

スポーツによる分泌型免疫の 変動についての研究

日 本 大 学 森 健 躬

(共同研究者) 同

上 村 律 子

Study of Salivary Secretory IgA After Sport

by

Takemi Mori, Ritsuko Kamimura

Nihon University

ABSTRACT

Salivary secretory IgA levels were studied in non-athletes and athletes in their 20 s.

The former subjects were 5 non-athletes, who were graduated students. They were loaded on 15 minutes running at the target heart rate of 75% of $\dot{V}_{O_2\max}$. Whole saliva was collected just before and after (immediately after, 12 hours, 24 hours, 48 hours) running.

The latter subjects were 6 athletes, who were members of cross-country ski Team of Nihon University. Whole saliva was collected on the day before and at the end of the training camp for three days. Furthermore at the start of and 3 hours after special long distance running which performed at approximately 1,300 meters above the sea level on the third day of the training camp.

Salivary IgA value in one of the former samples that was collected just immediately after running decreased. The others increased then, and there were the cases that decreased once and increased again after 48 hours.

The latter samples decreased at the last day of the training camp

except the one case. There were increased and decrease cases after running. The increased cases tended to decrease the next day, conversely the decreased cases showed an increasing tendency. When the camp was finished, 5 cases except one decreased more or less than the before.

The results of this study may suggest that the secretory IgA will be concerned with the influence of physical exercise intensity besides the individual difference.

要 旨

トップアスリートといわれる一流の競技選手が、上気道感染症によって体調をくずす例が少ない。この感染症予防に関連ある唾液内分泌型体液性免疫に、運動負荷が与える影響を知ろうとして、主として20歳代の非選手群と選手群を対象に調査した。

前者は大学院生男女5例で、目標心拍数の75%強度で15分間持続する運動を負荷し、その前後の唾液内の免疫グロブリンA (immunoglobulin A, IgA) を測定した。後者は日本大学スキー部の距離競技選手6人で、標高1,300 m前後のスーパー林道での、3時間を超える持久走を含む、3日間の秋季特別強化合宿の前後での変化を測定した。

前者では負荷直後に低下した1例を除き、他は直後には上昇するがその後一旦低下し、48時間後に再び上昇するものがある。後者では、合宿3日目には1例を除いて低下し、同日の持久走で上昇する例と低下する例があった。その後低下した例は逆に上昇し、上昇した例は低下する傾向があった。合宿終了時には5例は合宿前より低下し、上昇したものはわずかに1例であった。

まえがき

河野³⁾はソウル・オリンピック同行医師団が診

療した内科的疾患で、最も多いのは上気道炎であることを明らかにしている。この傾向は国内、国外での競技会でもみられ、このために不本意な成績に終わった選手も少なくない。このため、いわゆるトップ・アスリートの健康管理の問題として、その対策に腐心している競技団体もある。この上気道炎の原因として、スポーツによる免疫機能の変化が想定できる。

海外をはじめ河野²⁾、森口⁴⁾、小川ら⁵⁾の研究によると、細胞性免疫には運動によって活性化が高まるものや、低下するものもあるし、運動直後の変化は30分後には運動前に戻る傾向などがみられている。また、持続する運動習慣によって細胞性免疫能が向上し、感染症の予防になる事実も認められている。しかし、これまで、血液内の体液性免疫の変動がない点では一致している。

唾液内の分泌型体液性免疫が運動によって低下する事実は、Tomasiら⁶⁾のアメリカのナショナル・チームの距離スキー選手について、ナショナル・クロスカントリー・スキー大会での滑走前後の測定で明らかにされた。この分泌型IgAについて森口は、外分泌液の中での主な抗体で、唾液、涙、鼻汁、初乳、呼吸器系・腸管系分泌液中にあって、強い凝集能によって細菌を凝集してその発育を妨げ、さらに粘膜面への定着を防いで排出させやすくしたり、食餌由来の異種タンパクと結合して腸管からの吸収を妨げ、生体と異種タンパ

クとの免疫反応の起きるのを防いでいると指摘している。

これまでの業績から考えると、スポーツ選手の上気道炎の原因として、体内における細胞性・体液性免疫よりも、気道の外界との接触面における分泌型体液性免疫能が、より大きな役割を持っていると推定できる。そして、この免疫能の判定に便利なのは、唾液内のIgAのレベルを測定することである。Tomasiの報告のように、強度な運動によってこの免疫能が低下することは、選手の健康管理に問題を投げかける事実である。また、健康スポーツの立場からも重大な問題となる。これらの点の解明の手がかりをえるために、競技選手とスポーツ習慣はあるが選手でない二群について、運動負荷後の唾液内IgAの変動を調査した。

1. 調査方法

調査対象として、

1. 日本学生スキー選手権チームである日本大学スキー部所属の、クロスカントリー選手男女それぞれ3例を選んだ(表1)。

2. 選手ではないがスポーツ習慣のあるほぼ同年代の対象として、日本大学大学院生の男性4例、女性1例を選んだ(表2)。

調査場所

スキー選手については、大学の合宿所での日常の練習の間に、平成3年9月13日から15日まで、長野県野沢温泉での関東学生連盟の秋季強化合宿に参加した機会に、①強化合宿前日、②最終

日の標高1,300m前後のスーパー林道を利用した、約3時間の持久走の開始前、③持久走終了後3時間、④持久走翌朝の合宿解散前の唾液をそれぞれ採取した。なお、この持久走の前半は、ローラ・スキーで約10kmの舗装道路を滑走し、標高差約700mを一気に登り、その後は未舗装の標高差の比較的小さい林道を走った。

後半の未舗装部分の距離は女性の方は短く設定されていた。この間の心拍数の変化をCanon社のスポーツテスターPE300で記録し、同社開発のハートレートマスターIIで分析した。男性例(図1)、女性例(図2)とも心拍数が160拍を超えるのは、前半のローラ・スキーによる急登攀の部分に集中していた。中には180拍超えた例もある。

心拍数を調査できた4例をみると、男性は女性ほど運動強度が高くないが、いずれも目標心拍数で80%を超える時間がかなりあった(表3)。持久走後の唾液採取が3時間後になったのは、最終点で入浴、食事を行い、出発場所まで自動車から帰ってから採取したためである。当日の天候は曇りで時々小雨が降り、高所では気温19℃と推定された。また、持久走翌朝の唾液採取前には通常朝食前のトレーニングを行っていた。

非選手群は、日本大学体育学研究室の実験用人工気候室で気温20℃、湿度60%の条件下で、それぞれの目標心拍数の75%強度になって15分間、その強度を維持するようにトレッドミル上で疾走した(表4)、第一群に比べると強度とその持

表1 選手群

	性別	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)
1-1	男	19	167	69
1-2	男	21	171	62
1-3	男	18	183	73
1-4	女	20	164	57
1-5	女	20	162	56
1-6	女	19	167	53

表2 非選手群

	性別	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)
2-1	男	22	170	67
2-2	男	26	180	70
2-3	男	21	176	66
2-4	男	23	173	65
2-5	女	23	165	53

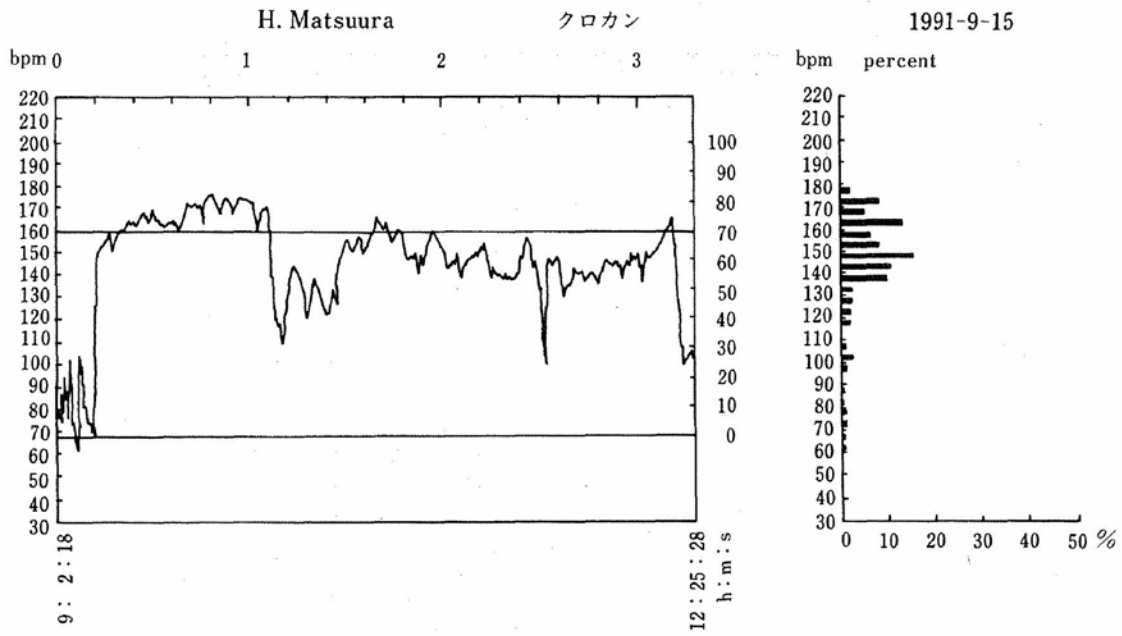


図1 持久走での心拍数の変化 (男性)

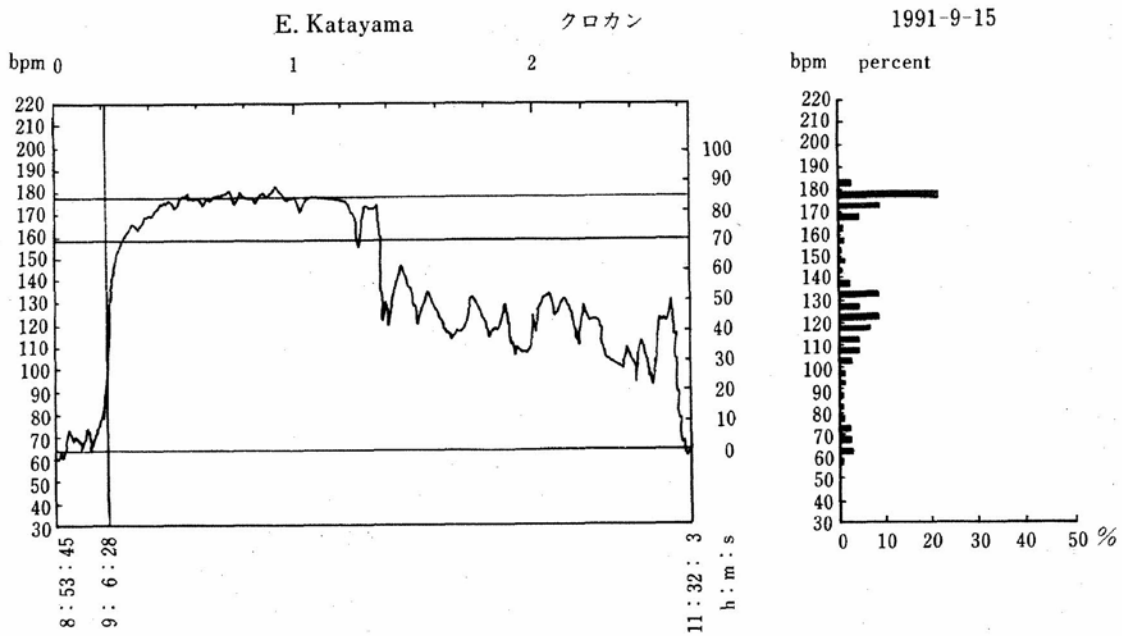


図2 持久走での心拍数の変化 (女性)

表3 持久走での選手群の心拍数の変化 (%)

	~120拍 (%)	120~160拍 (%)	160~180拍 (%)	180拍~ (%)
1-1男	2.5	95.0	2.5	0.0
1-2男	10.0	59.5	30.5	0.0
1-5女	2.5	50.0	35.0	12.5
1-6女	7.9	26.1	49.0	17.1

表4 非選手群の運動負荷

	75%強度到達時間	走行時心拍数	15分間の走行距離
2-1男	7 min	160~170/min	3,950m
2-2男	6	155~165	4,900
2-3男	4	160~170	3,500
2-4男	6	160~170	4,610
2-5女	9	145~155	4,260

表5 選手群の唾液内IgAの変化 (μg/ml)

	強化合宿前	持久走前	持久走后	持久走翌朝
1-1男	805	759	650	658
1-2男	170	149	85	257
1-3男	132	150	237	23
1-4女	548	171	96	330
1-5女	130	80	103	107
1-6女	605	182	526	472

続時間は少ないが、日常の運動量からみるとかなり強度の高い負荷と考えられる。①負荷直前②負荷直後③負荷後12時間④負荷後24時間⑤負荷後48時間の5回に唾液を採取した。負荷後は通常の生活を行った。

採取資料の処理は、

採取直後に冷凍庫またはドライアイスで急速冷凍し、酵素免疫測定法 EIA (enzyme immunoassay) 法による委託測定を行い、測定値は μg/ml で示した。なお、唾液腺を分離した採取は行わず全唾液を用いた。

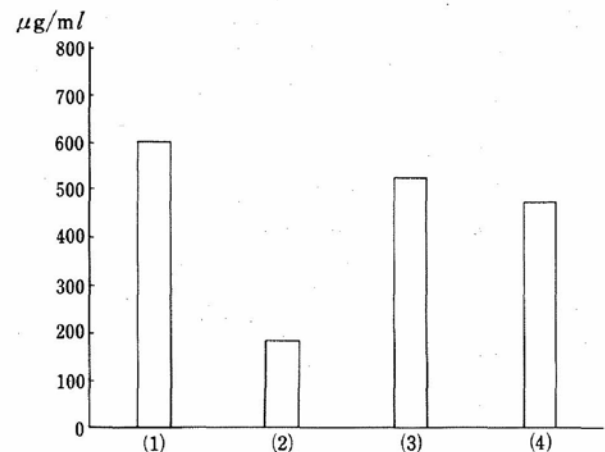
2. 調査結果

両群とも特定の運動負荷前の IgA レベルには、高値のものもあれば低値のものもあって一定していない。しかも、運動負荷に対する反応にも上昇するものと低下するものと個人差が認められる。

2.1 選手群 (表5)

2.1.1 強化合宿前

測定値が 500 μg/ml を超えるものと、200 μg/ml 以下のものがそれぞれ半数で、個体差が大きいと推測される。



(1) 強化合宿前 (2) 持久走前
(3) 持久走后3時間 (4) 持久走翌朝

図3 スキー選手の唾液内IgAの変化 (1-6 女性)

2.1.2 持久走直前

男性の1例(1-3)を除いて5例は合宿前より低下していた。この間の食餌内容は全例同じで、それぞれの練習量に対する反応が考えられる。

2.1.3 持久走后

合宿前に低値を示した3例中の2例を含めて、3例では上昇を示したが(1-3 男性, 1-6 女性 図3), 他の3例は低下した(1-1 男性, 1-4 女性). その上昇, 低下のパターンには個

人差があった。

2.1.4 持久走翌朝

男女それぞれ1例で持久走後より低下していた。とくに、持久走で急上昇した1-3での急降下が目立った。持久走前より上昇したものは6例中4例で、2例は低下した。しかし、強化合宿前より5例は低下していた。

日常的にトレーニングを行っているこの群では、より強度の高い負荷により、負荷直後の上昇が6例中3例あった。また、6例中4例に発現時の違いはあるが、低下する時期があった。20～21時間後には6例中4例が持久走前より上昇した。

2.2 非選手群 (表6)

この群は親元で生活するもの、食事付下宿にいるもの、自炊するものと一定しない。

2.2.1 運動負荷直前

選手群同様 IgA レベルには大きな個人差がみられた。

2.2.2 運動負荷直後

水泳の運動習慣がある女性 2-5は、トレッドミルでの疾走で目標強度に達するのに時間がかかった。この例では下降したが他はすべて上昇した。その程度にはやはり個人差がある。

2.2.3 運動負荷後12時間

2-1 (図4)、2-2の2例では負荷直後に続いて上昇を示し、とくに負荷前はもっとも低値であった2-1は急上昇している。他の4例は軽い低下を示した。

2.2.4 運動負荷後24時間

2-4の男性を除いていずれも12時間値より低

下し、とくに負荷後急上昇した2-1では急降下した。2-2を除き負荷直前より低値になっている。

2.2.5 運動負荷後48時間

2-3、2-5では24時間値よりも上昇してきたが、負荷前のレベルまでは回復していない。他の3例では負荷前のレベルを超えた。負荷前最高値であった2-4は、3倍近い上昇を示した。

選手でないこの群でも強度の高い負荷によって、その直後に5例中4例の唾液内分泌型IgAは上昇するが、ある時期には低下するものが5例中4例あった。3例は回復後は負荷前よりも上昇していた。

3. 考 察

われわれの生体防御のために重要な免疫には、細胞性免疫と魚類以上の高等な動物にしか存在しない体液性免疫がある。この体液性免疫として重要な化学的物質は、免疫グロブリン (immunoglobulin) であり、機能的には抗体とよばれる。分子量が約16万から約90万までのタンパク質で、大きさや機能の異なるIgM, IgG, IgE, IgA, IgDなどが知られている。この中でIgAは分泌型の抗体で、外界と接触する粘膜から分泌され、粘液中での防御に当たっている。唾液内のIgAは上気道感染の防御に重要な機能を担うことになる。

今回の調査では、運動負荷による唾液内分泌型IgAの変動には個人差が大きい。選手として日常的に強度の高いトレーニングを続けている群

表6 選手でない群の唾液内IgAの変化 (μg/ml)

	負荷直前	負荷直後	負荷後12時間	24時間	48時間
2-1 男	176	312	668	95	234
2-2 男	235	261	331	327	278
2-3 男	349	477	392	124	343
2-4 男	502	556	346	414	1470
2-5 女	376	212	171	147	263

表7 両群での変化のパターン

	運動直後上昇	最終的に上昇	一過性低下
選手群	3 / 6 例	4 / 6 例	4 / 6 例
非選手群	4 / 5	3 / 5	4 / 5

と、そうでない群とで多少の差がみられた。

選手群では強化合宿3日目で、男性の1例を除いてレベルは低下していた。一般人に比較して強度な練習を日常的に行っている、強化合宿でさらに強度な練習を行うと、唾液内分泌型体液性免疫が低下することを示している。その低下の程度には個人差が大きい。この傾向は、持久走終了の翌朝のレベルをみてもわかる。強化合宿の全日程を消化して、免疫レベルが上昇しているのは1例に過ぎない。

しかし、強化合宿のプログラムの中で、もっとも運動強度の高い3時間を超える持久走で、強化合宿によって低下した免疫能が上昇するものが半数にみられた。中には3倍近い上昇を認めた例もある。この事実を、選手活動をしていない5例中4例に、運動負荷直後に上昇を認めた傾向と一致している。日常習慣より高い強度の運動によって、体表面の分泌型の抗体が増え、感染から防御するメカニズムが働くと理解してよい。

発現時期に差はあっても6例中の4例は一過性に低下し、20～21時間後に6例中4例は負荷前より上昇した。しかし、強化合宿前よりも免疫能が上昇したのは1例に過ぎず、5例は低下している。このことから、強度の高い運動負荷は一時的に分泌型免疫能を増すものもあるが、時間が早い遅いの差はあっても、免疫能が低下する時期があり、再び回復するといえる。

非選手群では負荷直後に免疫能が上昇するものが多く、5例中4例にみられる。また、立ち上がりの早いものと遅いものがあり一定しない。また、直後には上昇していながら12時間後に最低となり、24時間後から上昇して48時間後には負

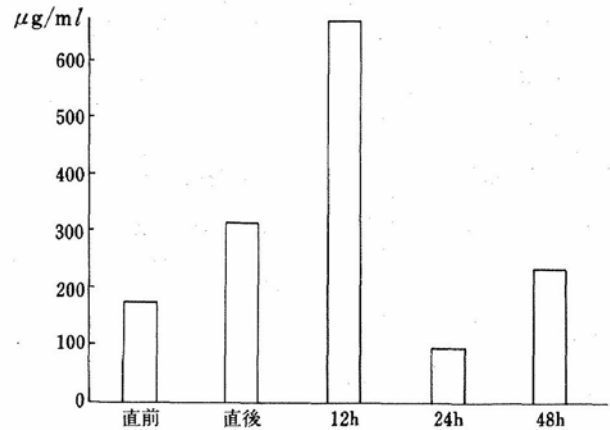


図4 選手でない被検者の唾液内IgAの変化 (2-1 男性)

荷前の3倍弱を示す例もある。負荷直後に上昇した免疫能は、その後は一時的に低下するが、48時間後には運動前よりも向上する例が3例ある。だが、5例中4例はいずれかの時期に一旦は免疫能が低下していた。

これらの結果を総合してみると(表7)、日常の習慣として行っている運動よりも、強度の高い運動を負荷すると、それによって唾液内分泌型免疫のレベルが、上昇するものと下降するものと相反する反応を示し、運動負荷がこの免疫機能に全く影響しない例はない。その反応が迅速な例と遅滞する例があるが、選手であるにかかわらずある時期に一旦は低下するものが過半数を超え、非選手群に頻度が高い。また負荷直後に上昇するのは選手でない群に多い。その反応形態や速度は個体に特有であると推定される。

これまでの運動による免疫機能の変化の研究について、河野らはずぎのように明快にまとめている。

白血球：増加することはすべての報告者が一致して認めている。

好中球：増加を認める報告者が多い。

リンパ球：河野らは phytohemagglutinin (PHA) に対する反応から、運動直後にはリンパ球の機能は抑制されると述べているが、影響がない、あるいは上昇するとの報告もある。

T細胞の数は変化しないという報告もあるが、増加するとの報告が多い。Tomasi らは競技者と対照者の差はないとしている。

NK細胞活性は運動直後に上昇し、30分をすぎるともとにもどる。

単球：エフェクター細胞として抗原提示の役割をもつが、河野らは若干ながら増加するようだと述べている。

体液性免疫：Hanson を始めこれまでの報告では変化がないとされている。

運動習慣：河野らは1日2時間以上、週5回程程度の運動習慣を2年以上続けた運動選手は、運動習慣のないコントロール群に比べてリンパ球の反応性や、単球の貪食能がすぐれているとしているが、体重調節に失敗すると免疫能が低下すると述べている。森口らはNK細胞活性は逆に低下すると指摘している。また小川らは運動の免疫能に与える影響は、時間よりも強度によるとしている。

このように、細胞性免疫の中に、運動負荷によって一過性に向上するものと、低下するものがあり、研究者によっては一致していない。また、森口はある程度の食餌タンパクのレベルが必要だが、過度になると免疫能を抑制するという。いずれの研究でも、血液内の体液性免疫は運動負荷によって変動しないと認められてきた。このことは、運動負荷によって起きる血液内での免疫能の変化は、細胞性免疫が負担していると考えてよい。

これに対して、体表面において感染防止の第一関門となる分泌型IgAが、強度の高い運動直後低下する事実はTomasiらが報告した。われわれの調査数がまだ十分でないが、運動負荷によって

外界と接触する体表面では、分泌型体液性免疫が変化し、一過性に免疫能が向上する例と、一過性に低下する例があることを示している。唾液内分泌型IgAが低下して、体表面での免疫能が一時的にせよ低下することは、スポーツ後の感染症予防の対策が必要なことを示唆する。低下率の高い運動習慣の少ない人にとってはより重要である。

Tomasi らは、クロスカントリー競技直後に、唾液内のIgAの低下はあるが、血液内のBリンパ球の比率がいちじるしく増加していることをみている。Bリンパ球は、体液性免疫の重要な働きを担う抗体の産生に関与しているので、強い運動負荷直後に体表面の免疫能が低下しても、体内では抗体の増産の準備が始まっていると理解される。この事実はわれわれの調査で、低下した分泌型IgAは、個人差はあってもいずれは上昇する事実をよく説明してくれる。したがって、一過性の体表面の免疫低下の時期と期間を確定すれば、運動後のその期間に感染症予防対策を重点的に行えばよい。また、スポーツ選手にとっての強化合宿は、少なくとも分泌型免疫能の点からみると感染症発生の危険を増大する。この免疫能の回復がいちじるしく遅れる選手に対しては、とくに健康管理が必要である。

第二群の事実に普遍性があるとすれば、適度な運動は免疫能の向上があるので、健康スポーツはきわめて有益である。しかも、分泌型免疫が運動の翌日は低下する例が多いが、2日後には運動前より上昇する傾向がある点からみると、週3回の運動頻度が適当であると推測される。ただ、運動負荷後一旦は低下する例は選手群より多いので、運動後の感染症予防に注意する必要がある。

唾液内IgAのレベルの正常範囲については不明で、個人差がきわめて大きいことをわれわれの調査例は示している。また、選手でない群と選手群との違いについて、Tomasi らはスキー選手が競技前であっても有意に低いと発表しているが、

われわれの調査では両者に差があるとはいえない。

免疫能は栄養に影響されるところが大きいことはよく知られている。第一群では少なくとも強化合宿の3日間は同一の食餌内容であった。第二群では生活環境がそれぞれ異なるために、栄養の面の差はあると推測される。できるだけ共通の生活を行う合宿生活の選手を対象にしたのは、栄養についての違いが小さい対象を選びたかったためである。それでも個人差が大きいことは、運動負荷に対する反応と同様に、栄養による影響も、本質的な個々の持つ機能によると考えざるをえない。

河野は体重調整に失敗すると免疫能が低下すると述べているが、われわれの第一群では、合宿前後での体重の変化がなかったのに、唾液内 IgA の変動が起きている。

これらの点を考慮すると、選手であるかどうかにかかわらず、強度の高い運動負荷によって、半数以上に一過性の唾液内分泌型免疫能の低下があるので、上気道感染症を予防するためには、強い負荷後の少なくとも2~3日間は注意が必要であると考えられる。

ま と め

1. クロスカントリースキーの大学選手と、選手でない大学院生について、運動負荷による唾液内 IgA の測定を行った。

2. 選手群では日常の運動量より強度の高い強化合宿の持久走によって、IgA のレベルが直後に上昇するもの、低下するものがそれぞれ半数あった。20時間後に6例中4例は負荷前より上昇したが、3日間の強化合宿前に比べ、終了時に低下したものが6例中5例であった。

3. 選手でない群では日常の運動より強度が高い運動の直後に、唾液内 IgA のレベルが変化し、

選手群に比べると上昇する例が多い(5例中4例)。この変化には個人差があるが、48時間後には負荷前より上昇したものは5例中3例で、選手群より多少は低率であった。

4. 両者とも運動負荷後に、唾液内 IgA が低下する時期がある。その出現頻度は選手でない群に高い(選手群6例中4例、選手でない群5例中4例)。この時期に気道内の免疫機能が低下して、上気道感染症に罹患する危険性が推測される。

5. 唾液内 IgA の変動の方向や程度、また増減や回復のパターンは、個体のもつ素因の影響が大きいと推測された。

6. スポーツ後の上気道感染症の予防には、運動負荷量など、個々の素因を十分に考慮する必要があるが、運動負荷が強ければ、少なくとも2~3日は注意がいる。細胞性免疫能が低下する中高年者では唾液内 IgA の態度を十分に考えないと、健康スポーツによって上気道炎を誘発する危険もある。

文 献

- 1) 小川芳徳, 山内秀樹, 山下美紀子, 原田邦彦, 米本恭三, 今西昭雄, 平井徳幸, 福永美賀子, 秋月摂子, 鳥海 純; All out 走と1時間走における細胞性免疫と体液性免疫の動態, デサントスポーツ科学, 11, 62-70 (1990)
- 2) 河野一郎, 松田光生, 柏木平八郎; 免疫学からみたスポーツ, 最新医学, 43, 395-401 (1988)
- 3) 河野一郎; 試合前になぜかぜをひくのか, 免疫からみたスポーツ選手の健康管理部, 日経スポーツメディスン, 89 秋号, 94-98 (1988)
- 4) 森口 覚; 運動と宿主細胞性免疫能に関する研究—栄養および加齢の影響, 臨床スポーツ医学, 8, 1037-1044 (1991)
- 5) Tomasi T. B., Trudeau F. B., Czerwinski D., Erredge S.; Immune Parameters in Athletes Before and After Strenuous Exercises, *J. Clin. Immunol.*, 2, 173-178 (1982)