下することは前述したが、運動強度を落としたり、持続時間を短くしたりすることで免疫機能を回復できる。試合に向けたテーパリング(運動量を落とす)期では、強化期や通常期に比べて安静時の唾液SIgAが高まる(15)。このことから、唾液SIgAは練習量の調整や試合前の疲労の抜け具合の確認にも用いることができる。また、一時的な運動応答については、レジスタンス運動は持久性運動よりも唾液SIgAを低下させないことがわかっている。例えば、高強度のレジスタンス運動(最大挙上重量70％負荷・10回5セットのレッグプレスおよびベンチプレス)では唾液SIgAはほとんど変動しない。運動の持続時間は長くなるほど、唾液SIgAの回復にも時間を要するため、中等度で長時間の持久性運動を行なうよりは、高強度でも短時間の持久性運動やレジスタンス運動を行なうほうが唾液SIgAの低下が緩慢であったり、低下しても早く回復すると考えられる。さらに、ヨガやリラクセーション目的の軽運動によって一時的に唾液SIgAが高まる報告もあり(3)、トレーニング内容を調整することで免疫機能の回復を図ることができる。

③物理療法

マッサージと鍼刺激は、高強度運動により低下した免疫機能の回復を早める効果がある。高強度運動後に全身性のマッサージを行なうと唾液SIgAの回復が早まることが示されている。ま

た、高強度運動後に鍼刺激(鍼通電刺激・2Hzで30分間：孔最穴、合谷穴、足三里穴；置鍼・雀啄法：頬車穴)を行なうと唾液SIgAの回復を高めることもわかっている(7)。サッカーの試合後に鍼刺激を行なうと試合期間中の安静時の唾液SIgAが低下しなかったことも示されている(1)。また、頬車穴に置鍼および雀啄刺激を施すだけで唾液SIgAが高まることも報告されている。マッサージや鍼刺激のような物理療法は、副交感神経を賦活させる効果があり、免疫低下に対して比較的即効性のある回復手段である。

④食事・栄養補助食品

ビタミンAは、SIgAの構成成分である多量体免疫グロブリン受容体の転写にかかわることが報告されており、高強度運動後の唾液SIgAの低下をビタミンA摂取によって抑制することが示されている。また、ビタミンAの摂取不足により唾液SIgAが低下することもわかっている。ビタミンDは免疫調節にかかわり、血中25ヒドロキシビタミンD濃度を48～60ng/mlを目安に高めることで唾液SIgAが高まると示されている。日常の栄養摂取では、ビタミンAやビタミンDが不足しないよう留意するとよい。

近年、乳酸菌による免疫亢進効果が注目されており、様々な菌株が確認されている。乳酸菌は、樹状細胞などの免疫細胞の活性化に効果があるとされており、継続的な乳酸菌B240の摂取が唾液SIgAを高め、上気道感染症の罹患を減らすと報告されている(**図4**)(17)。また、4週間の乳酸菌B240の摂取後に1週間の急速減量を行なうと、乳酸菌B240を摂っていない柔道選手の唾液SIgAは低下するが、乳酸菌B240を摂った選手の唾液SIgAは低下しないことがわかっている(**図5**)(16)。このように乳酸菌B240を継続摂取することで、高強度運動や減量などによる免疫低下を抑制できる可能性がある。

おわりに

本稿では、上気道感染症の予防に機能するSIgAに着目し、アスリートの免疫機能が低下しやすいシーン、免疫低下のサイン、そして対策方法について述べた。どのような時に免疫機能は低下しやすく、どんな人は免疫機能が低いのか、免疫低下が生じた際にどのようなサインがあるのか、そのようなサインを感じ取った時にどのような対策を行なえばよいのか、アスリート自身や指導者が承知していることで上気道感染のリスクをより下げることができる(**図6**)。免疫低下の対策として、病原体を体に入れない行動を紹介したが、しっかり手洗いができても無意識的に周辺の物に触れて自身の粘膜にも触れてしまう可能性は高い。また、物理療法は施術者が必要であり、いつでも自由に受けることは困難である。その点、食品は定期的に口にすることで免疫亢進を図ることができる手軽な方法である。日常的に栄養補助食品を摂ることはコストがかかるために困難である場合は、免疫亢進のタイミングを重要な時期に合わせて活用することもできる。例えば、試合の1ヵ月以上前から乳酸菌B240を摂取し、事前に免疫機能を高めておくことで最も重要な時期に罹患を避ける方法が挙げられる。また、重要な試合期間中は即効性

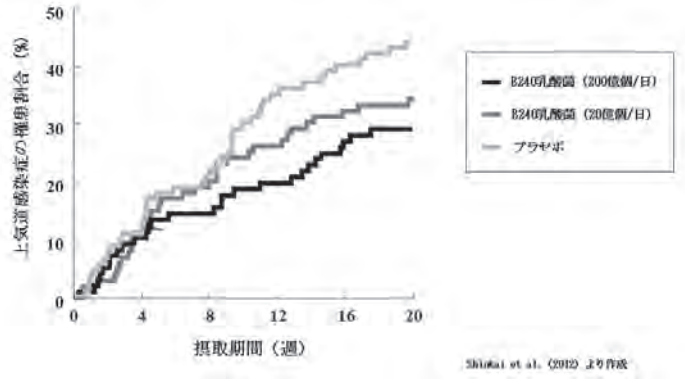

図4　20週間の乳酸菌B240摂取が上気道感染症罹患に及ぼす影響

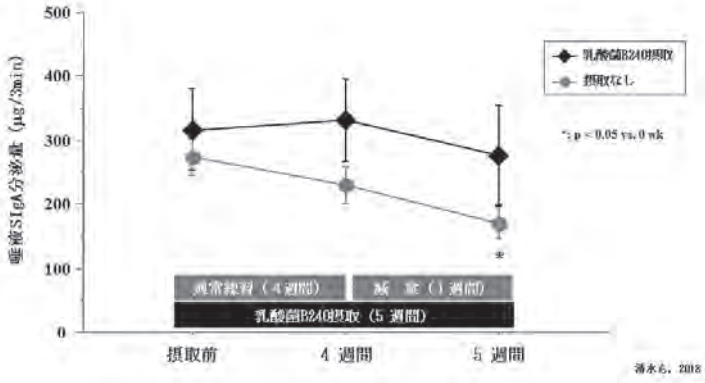

図5　柔道選手の乳酸菌B240摂取が減量による唾液SIgA低下に及ぼす影響

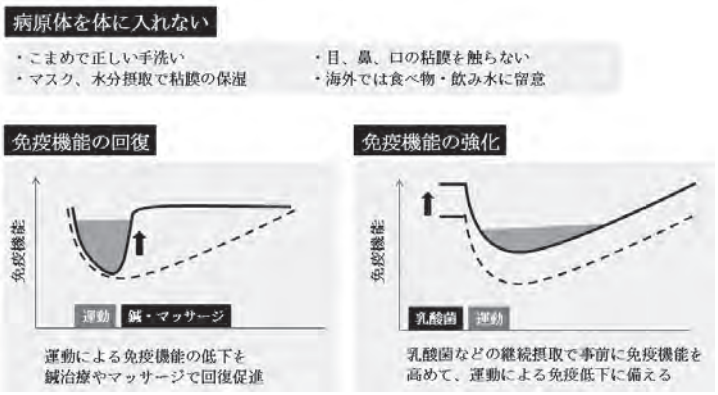

図6　万全な状態で臨むための免疫低下対策

のあるマッサージや鍼刺激を行なうことで低下した免疫機能を回復させることができる。減量時はできるだけビタミンAとDの不足に留意すべきだが、食事制限が伴うため、不足を招きやすい。減量期において病原体を体に入れない行動を特に徹底することやマスクを着用して保湿すること、乳酸菌だけは継続して摂取すること、物理療法で免疫力を高める方法などが挙げられる。今回紹介したポイントをできることから少しずつでも実行することで、大事な場面を万全な体調で臨むことができると考える。◆

参考文献

1. Akimoto, T., C. Nakahori, K. Aizawa, F. Kimura, T. Fukubayashi, and I. Kono. Acupuncture and responses of immunologic and endocrine markers during competition. *Med. Sci. Sports Exerc*. 35: 1296-1302. 2003.
2. 荒井宏和, 大槻 毅, 清水和弘, 花岡裕吉, 膳法亜沙子, 雀 英珠, 渡部厚一, 前田清司. ライフセーバーにおける水難救助活動期間中の睡眠と唾液SIgA分泌速度との関連. 日本臨床スポーツ医学会誌. 25: 261-268, 2017.
3. Eda, N., H. Ito, K. Shimizu, S. Suzuki, E. Lee, and T. Akama. Yoga stretching for improving salivary immune function and mental stress in middle-aged and older adults. *J Women Aging*. 30: 1-15. 2017.
4. 花岡裕吉, 清水和弘, 鷲谷浩輔, 田村 明, 竹村雅裕, 古川拓生, 宮本俊和, 渡部厚一, 赤間高雄. MG2809乳酸菌の摂取が大学ラグビー選手の口腔内免疫能に及ぼす影響. 体力科学. 64: 315-322. 2015.
5. 平岡拓晃, 花岡裕吉, 清水和弘, 岡田弘隆, 増地克之, 渡部厚一. 大学柔道選手を対象とした合宿期間中における体重減少と免疫機能の変動. 日本臨床スポーツ医学会誌. 26: 100-108. 2018.
6. 今 有礼, 前川剛輝, 鈴木なつ未, 飯塚太郎, 谷所 慶, 湯田 淳, 青柳 徹, 髙橋英幸. 航空機での長距離移動が一流ジュニアスピードスケート選手の唾液SIgAおよびコンディションに及ぼす影響. *J. Train. Sci. Exerc. Sport*. 21: 203-209. 2009.
7. Matsubara, Y., K. Shimizu, Y. Tanimura, T. Miyamoto, T. Akimoto, and I. Kono. Effect of acupuncture on salivary immunoglobulin A after a bout of intense exercise. *Acupunct. Med*. 28: 28-32. 2010.
8. 中嶋耕平, 真鍋知宏, 蒲原一之, 半谷美夏, 鈴木 岳, 後関慎司, 髙橋小夜利. 医務報告. 第17回アジア競技大会(2014/仁川)日本代表選手団報告書. 公益財団法人日本オリンピック委員会. 139-159. 2014.
9. Neville, V., M. Gleeson, and J.P. Folland. Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Med. Sci. Sports Exerc*. 40: 1228-1236. 2008.
10. Nieman, D.C., A.R. Miller, D.A. Henson, B.J. Warren, G. Gusewitch, R.L. Johnson, J.M. Davis, D.E. Butterworth, J.L. Herring, and S.L. Nehlsen-Cannarella. Effect of high- versus moderate-intensity exercise on lymphocyte subpopulations and proliferative response. *Int. J. Sports Med*. 15: 199-206. 1994.
11. Papacosta, E., M. Gleeson, and G.P. Nassis. Salivary hormones, IgA, and performance during intense training and tapering in judo athletes. *J. Strength Cond. Res* 27: 2569-2580. 2013.
12. Shimizu, K., K. Aizawa, N. Suzuki, K. Masuchi, H. Okada, T. Akimoto, N. Mesaki, I. Kono, and T. Akama. Influences of weight loss on monocytes and T-cell subpopulations in male judo athletes. *J. Strength Cond. Res*. 25: 1943-1950. 2011.
13. Shimizu, K., N. Suzuki, M. Nakamura, K. Aizawa, T. Imai, S. Suzuki, N. Eda, Y. Hanaoka, K. Nakao, N. Suzuki, N. Mesaki, I. Kono, and T. Akama. Mucosal immune function comparison between amenorrheic and eumenorrheic distance runners. *J. Strength Cond. Res*. 26: 1402-1406. 2012.
14. 清水和弘, 相澤勝治, 鈴木なつ未, 久木留毅, 木村文律, 赤間高雄, 目崎 登, 河野一郎. 唾液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: 441-447. 2007.
15. 清水和弘. スポーツ活動と疲労. スポーツ医学【内科】. 赤間高雄編, 化学同人, 東京, 143-156. 2014.
16. 清水和弘, 松本 恵, 平岡拓晃, 服部聡士, 芹沢 領, 中村和里, 田名辺陽子, 花岡裕吉, 小野卓志, 木村文律, 渡部厚一, 濱田広一郎, 久木留 毅. 乳酸菌含有スポーツ補助食品が柔道選手の急速減量による免疫低下に及ぼす影響. 第73回日本体力医学会大会. 福井. 2018. 9.
17. Shinkai, S., M. Toba, T. Saito, M. Tsubouchi, K. Taira, K. Kakumoto, T. Inamatsu, H. Yoshida, Y. Fujiwara, T. Fukaya, T. Matsumoto, K. Tateda, K. Yamaguchi, N. Kohda, and S. Kohno. Immunoprotective effects of oral intake of heat-killed Lactobacillus pentosus strain b240 in elderly adults: a randomised, double-blind placebo-controlled trial. *Br. J. Nutr*. 109: 1856-1865. 2013.
18. Tiollier, E., L. Schmitt, P. Burnat, J.P. Fouillot, P. Robach, E. Filaire, C. Guezennec, and J.P. Richalet. Living high-training low altitude training: effects on mucosal immunity. *Eur. J. Appl. Physiol*. 94: 298-304. 2005.

著者紹介

清水 和弘：
アスリートのコンディショニングを専門とし、免疫機能評価法や免疫抑制対策の研究を進めている。免疫機能の簡易測定キットの開発や競技現場におけるコンディショニングサポートの実施、オリンピック・パラリンピックにおける選手村村外のサポート拠点(ハイパフォーマンス・サポートセンター)の運営責任者を務める。