平成10年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.VI ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究

— 第3報 —

財団法人 日本体育協会

平成10年度　日本体育協会スポーツ医・科学研究報告
No. VI ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究
—第3報—

班　　長　河野　一郎[1)]

班　　員　赤間　高雄[1)]　浅井　英典[2)]　新開　省二[4)]　杉原　茂孝[3)]
永富　良一[5)]　宮坂　信之[3)]　村田　光範[3)]　森口　覚[7)]
和久　貴洋[8)]

担当研究員　伊藤　静夫[9)]

目　次

1．はじめに（河野一郎）……2

2．LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴うマウスエイズ進展に対する
運動トレーニングおよび高ビタミンE食投与の影響（森口覚）……5

3．運動による一過性免疫抑制に及ぼす身体トレーニングの影響
およびジュニア期のスポーツ活動と上気道感染の罹患についての研究
（新開省二，浅井英典）……11

4．ジュニア期のスポーツ選手の口腔内局所免疫能の評価に関する研究
—運動負荷テストによる唾液中分泌型 IgA の変動—（赤間高雄）……20

5．運動とヘルパーTリンパ球サブセット（Th1/Œh2）の関連についての研究
：急性運動に伴う IFN-γ 産生細胞の一過性の増加（杉原茂孝，村田光範）……25

6．大学剣道部員における寒稽古期の上気道感染症の罹患頻度
—寒稽古直前のコンディションからの検討—（和久貴洋）……35

7．上気道感染症のリスクと運動の関連について（永富良一）……42

1）筑波大学　2）愛媛大学　3）東京女子医科大学　4）東京都老人総合研究所　5）東北大学　6）東京医科歯科大学　7）山口県立大学　8）東京大学　9）（財）日本体育協会日本体育協会スポーツ科学研究所

1. はじめに

研究班長　河野　一郎

スポーツ界では体力を行動体力と防衛体力に大別して扱ってきた。このため防衛体力とスポーツ活動とのかかわりは古くから注目されてきたが具体的な研究テーマとして積極的に取り組まれ始めたのは最近のことである。その背景には防衛体力の中心となる免疫学の急速な発展が関与している。本研究班では防衛体力の重要性を認識しこれまでフィールドおよび基礎的研究を展開してきた。最終年度にあたる本年度も，様々な視点から本テーマに取り組みその成果をまとめた。

基礎的な研究として，森口班員によりウイルス感染に伴うマウスエイズ進展に対し運動トレーニングが抑制的に働く可能性が示され，その条件についての知見が報告されてきた。本年度は抗酸化作用を有するビタミンＥがマウスエイズの進展を抑制することに着目して，運動トレーニングと高ビタミンＥ食の併用効果について検討した。その結果，運動トレーニングと高ビタミン食の併用はマウスエイズの進展を抑制する効果が増大することを明らかとした。エイズは世界的な社会問題ともなっており，わが国においても例外ではない。高名なスポーツ選手がエイズに感染し，激しい運動がエイズの進展に悪影響があるとの考えから引退を決意した事件から，すでに８年近くが経過している。適切な運動がエイズの進展を抑制的に働くというこれまでに示された結果は高く評価される。同時に，食生活の重要性を示した本年度の結果は，日常生活を通じてエイズ発症，進展を抑制できる可能性を示した点で社会的に意義深いものと考えられる。

運動による一過性免疫抑制に及ぼす身体トレーニングの影響について新開班員により取り組まれた。トレーニングによる有酸素的能力にかかわらず運動負荷により一過性の免疫抑制状態が出現することが示された。本結果をすぐに臨床的なことに結びつけることは飛躍があるが，運動後にはコンディションを崩す可能性があることを示唆する結果である。また，継続的にスポーツ活動を行っているものでは風邪の罹患回数および風邪症状の出現頻度が低い傾向にあることが明らかとされた。この傾向はジュニア期のスポーツ歴の有無には関係しないことも示された。

赤間班員は，ジュニア期のスポーツ選手にフィールドテストを行い，非侵襲的に得られる唾液を対象として口腔内局所免疫能の変動を検討した。その結果，急性の運動負荷の後に唾液中のIgA濃度など口腔内局所免疫能が低下する傾向を認めた。本研究でフィールドテストとして用いた20ｍシャトルランテストは，文部省体力テストとして全国的に用いられるフィールドテストであり，ジュニア期にも用いられる負荷テストとして今後スタンダードの方法として用いられるものであり，この点でも本結果は興味深い。また，非侵襲的な方法を用いて免疫機能の指標を得られることは今後のフィールドにおける研究の展開が期待されるものでもある。

運動とヘルパーＴリンパ球サブセットの関連についての研究結果で，杉原班員のグループは急性運動後に末梢血リンパ球数が増加し，さらにIFN-γ産生細胞の比率が一過性に著名な増加するという興味深い成果を得た。スポーツ活動による免疫機能の変化の機序には，いまだ不明な点が多い。その点でも意義深い研究と考えられる。

和久班員はフィールドワークとして大学剣道部員における寒稽古期の上気道感染症の罹患頻度をコンディションの変動の視点から分析した。その結果寒稽古時には上気道感染症にみられる諸症状が高率にみられること，また，寒稽古開始時に上気道感染症に罹患していたと考えられるものでは寒稽古中，諸症状が改善しない傾向にあることを示した。トレーニングに際してコンディションに注意をはらう必要

のあることを示唆する結果である。ともすると精神的な要素が重視されるケースも多くジュニア期の子供が参加する寒稽古などではとくにコンディションについて重視すべきと考えられた。

上気道感染症のリスクと運動の関連について，永富班員が興味深い知見を得た。低温下では，上気道感染症を引き越す代表的ウイルスであるライノウイルスの細胞傷害性が著しく増強するという知見がある。このことから，感染成立部位である口腔内粘膜の表面温度の運動負荷による変化に着目し研究を展開した。その結果，運動負荷後に口腔表面粘膜温は有意に低下することを認めた。この結果から，運動後の口腔粘膜表面温度の低下は，ライノウイルスなどの温度依存性のウイルスの増殖を招く可能性が高まると考えられた。マスクなどの手段により，口腔粘膜温を低下させないこと，運動後の発汗による体温の低下を防ぐことが，感染リスクを低下させる鍵の１つであるという従来の経験的な知識を科学的に裏付ける結果を示した。学校体育，少年団をはじめスポーツ現場で有用な情報を得られた極めて貴重な成果である。

本年度の研究は昨年までと同様幅の広いテーマに取り組み，各班員から興味深くまた意義深い成果を得られた。スポーツ活動と防衛体力に関する研究はまだスタートしたばかりである。本班研究がきっかけとなり，スポーツ活動と防衛体力そして免疫機能に関する研究がさらに活発になることを期待したい。

2. LP-BM5 レトロウイルス感染に伴うマウスエイズ進展に対する運動トレーニングおよび高ビタミンE食投与の影響

報告者　森口　覚[1)]

はじめに

平成9年度の研究においてLP-BM5レトロウイルス感染に伴うマウスエイズ進展に対する運動トレーニングの影響について，運動開始時期，運動頻度ならびに運動時間の影響について検討し，運動トレーニングがマウスエイズの進展を抑制する可能性を再確認するとともにマウスエイズ進展を抑制する運動トレーニングの至適条件を明らかにした[6)]。さらに，運動トレーニングがマウスエイズの進展を抑制する機序を生体内でウイルス増殖に関わるサイトカインであるIFN-γとTNF-αの産生から考察したところ，TNF-α産生を介したウイルス転写因子NF-$\varkappa$Bの発現抑制というよりはむしろIFN-γ産生の亢進を介してエイズウイルスの増殖が抑制されている可能性を見出した。一方，我々は既に抗酸化作用を有するビタミンEがマウスエイズの進展を抑制すること並びにその機序としてIFN-γ産生の亢進に加え，運動トレーニングとは異なりTNF-α産生の抑制を介したNF-$\varkappa$B発現の低下と関連することを見出し，報告している[4,8)]。つまり，運動トレーニングと高ビタミンE食を併用することによりマウスエイズの進展をさらに抑制できる可能性が考えられる。そこで，本研究ではLP-BM5レトロウイルス感染によるマウスエイズモデルを用いて運動トレーニングと高ビタミンE食の併用効果について検討したので報告する。

1) 山口県立大学生活科学部栄養学科

方　法

1. 実験動物，飼料，ウイルス感染と運動トレーニング

既報[5)]の如く，C57BL/6雌マウス，4週齢の腹腔内にLP-BM5レトロウイルス浮遊液（4.5 $\log_{10}$10 PFU/ml）0.1 mlを注射することによりウイルス感染を行った。ウイルス感染の翌日から運動トレーニングと高ビタミンE食投与を開始した。運動トレーニングとしては34℃の温浴中で体重の3%の負荷をかけた状態で遊泳運動を5回/週，30分間実施した。この運動は昨年度の研究において最もエイズウイルスの進展を抑制した条件である[1)]。高ビタミンE食は既報[4)]の如く，対照群（50 mg/kg dl-α-トコフェロール）の10倍量のビタミンEを含む食餌（表1）を調整し，毎日，新しいものと交換した。また，週に2回，摂食量と体重を測定した。各群のマウス数は10匹とし，実験期間中の餌と水は自由摂取とした。

2. 脾臓重量と脾細胞数

LP-BM5レトロウイルス進展，つまりマウスエイズ進展を知る一つの指標として脾臓重量や脾

表1　食餌組成

食餌成分	対照食	高ビタミンE食
	（食餌中の含有%）	
ビタミンフリーカゼイン	20	20
コーンスターチ	57	57
ショ糖	10	10
コーンオイル*	8	8
ミネラル混合	4	4
ビタミン混合	1	1
ビタミンE (IU)	5	250
エネルギー (kcal/g)	3.76	3.76

*ストリップトコーンオイル

細胞数の変化がある。本研究においても運動トレーニングや高ビタミンE食投与に伴うマウスエイズの進展状況を知るために，まず脾臓重量の測定を行った。脾臓は重量測定後，RPMI 1640培地を含むシャーレ内で滅菌されたステンレス製の篩にかけ，さらに27 Gの注射針中を通すことにより脾細胞に単離された。単離された脾細胞の一部は0.1%酢酸溶液にて100倍希釈後，顕微鏡下にてその数を算定するために用いられた。

3. 脾細胞の幼若化能

前述の如く単離された脾細胞は1×10^5ごとに96ウエルの平底マイクロプレート内の各ウエルにトリプリケートで加えられ，さらにPHAあるいはCon Aなどの T細胞マイトジェンとともに37℃の5%CO_2インキュベータ内で培養された。72時間後，^{3}H-thymidine（1μCi/ウエル）を加え，さらに24時間培養後，セルハーベスターにより細胞をグラスファイバーフィルター上に採取し，その放射活性をベータカウンターにて測定した。得られた結果は培地のみと培養した場合の脾細胞の放射活性で除した刺激係数（Stimulation index）として表された。

4. 脾細胞からのインターフェロン-γ（IFN-γ）及び腫瘍壊死因子（TNF-α）産生

脾細胞をCon Aとin vitro 48時間培養した上清中のサイトカイン（IFN-g，TNF-α）濃度をELISA法[2,13]により測定した。

5. ウエスタンブロッティング法によるNF-$\varkappa$Bたん白の発現

脾細胞中の核たん白はRadkeら[10]の方法により抽出された。具体的には，単離した脾細胞を冷PBSで2回洗浄後，10μg/mlのプロテアーゼインヒビター（Approtinin, phenylmethylsulfonylfluoride, Leupeptin）を含むスウエリングバッファー（10 mM HEPES, pH 7.3, 10 mM NaCl, 1.5 mM $MgCl_2$, 5 mM NaF, 200μM Sodium orthovanadate）にて再浮遊した。浮遊液を氷中で5分間放置後，ダウンスホモジナイザーにより脾細胞を破壊し，4℃で1500 g，5分間遠心することにより細胞質（上清）と核たん白（沈殿物）に分離した。沈殿物はさらに10μg/mlのプロテアーゼインヒビターを含むEBC buffer（50 mM Tris, pH 8.0, 120 mM NaCl, 0.5% Nonident P-40, 100 mM NaF, 200μM Sodium orthovanadate）で再浮遊後，シェーカーで30分間インキュベートされた。その後，4℃，14000 g，15分間遠心し，核たん白を含む上清を採取，それを速やかに凍結保存した。サンプル中のたん白濃度はLowry法により測定した。次に，30μgの細胞質あるいは核たん白を7.5% Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel（SDS-PAGE）を用いて電気泳動することにより分離し，ニトロセルロース膜上に転写した。転写膜は0.1% Tween 20を含むリン酸緩衝液（PBST）で洗浄，さらに5%脱脂粉乳を含むPBSTで1時間ブロッキングされた。1次抗体として3%脱脂粉乳を含むPBSTで1000倍希釈したウサギ抗NF-$\varkappa$B抗体（Santa Cruz）を用い，4℃で24時間インキュベートした。反応後，転写膜をPBSTで洗浄後，0.5%脱脂粉乳を含むPBSTで2500倍に希釈したHorseradish peroxidase標識2次抗体（Anti-rabbit IgG, Amersham）とともに1時間インキュベートした。反応後，PBSTで再び洗浄後，ECL system（'Amersham）を用いてX線フィルム上に露光させることにより目的のたん白を検出した。X線フィルム上の各バンドはイメージスキャナを用いて画像取得され，各バンドの定量化を画像処理ソフトウエア（NIH Image 1.58）を用いて行った。

結　　果

1. 体重及び摂食量

実験期間中の体重変化についてはこれまでの報告[1,4]と同様に各群間に有意な差違を認めなかった。また，この度新たに設けられた高ビタミン群においてもウイルス感染の有無に関わらずその摂食量並びに体重変化についても有意な差違を認めなかった。

2. 脾臓重量及び脾細胞数

図1に示す如く，LP-BM 5レトロウイルス感染により脾臓重量は著しく増加した。その程度は対照群において最も顕著であり，運動トレーニング並びに高ビタミンE食群ではエイズ進展に伴う脾臓重量の増加が有意に抑制された。さらに，

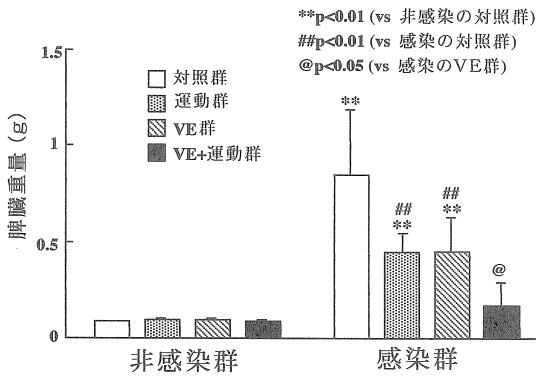


図1　マウスエイズ進展に伴う脾臓重量増加に対する運動及び高ビタミンＥ食投与の影響

運動トレーニングと高ビタミンＥ食を併用した場合にはさらに強い抑制がみられ，対照群の約1/4にまで脾臓重量の増加が抑制されていた。ここでは示さないが，脾細胞数についても運動トレーニング，高ビタミンＥ食並びに両者の併用に関して脾臓重量と同様の結果を得ている。

3．脾細胞の幼若化能

脾細胞のCon Aに対する幼若化能をみた結果を図2に示す。非感染群では運動トレーニングや高ビタミンＥ食投与により脾細胞幼若化能の有意な亢進を認めるが，運動トレーニングと高ビタミンＥ食を併用してもさらなる亢進は誘導されなかった。また，LP-BM5レトロウイルス感染群では対照群において脾細胞幼若化能は著明に低下しており，それが運動トレーニングや高ビタミンＥ食投与により非感染群のレベルまでには至らないが，有意に改善されることを認めた。また，運動トレーニングと高ビタミンＥ食とを併用することによりさらに高い脾細胞幼若化能が誘導された。

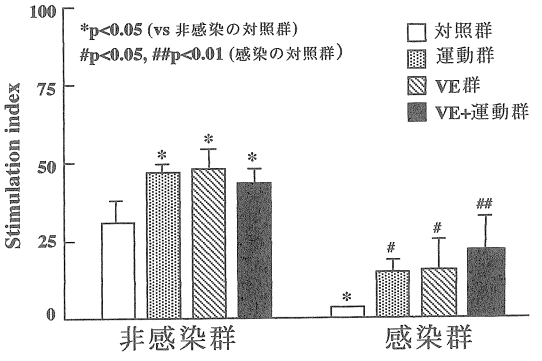


図2　Con A刺激に伴う脾細胞幼若化能に対する運動及び高ビタミンＥ食投与の影響

4．脾細胞からのIFN-γ及びTNF-α産生

脾細胞からのIFN-γ産生は非感染群では運動トレーニングや高ビタミンＥ食投与により有意に亢進されたが，運動トレーニングと高ビタミンＥ食の併用効果はみられなかった（図3A）。一方，LP-BM5レトロウイルス感染群では対照群において脾細胞からのIFN-γ産生が著明に低下していることを認めた。しかし，運動トレーニングや運動トレーニングと高ビタミンＥ食を併用した群ではIFN-γ産生は非感染群とほぼ同等のレベルを保持していた。また，脾細胞からのTNF-α産生は逆に非感染群に比し感染群において高値であり，運動トレーニングによる抑制効果もみられなかった（図3B）。しかし，高ビタミンＥ食群や運動トレーニングと高ビタミンＥ食

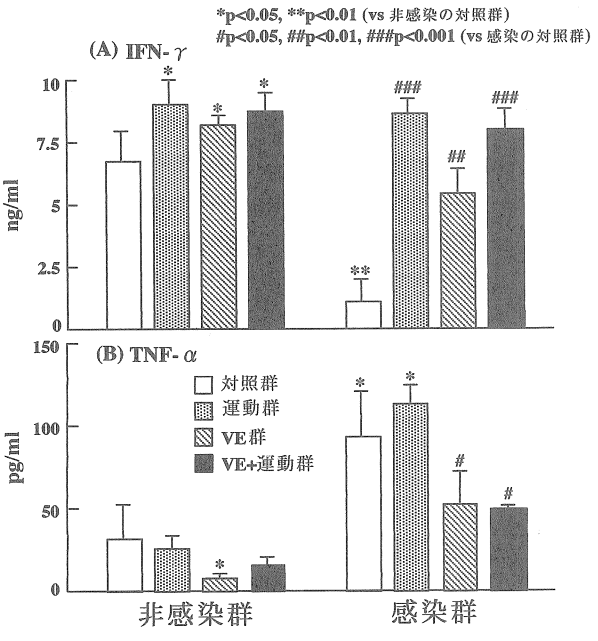


図3　エイズマウスの脾細胞からのIFN-γ及びTNF-α産生に対する運動及び高ビタミンＥ食投与の影響

を併用した群ではTNF-α産生の有意な抑制を認めた。

5. ウイルス転写因子（NF-κB）発現に対する高ビタミンE食投与の影響

前項において高ビタミンE食投与によりLP-BM5レトロウイルス感染マウスの脾細胞からのTNF-α産生が有意に抑制されたことから，ウイルス感染細胞内でのTNF-αを介したウイルス転写因子NF-κB発現の亢進が高ビタミン食投与により抑制される可能性が考えられる。そこで，LP-BM5レトロウイルス感染マウスの脾細胞を細胞質（Cytosol）と核（Nucleus）に分け，両者におけるNF-κBの発現について検討した。さらに，今回の実験ではウイルス感染前1週目から高ビタミンE食投与を開始した影響についても併せて検討した。その結果，対照群に比し高ビタミン食群においてNF-κBの発現は著明に抑制されており，その傾向は細胞質（Cytosol）よりも核（Nucleus）において顕著であった（図4）。

6. ウイルス転写因子（NF-κB）発現に対する運動トレーニング及び高ビタミンE食投与の影響

LP-BM5レトロウイルス感染マウスの脾細胞におけるウイルス転写因子（NF-κB）発現に対して運動トレーニングは高ビタミンE食投与とは異なり，抑制作用を有しておらず，むしろNF-κB発現は運動トレーニングにより対照群よりもさらに高まる傾向を認めた（図5）。また，高ビタミンE食を併用することにより運動トレーニングによって高まったNF-κBの発現が著明に抑制された。

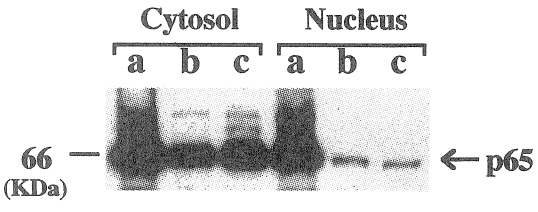


図4　感染10週後のマウス脾リンパ球の細胞質内及び核内におけるNF-κB発現に対する高ビタミンE食投与の影響
a；対照食群
b；感染後高ビタミンE群
c；感染前高ビタミンE群

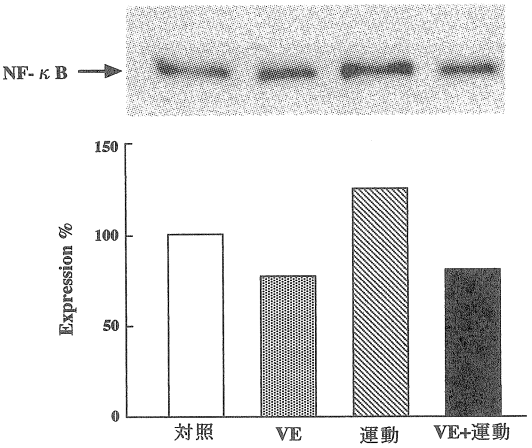


図5　エイズマウスの脾細胞におけるNF-κB発現に対する運動及び高ビタミンE食投与の影響

考　　察

本研究においても昨年度までの研究結果と同様に運動トレーニングによりLP-BM5レトロウイルス感染に伴うマウスエイズの進展が抑制されることを認めた。一般にマウスエイズの進展に伴い，顎下，腋下などの所属リンパ節に加え脾臓の腫大が著しいことが知られており，それがリンパ球の分裂・増殖亢進に伴う数的増加によるものではなく，B細胞の形質細胞への転換による細胞の巨大化と関連することが知られている[9]。図1に示したように運動トレーニングや高ビタミンE食投与によってもマウスエイズの進展はほぼ同程度に抑制された。本研究では昨年度の研究で得られたマウスエイズ進展を抑制するうえで最も効果の高い週5回，1回当たり30分間の遊泳運動を運動トレーニングとして実施したが，その効果は前述の如く対照食の10倍量のビタミンEを含む高ビタミンE食を投与したものと同程度であった。さらに，運動トレーニングと高ビタミンE食とを併用した場合，エイズ進展に伴う脾臓重量の増大がさらに抑制されることを見出した。また，図2にみられる如く，Con A刺激に伴う脾細胞幼若化能についても脾臓重量と同様の結果が

枝得られ，運動トレーニングと高ビタミンＥ食との併用により幼若化能のもっとも大きな改善が誘導された。これらの結果は，運動トレーニングと高ビタミン食投与ではエイズウイルス増殖を抑制するメカニズムが異なることを示唆している。

これまで，運動トレーニングや高ビタミンＥ食投与により宿主免疫能の亢進することが見出され，報告されている[1,3,7]。生体内で抗ウイルス作用を示すサイトカインとして活性化Ｔ細胞から分泌されるIFN-γがある[12]。脾細胞からのIFN-γ産生については図３Ａに示す如く，運動トレーニングと高ビタミンＥ食投与ともにその産生を亢進した。しかし，LP-BM５レトロウイルス感染マウスの脾細胞では高ビタミンＥ食投与よりも運動トレーニングのほうがその効果は大であった。また，運動トレーニングと高ビタミンＥ食投与との併用効果はIFN-γ産生に関してはみられなかった。

脾細胞からの腫瘍壊死因子（TNF-α）産生については図３Ｂに示す如く，高ビタミンＥ食投与により有意に抑制された。エイズウイルス感染マウスの運動トレーニング群ではむしろTNF-α産生が対照群に比し高まる傾向を認めた。TNF-αはウイルス感染細胞内で活性酸素の産生を亢進し，それによりI-κB・NF-κBとの結合が解離し，ウイルス転写因子であるNF-κBが遊離，核内へ移行することによりウイルス増殖をさらに高めることが知られている[11]。TNF-αの産生だけからみた場合，運動トレーニングにはウイルス増殖を抑制する作用はなく，むしろ運動トレーニングによりウイルス増殖の亢進することさえ懸念される。しかし一方，高ビタミンＥ食投与はウイルス感染の有無に関係なく，本来ビタミンＥが有する抗酸化作用に加えて，TNF-α産生を抑制することによりエイズウイルスの増殖をさらに抑制することが示唆された。

次に，ビタミンＥが実際にウイルス転写因子NF-κBの発現を抑制することができるかについて興味が持たれる。そこで，ウイルス感染脾細胞を可溶化後，細胞質と核とに分け，各々におけるNF-κBの発現をウエスタンブロット法により検討した。図４に示す如く，高ビタミンＥ食のウイルス感染前，後の投与にはほとんど関係なくいづれの場合も同程度に細胞質並びに核内におけるNF-κBの発現を抑制した。特に，その抑制作用は核内において強くみられた。このことはビタミンＥが単に細胞質内でのNF-κBの発現を抑制するだけでなく，NF-κBの核内への移行を阻害している可能性が考えれ，今後の検討が望まれる。

一方，運動トレーニング群ではTNF-α産生に対する結果と同様にNF-κBの発現に対してもほとんど抑制作用を認めず，むしろ運動トレーニングによりNF-κBの発現が高まる傾向にあった。つまり，今回の実験条件では運動トレーニングがウイルス転写因子の発現を高め，結果としてその増殖を亢進していることが考えられる。しかし，図１に示す如く，総体的には運動トレーニングはマウスエイズの進展を抑制していることから，IFN-γ産生の亢進を介した抗ウイルス作用が大きく効いていることがわかる。また，図1,2において運動トレーニングと高ビタミンＥ食投与との併用効果がみられたが，その機序として前述のNF-κB発現に対する両者の相違が考えられる。つまり，運動トレーニングと高ビタミンＥ食とを併用することにより，両者の免疫賦活作用（IFN-γ産生の亢進）とビタミンＥの抗酸化作用とTNF-α産生の抑制を介したウイルス転写因子NF-κB発現の抑制によりマウスエイズ進展がさらに抑制されたものと考えられる。３年間の研究を通じて，マウスエイズモデルを用いてエイズと運動トレーニングとの関連について，特に免疫能の変化を中心に検討してきたが，今回の実験結果から運動トレーニングに加えて食生活の重要性が再認識されるとともに日常生活を通じてエイズ発症，進展を抑制できる可能性が明らかにされた。

文　献

1) Baum, M., Muller-Steinhardt, M., et al.: Moderate and exhaustive endurance exercise influences the interferon-gamma levels in whole-blood culture supernatants. Eur. J. Appl. Physiol., 76: 165-169, 1997.

2) Meager, A., Leuny, H., et al.: Assays for tumor necrosis factor and related cytokines. J. Immunol. Meth., 116: 1-17, 1989.
3) Moriguchi, S., Kobayashi, N., et al.: High dietary intakes of vitamin E and cellular immune functions in rats. J. Nutr., 120: 1096-1102, 1990.
4) 森口　覚, 沖嶋直子たち: LP-BM 5 レトロウイルス感染による後天性免疫不全症発症に対する高ビタミンE食投与の影響, ビタミンE研究の進歩　VI, ビタミンE研究会編, 153-159, 1995.
5) 森口　覚: LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴うマウスエイズ発症に対する運動トレーニングの影響に関する基礎実験, 平成8年度　日本体育協会スポーツ医・科学研究報告　No. IV ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究—第1報—, 25-29, 1997.
6) 森口　覚: LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴うマウスエイズ発症に対する感染前運動トレーニング並びに運動頻度と運動時間の影響, 平成9年度　日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 NO. V ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究—第2報—, 44-52, 1998.
7) Oonishi, K., Moriguchi, S., et al.: The role of macrophages in increased mitogen responses of rat splenic lymphocytes following in vitro incubation with vitamin E. J. Nutr. Sci. Vitaminol., 41: 445-453, 1995.
8) Okishima, N., Moriguchi, S., et al.: Vitamin E supplementation normalizes immune dysfunction in murine AIDS induced by LP-BM 5 retrovirus infection. Nutr. Res., 16: 1709-1720, 1996.
9) 沖嶋直子, 森口　覚たち: LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴うマウス免疫不全症発症に対する高ビタミンE食投与の影響, ビタミンE研究の進歩　VII, ビタミンE研究会編, 122-127, 1996.
10) Radke, K. V., Carter, C., et al.: Membrane association of a 36, 000-dalton substrate for tyrosine phosphorylation in chiken embryo fibroblasts transformed by avian sarcoma viruses. J. Cell Biol., 97: 1601-1611, 1983.
11) Schmidt, K. N., Amstad, P., et al.: The roles of hydrogen peroxide and superoxides as messengers in the activation of transcription factor NF kappa B. Chem. Biol., 2: 13-22, 1995.
12) Sonnenfeld, G. and Merigan, T. C.: The role of interferon in viral infections. Semin. Immunopathol., 2: 311-364, 1979.
13) Yang, X. and Hay Glass, K. T.: IFN-γ, but not IL-4, synthesis by antigen-primed murine T cells is IL-2 dependent. Differential requirement in de novo and established responses. J. Immunol., 150: 4354-4363, 1993.

3. 運動による一過性免疫抑制に及ぼす身体トレーニングの影響，およびジュニア期のスポーツ活動と上気道感染の罹患についての研究

報 告 者 新開 省二[1)] 浅井 英典[2)]
研究協力者 渡辺修一郎[1)]

はじめに

班研究の初年度において，われわれは，一定程度以上の強い運動を終えた後に，末梢血中のT細胞，特にCD 4^+ ヘルパーT細胞やNK細胞濃度が減少し，それが回復するまでには数時間を要することや，このような一過性の免疫抑制状態が，副腎皮質から分泌されるステロイドホルモンの一種であるコルチゾールによって主に引き起こされることを明らかにした[1,2)]。さらに，昨年度は，ジュニア期におけるスポーツ活動が防衛体力に及ぼす影響を，大学生を対象とした横断研究により調べ，ジュニア期にスポーツ歴を有し現在もスポーツ活動を継続しているものは，そうでないものに比べ，過去1年間の（思い出し法による）上気道感染の罹患率が低い傾向を認めたが，調べた範囲内での免疫能には有意な差異を認めなかったことを報告した[3)]。

本年度は研究班の最終年度にあたるため，これまでのわれわれの研究を補完する意味で，1)比較的強い運動によってもたらされる，運動後の一過性免疫抑制状態が，果たして身体的トレーニングをすることで防止できるのかどうかを基礎実験により，さらに，2)ジュニア期のスポーツ活動が上気道感染の罹患に及ぼす影響をより精度の高い前向き研究（追跡研究）により，それぞれ明らかにし，3年間の研究成果のまとめを行った。

I. 運動による末梢血中の一過性免疫抑制状態の出現に及ぼす身体トレーニングの効果

1. 対象

E大学の一般学生から，過去1年以上特別なスポーツ歴のない被験者を公募し，研究目的と方法および被験者として研究に参加することに伴うメリット，デメリットを十分説明し，23名よりインフォームドコンセントを得た。問診や医学的検査の結果，そのうち20名は，末梢血免疫能に影響するような疾病の既往や現病歴がなく，さらに常時服用する薬剤を有さないことがわかった。そこでこの20名を無作為に運動群（10名）と対照群（10名）の2群に割り付けた。

1) 東京都老人総合研究所地域保健部門
2) 愛媛大学教育学部保健体育科

2. 方法

研究デザインとしては，対象者全員が介入前後で，身体計測と最大酸素摂取量（$\dot{V}O_{2max}$）の測定，および一過性の急性運動（60%$\dot{V}O_{2max}$ 強度の自転車エルゴメーター運動を1時間）に伴う末梢血免疫能検査を受ける，介入期間中は運動群のみ身体トレーニングを継続し，対照群は何もしないでおく，というものである（無作為化コントロール試験）。

1) 身体計測と最大酸素摂取量の測定

身体計測は常法により，$\dot{V}O_{2max}$ は電磁式自転車エルゴメーターと呼気ガス分析器［ミナト医科(株)AE-208］を用い，2分ごと30 wattsづつ負荷を上げる漸増負荷法により実測した。

2)　一過性運動の実施と採血

被験者には，検査前日は激しい運動を避け，夕食時の飲酒を控えるとともに，午前0時前には就寝するよう指示した。検査当日，被験者は朝食を抜いて検査室（人工気候室：気温20-20°C，相対湿度50-60%）に午前8：30に到着した後，肘静脈にヘパリンロックカテーテルが留置され，約15分の座位安静後，約10 mlの末梢血が採取された（運動前採血）。午前9：00より，各自の$\dot{V}O_{2max}$の60%強度に相当する自転車エルゴメーター運動を1時間実施した。運動強度は，運動中25分と55分に酸素摂取量を実測しながら，微調節を行い，60%$\dot{V}O_{2max}$強度が維持されるよう配慮した。採血時点は運動前，運動中30分，運動中60分（終了直前）および運動後30分，60分，150分，360分，さらに翌日午前9時（23時間後）の合計8回であった。

3)　免疫学的検査

2 mlのEDTA添加真空採血管に採血された血液を用いて，Sysmex多項目自動血球分析装置［東亜医用電子(株)NE-8000］により白血球総数および白血球各分画比率を計測した。また，各種リンパ球サブセットの計測は，常法により標識モノクローナル抗体を用いたフローサイトメトリーによった（詳しくは，前報[1~4]を参照のこと）。

4)　血清コルチゾールおよびアドレナリンの測定

前報[1]と同じ方法で測定した。

5)　介入方法

運動群のみを対象とした身体トレーニングによる介入方法は以下のようである。まず，第1週から第5週までは，各自に運動中の心拍数，1日当たりの運動時間と1週間当たりの運動回数の目安を示し，その後は60～70%$\dot{V}O_{2max}$強度の運動（種類は問わず）を，1日60分，週3～4日程度行うよう指示した。被験者にはトレーニング日誌を渡し，運動日，運動の種類，継続時間と運動中の心拍数を記録してもらった。他方，対照群は介入期間中，通常の学生生活を送り，課外活動として特別な運動をしないよう指示した。介入期間は約16週間に及んだ。

6)　統計学的方法

身体特性と安静時末梢血の免疫担当細胞濃度について，運動群と対照群における比較にはStudent's t-testを，群内における介入前後の比較には対応のあるt-testを用いた。また，介入前後における，一過性運動に対するホルモンや免疫担当細胞濃度の変化パターンの比較には，前後，採血時間，被験者（以上，主効果），前後×採血時間（交互作用）を要因とする分散分析を用い，「前後」の主効果について有意差検定を行った。

3．結　　果

1)　介入による身体特性の変化

無作為に割り付けたにも関わらず，介入前のデータを運動群と対照群で比較すると，$\dot{V}O_{2max}$は運動群の方が有意に高かった。しかし，体重当たりのそれでは有意差はなかった（表1）。運動群は16週間平均で週当たり2.5回（のべ回数は平均40回）運動を行った結果，体重とBMI（body mass index）も有意に増加したものの，$\dot{V}O_{2max}$および$\dot{V}O_{2max}$/kgは有意に向上した（それぞれ+8.5%，+6.3%）。一方，対照群は体重とBMIが増加した他，有酸素的作業能に変化を認めなかった。

2)　介入前後の安静時免疫能の変化

表2に末梢血中の総白血球と分画の濃度を，表3に同リンパ球サブセット濃度を，それぞれ介入前後で比較した。対照群のみならず運動群においても，介入前後で統計学的に有意な変化を認めた項目はなかった。

表1　運動群と対照群の介入前後の身体特性の比較

群		介入前	vs対照	介入後	前vs後
運動群	年齢　(歳)	20.0± 2.0			
(n=10)	身長 (cm)	173.3± 7.6		172.8± 7.8	
	体重 (kg)	65.7±10.0		67.1± 9.2	*
	BMI (kg/m^2)	22.1± 3.9		22.6± 3.6	*
	VO_{2max} (l/min)	3.19±0.31	#	3.46±0.36	**
	VO_{2max}/kg (ml/kg/min)	49.5± 9.1		52.6± 9.1	*
	HR_{max} (beats/min)	192± 6		189± 5	
対照群	年齢　(歳)	20.9± 1.9			
(n=10)	身長 (cm)	170.3± 2.9		170.0± 3.2	
	体重 (kg)	60.5± 7.0		62.0± 7.9	*
	BMI (kg/m^2)	20.9± 2.6		21.5± 2.9	*
	VO_{2max} (l/min)	2.83±0.30		2.87±0.33	
	VO_{2max}/kg (ml/kg/min)	47.2± 6.2		46.7± 6.3	
	HR_{max} (beats/min)	192± 10		192± 7	

データは平均±SD；# p<.05 vs 対照群；* p<.05，** p<.01 vs 介入前データ

表2　介入前後における安静時末梢血中総白血球および分画の濃度

群		介入前	vs対照	介入後	前vs後
運動群	総白血球	5,520± 630	ns	5,570±1,320	ns
(n=10)	顆粒球	3,110± 460	ns	2,900± 630	ns
	リンパ球	2,000± 350	ns	2,260± 690	ns
	単球	410± 130	ns	400± 160	ns
対照群	総白血球	5,490± 980		6,200±1,990	ns
(n=10)	顆粒球	3,240± 860		3,860±1,670	ns
	リンパ球	1,870± 350		1,970± 470	ns
	単球	390± 70		370± 100	ns

データは平均±SD (cells/mm^3)；ns，統計学的有意差なし

表3　介入前後における安静時末梢血中リンパ球サブセットの濃度

群		介入前	vs対照	介入後	前vs後
運動群	$CD3^+$ 細胞	1,450± 240	ns	1,650± 530	ns
(n=10)	$CD19^+$ 細胞	210± 170	ns	220± 120	ns
	$CD4^+$ 細胞	890± 190	ns	1,010± 390	ns
	$CD8^+$ 細胞	400± 150	ns	500± 160	ns
	$CD16^+$ 細胞	240± 110	ns	270± 130	ns
	$CD14^+$ 細胞	350± 90	ns	380± 90	ns
対照群	$CD3^+$ 細胞	1,450± 250		1,530± 400	ns
(n=10)	$CD19^+$ 細胞	170± 70		160± 90	ns
	$CD4^+$ 細胞	800± 100		840± 200	ns
	$CD8^+$ 細胞	440± 210		500± 210	ns
	$CD16^+$ 細胞	160± 100		160± 90	ns
	$CD14^+$ 細胞	350± 80		390± 130	ns

データは平均±SD (cells/mm^3)；ns，統計学的有意差なし

3)　介入前後における運動に対するストレスホルモンの分泌反応

自転車エルゴメータ運動に対するストレスホルモンの分泌反応を，介入前後で比較した（図1，2)。運動の強度は，運動群における介入前の運動が平均で $\dot{V}O_{2max}$ の63%（運動25分値)，64%（運動55分値）であり，介入後のそれが65%，65%であった。一方，対照群におけるそれらは，63%，65%および63%，63%であり，運動群において介入後に負荷した運動の強度がやや高かった。

図1のコルチゾールの分泌動態では，対照群においては介入前後の変化パターンに有意差はなかったが（p=.454)，運動群においては介入前に比べると，介入後は運動にともなうコルチゾールの分泌が抑制されていた（p=.001)。他方，アドレナリンの分泌はそれとは逆で，運動群においては前後では有意差はなかったものの（p=.560)，対照群においては，介入前に比べ介入後は運動終了後のアドレナリンのレベルが前値に速やかに回復していた（図2)。

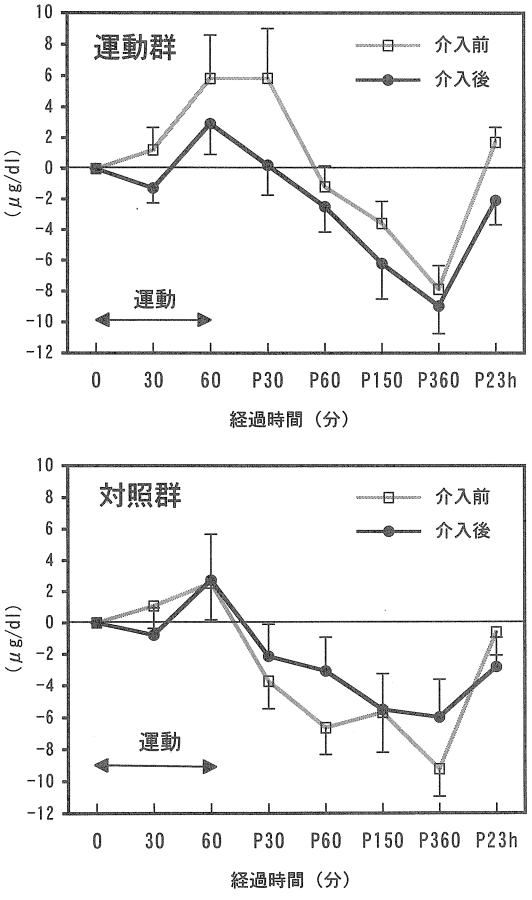


図1　介入前後における運動に対するコルチゾール分泌反応の比較

4)　介入前後における運動に対する末梢血中白血球分画の反応

運動群においては，統計学的な有意差ではないが，リンパ球濃度の変化パターンは介入前後で差があり（p=.095)，介入後の方が，運動後の低下が顕著な傾向を認めた（図3)。顆粒球および単球濃度の変化パターンは，介入前後で差はなかった。一方，対照群においては，単球の変化パターンに有意差があり（p=.003)，介入後の方が，運動後の単球増加がより明らかであった。

5)　介入前後における運動に対する末梢血中リンパ球サブセットの反応

運動群においては，$CD3^+$ T細胞および $CD4^+$ T細胞の変化パターンに有意差を認め（p=.

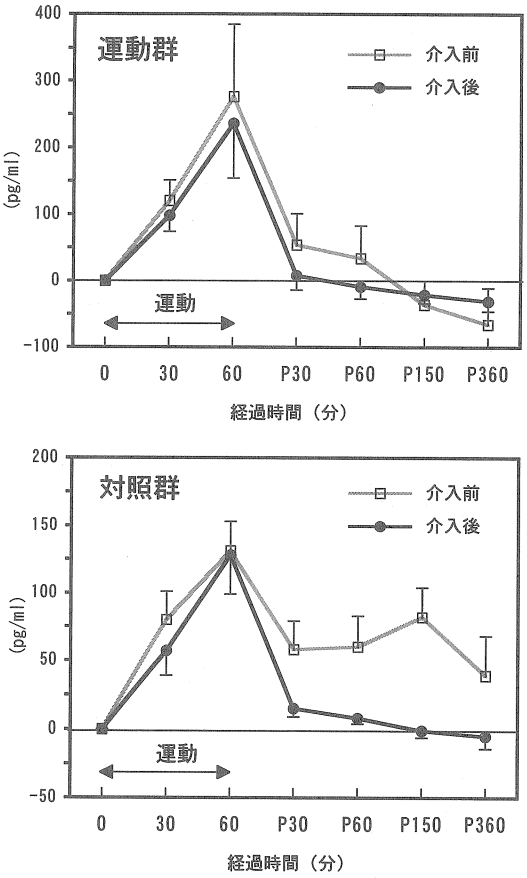


図2　介入前後における運動に対するアドレナリン分泌反応の比較

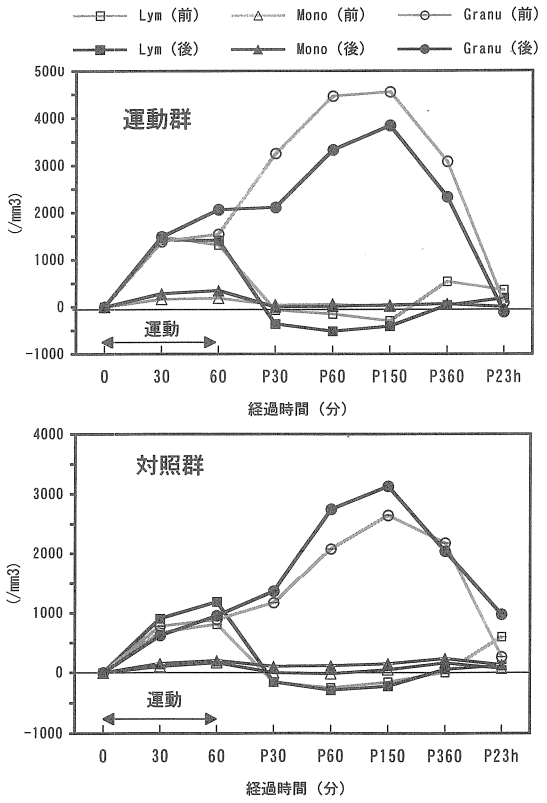


図3　介入前後における運動に対する末梢血中白血球分画の反応の比較

007, .005)，介入後の方が，運動後の細胞濃度低下の程度が高かった（図4）．CD 8⁺T 細胞，CD 19⁺B 細胞，CD 16⁺NK 細胞の濃度変化のパターンには差異がなかった（図5）。他方，対照群においては，いずれのリンパ球サブセットの変化パターンも，介入前後で有意差を認めなかった。

4. ま　と　め

運動群は16週間の介入期間中，週平均2.5回の有酸素運動を実施し，その結果 $\dot{V}O_{2max}$ が8.5%，$\dot{V}O_{2max}$/kg が6.3%だけ向上した。運動の実施頻度や $\dot{V}O_{2max}$ の増加程度は当初の期待に比べやや物足りないものであったが，有酸素的作業能が確実に向上したことは疑いない。しかし，このように体力が向上したにもかかわらず，運動によりもたらされる末梢血の一過性免疫抑制状態，すなわち CD 4⁺ ヘルパー T 細胞を主体とする CD 3⁺pan-T 細胞や NK 細胞濃度の低下への抑制効果は認められなかった。むしろ，運動群においては対照群に比べて，運動後の一過性の免疫抑制状態が増強される結果を得た。

運動群が実施した運動強度を酸素摂取量の絶対値で評価すると，介入前が 2.01 l/min（25分値）と 2.02 l/min（55分値），介入後が 2.28 l/min（25分値）と 2.24 l/min（55分値）となり，11%～13%程度強くなっていた。かなり負荷が増強されていたとみてよいであろう。しかし，これを相対的な評価，すなわち体重当たりの酸素摂取量であらわすと，ほんの数%の増加に過ぎない。もし，運動後の免疫抑制状態が，絶対的な運動強度によっても影響を受けるならば，運動群が身体トレーニングをして体力が有意に向上したにもか

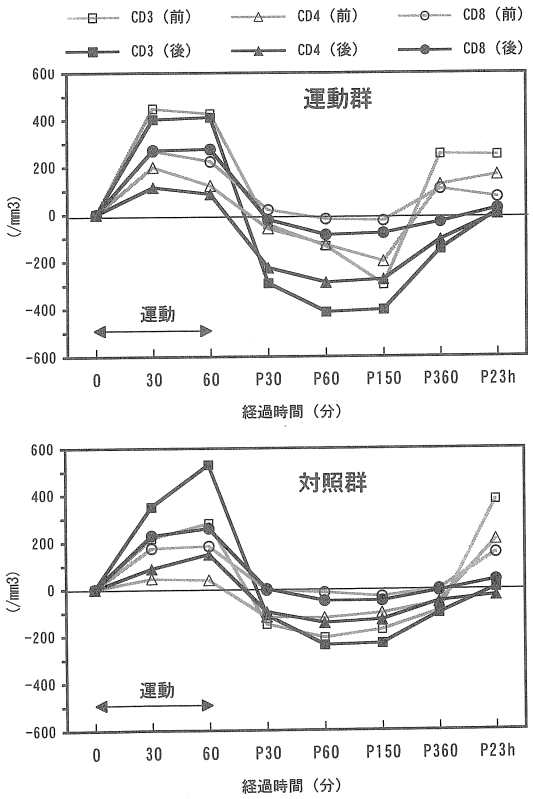


図4　介入前後における運動に対する末梢血中リンパ球サブセットの反応の比較

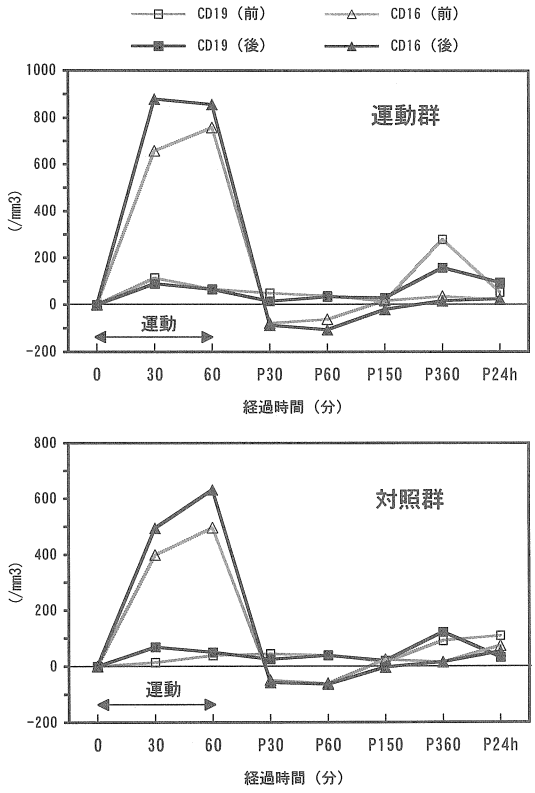


図5　介入前後における運動に対する末梢血中リンパ球サブセットの反応の比較

かわらず，介入後の運動において，運動後の一過性の免疫抑制状態がやや深化していたことを説明できるであろう。

運動時間を一定にした場合，運動の強度と一過性の免疫抑制状態との間には直線的な関係が成立するのかどうか，さらには，運動強度といった場合，相対的な運動強度のみをさすのか，絶対的な運動強度も部分的に関わっているのかなど，まだ解明すべき課題は多い。しかし，今回の研究結果からは，身体トレーニングにより有酸素的作業能を向上させても，トレーニング前と比べて相対的に同じ強度の運動をすれば，運動を終了した後に生じる末梢血中の一過性免疫抑制状態は改善されず，その程度は少なくともトレーニング前と変わらないということが結論される。

II.　ジュニア期のスポーツ活動と上気道感染の罹患に関する前向き研究

1.　対象

E大学第1学年に開講している「スポーツ実習」を受講した一般学生約370名に対し，「成長期のスポーツ活動と健康状態についてのアンケート」と題したアンケートを配布，回収した。アンケートでは，現在までのスポーツ歴，過去一年間の風邪の罹患回数，既往歴，現病歴を尋ねた。回答のあったアンケートより過去のスポーツ歴を詳細に検討し，小学校時期から課外活動としてスポーツを始め，その後高校時期まで合計6年以上のスポーツ歴を有するもののうち，A．現在もスポ

表4　風邪症状の追跡対象者の身体特性

群	n	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m^2)
運動継続群	30	18.7± 0.6	173.4± 6.0	65.8± 7.9	21.9± 2.0
運動中止群	31	19.0± 0.9	171.9± 5.8	61.9± 7.6	20.9± 2.3
運動なし群	31	19.0± 1.0	171.7± 5.1	66.3±12.3	22.5± 3.9

データは平均±SD.

ーツをしている群195名（運動継続群），B．大学入学以降はスポーツを中止している群94名（運動中断群），さらに，C．小学校時期より現在まで課外活動として特別なスポーツをしていない群49名（対照群），の3群に分類した。そこで，これら3群に対して風邪追跡調査の趣旨を説明し，A群から30名，B群から32名（のちに1名脱落），C群から31名が，それぞれ研究参加へのインフォームドコンセントを提出した。なお，対象者の属性を表4にあげた。

2．方法

上記対象者（全員男性）を対象に，7月1日～12月12日の約5.5ヶ月に亙る期間で，上気道感染（いわゆる風邪）症状の追跡調査を実施した。対象者には「風邪カレンダー」が手渡され，毎日，鼻水，のどの痛み，せき・たん，発熱（37°C以上）について，それぞれ症状の有無が記録された。その後，回収されたカレンダーから，追跡期間中の各症状の出現回数と総日数を計算した。なお，症状が一端消失して，2日以上して同様な症状が再出現した場合，出現回数は2回とした。以上から，鼻水，のどの痛み，せき・たん，発熱のそれぞれについて，3群における発生率，平均発生回数，平均有症状日数を算出し，群間で比較した。データの有意差検定はKruskal-Wallis法によった。

3．結果

図6に鼻水とのどの痛み，図7にせき・たんと発熱について，それぞれの発生率，発生回数，有症状日数を3群間で比較した。運動継続群は，「のどの痛み」と「発熱」のそれぞれの発生率，発生回数，有症状日数について，統計学的な有意差ではなかったが，他の2群よりも少ない傾向にあった。

4．まとめ

小学校から大学にかけて異なるスポーツ歴を有する大学1年生3群について，上気道感染に関する追跡調査を実施した。追跡期間は夏期から冬季にかけた約5.5ヶ月であり，いわゆる上気道感染の流行期ではなかったが，3群とも各症状の発生率でみると上気道感染の罹患率はかなり高かったと推定される。追跡調査の結果，運動継続群は他の2群に比べて，上気道感染の罹患率が低い傾向を認めたが，運動中止群と対照群の間には全く差異を認めなかった。これらのことから，若年者における上気道感染を指標とした防衛体力については，ジュニア期にスポーツ歴を有するかどうかではなく，現在のスポーツ習慣の有無によって影響を受けており，運動習慣を有する若年者は，概して防衛体力が高いと考えてよさそうである。ただ，本報告の段階においては，統計学的な有意差を検出し得なかった。同対象者についての追跡調査は当初から1999年3月末まで継続する予定であるので，その完了を待って最終的な結論を得たい。

最　後　に

われわれが行った過去3年間にわたる研究の成果をまとめると以下のようになる。

1．**運動によって引き起こされる運動後の末梢血液中の一過性免疫抑制状態**

一定強度以上の運動を行うと，運動後しばらくして末梢血中では，リンパ球，特にCD 4$^+$T細胞を中心としたT細胞や，NK細胞の濃度が減少し，その回復までには数時間から半日程度かかる。初年度はそのメカニズムを解明すべく基礎実験を行った結果，CD 4$^+$T細胞を中心としたT細胞濃度の低下には，運動に伴って分泌されるストレスホルモンの一種であるコルチゾールが関与していることがわかった。本年度は，こうした一過性の免疫抑制状態が身体トレーニングによってどの程度改善されるかを解明すべく基礎実験を行った結果，有酸素的作業能が向上しても相対的に同じ強度の運動をした場合であれば，トレーニング前の運動時と同程度の免疫抑制状態が出現する

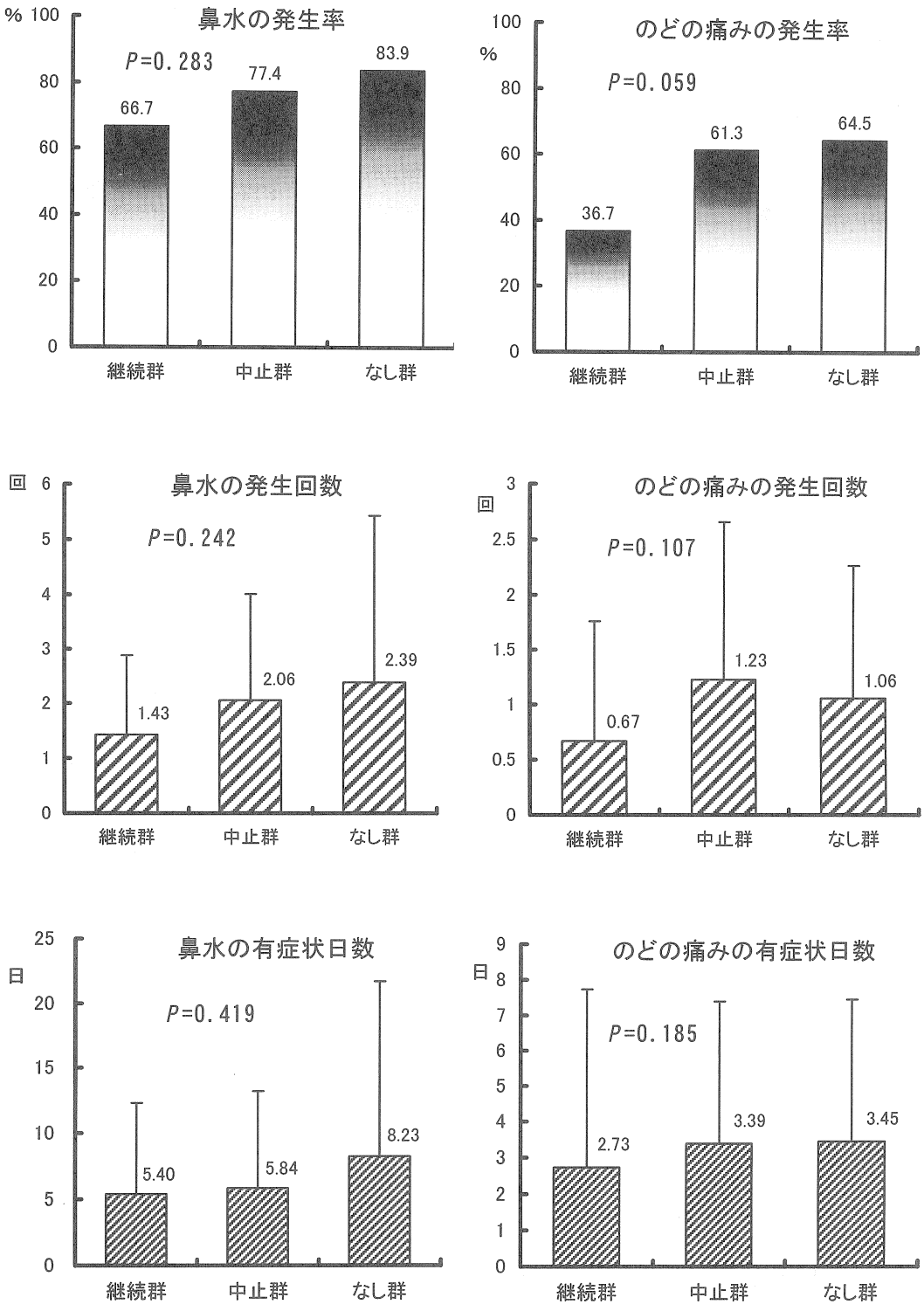


図6　3群における風邪症状の出現の比較（1）
データは棒が平均，線がSDを示す

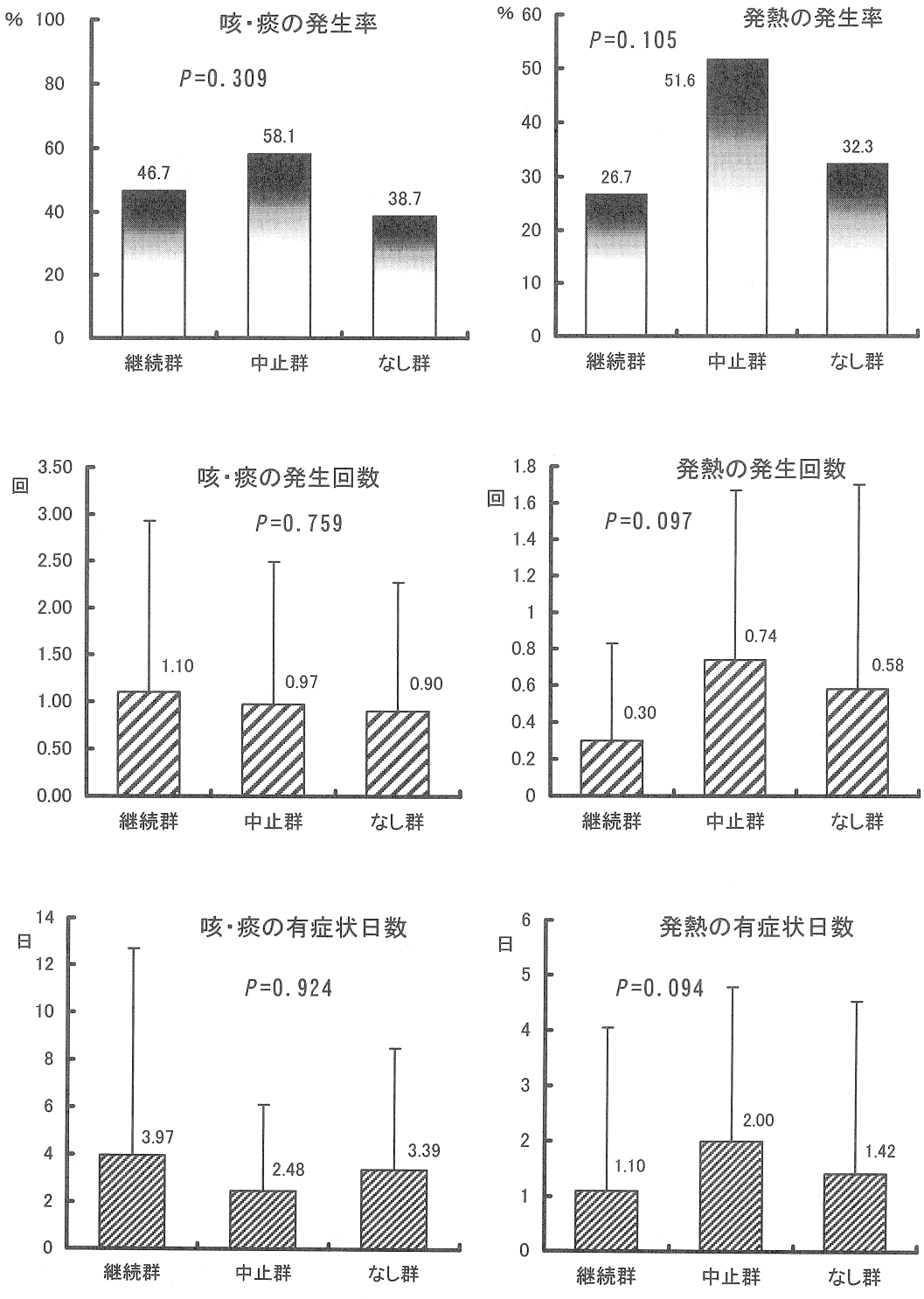


図7　3群における風邪症状の出現の比較(2)
データは棒が平均，線がSDを示す

ことが判明した。

2. ジュニア期のスポーツ活動が防衛体力に及ぼす影響

ジュニア期のスポーツ歴と，現在のスポーツ実施状況のそれぞれで異なる若年大学生について，後ろ向きおよび前向きの風邪の罹患調査（2年次と本年度），および末梢血免疫機能検査（2年次）を実施した。その結果，ジュニア期のスポーツ歴の有無に関係なく，現在継続したスポーツを行っている群が，その他の群に比べて，過去一年間の風邪の罹患回数や約5.5ヶ月に亙る追跡期間中の風邪症状の出現頻度が低い傾向にあった。しかし，末梢血免疫機能検査によるデータには，3群間で全く有意な差を認めることができなかった。すなわち，若年男性においては，適度な運動習慣により風邪の罹患を指標とした防衛体力が向上することが期待できるが，その変化を本研究で調べた末梢血の免疫機能検査の項目では把握できないと考えられた。

文　献

1) 新開省二. 急性運動後の一過性免疫抑制とコルチゾール分泌. 平成8年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. IVジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究－第1報－. (財)日本体育協会. pp. 31-38, 1997.

2) S. Shinkai, S. Watanabe, H. Asai, P. N. Shek. Cortisol response to exercise and post-exercise suppression of blood lymphocyte subset counts. Int. J. Sports Med. 17 : 597-603, 1996.

3) 新開省二, 浅井英典, 竇貴旺. ジュニア期のスポーツ活動と免疫機能に関する横断的研究. 平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. V ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究—第2報—. (財)日本体育協会. pp. 53-60, 1998.

4) S. Shinkai, M. Konishi, R. J. Shephard. Aging and immune response to exercise. Can. J. Physiol. Pharmacol. 76 : 562-572, 1998.

4. ジュニア期のスポーツ選手の口腔内局所免疫能の評価に関する研究
—運動負荷テストによる唾液中分泌型IgAの変動—

報 告 者 赤間 高雄[1)]
研究協力者 林 栄輔[2)] 秋本 崇之[1)]

Ⅰ. 目 的

スポーツ活動によって上気道感染症の罹患率が変化することが知られており，これはスポーツ活動が防衛体力を変化させる実例と考えられている[1)]。上気道感染症の感染防御では口腔内局所免疫能，とくに唾液中の分泌型免疫グロブリンA（sIgA）が重要な役割を果たしている[2-4)]。成人においては，唾液中のsIgAは激しいスポーツ活動の後に減少し，上気道感染症の罹患が増加する一因になっていると考えられている。このように唾液中のsIgAはスポーツ活動に伴う防衛体力の変化を示す指標の1つになりうる。

我々は昨年度の本研究の報告書においてジュニア期のスポーツ選手の唾液中sIgA 濃度と分泌速度がスポーツ活動後に低下することを示した[5)]。しかし，スポーツ活動の運動量を定量的に評価することは困難であった。そこで本年度の研究では，ジュニア期のスポーツ選手に運動負荷テストを行い，定量的な運動による唾液中のsIgAの変動について検討した。

Ⅱ. 方 法

（1）対象

茨城県つくば市にあるラグビークラブのジュニアチームに参加する小学5年生3名と6年生9名の計12名を対象とした（表1）。対象者の保護者には事前に調査研究の趣旨を説明し，文書で参加の同意を得た。

表1 対象者の身体特性

		学年	身長（cm）	体重（kg）
1	AH	6年生	147.0	43.0
2	KR	6年生	144.0	36.5
3	TA	6年生	147.6	45.5
4	MN	6年生	144.2	50.0
5	HM	6年生	147.3	38.0
6	SH	6年生	137.5	26.5
7	UT	6年生	132.9	28.0
8	MK	6年生	145.3	32.5
9	YK	6年生	168.6	56.0
10	IY	5年生	140.0	40.0
11	ME	5年生	142.0	30.0
12	FT	5年生	143.0	37.5
		Mean	145.0	38.6
		SD	8.6	8.9

（2）マルチステージ20mシャトルラン・テスト

本研究では，運動負荷テストとしてマルチステージ20mシャトルラン・テストを実施した。このテストの概念は，カナダのモントリオール大学の研究者によって紹介され，LegerとLambertによって報告された[6)]。その後，このテストはヨーロッパ協議会により小学生の心肺機能と運動能力の発達評価に用いられ，現在では様々な分野で利用されている。

a. 準備

マルチステージ20mシャトルラン・テストの実施に必要とするものを表2に示した。テストの準備には，まず，シャトルランのためのスペースが必要である。体育館などの平らで滑らないところが望ましい。20mを測定し，シャトルを行うための表示をマークする（図1）。

シャトルランの走速度を指示する信号音を録音

1）筑波大学 2）茨城県立医療大学

表2　マルチステージ20ｍシャトルラン・テストに必要とするもの

1．平らで、滑らない場所（20mの間隔をとれる広さ）
2．信号音を録音したＣＤまたはＭＤ
3．ＣＤプレーヤーまたはMDプレーヤー
4．メジャー（20mの間隔を測定）
5．マーカー（20mのラインをマークするテープやコーンなど）
6．記録用紙（測定結果の記録と最大酸素摂取量の推定表を兼ねる）
7．筆記用具（記録に用いる）

したCDあるいはMDとその再生機を準備する。信号音は，シャトルランのスピードが8.5 km/hの早歩き程度から始まり，約1分ごとに0.5 km/hずつシャトルランの間隔が早くなるように信号音の間隔が次第に短くなり負荷が漸増するように設定されている。記録用紙（表3）[7]と筆記用具を準備する。

b．実施

テストの前には簡単な準備運動，ストレッチ等を行う。被験者が信号音を明確に聞き取れることを確認する。

被験者は信号音によって示されるスピードに合わせて20ｍ間のシャトルランを繰り返す。信号音は各シャトルの終わりに発せられ，このときに片方の足で20ｍのラインを踏むか越えなければならない。被験者が信号音に合わせてシャトルランができなくなる，つまり漸増していくスピードについていけなくなった時点でテスト終了とする。通常3回続けて遅れを取り戻せない時点のシャトル数を記録する。

c．評価

テスト終了までに走ったシャトルランの本数から，換算表を用いて最大酸素摂取量を推定する。

（3）唾液の採取

テスト前とテスト後に唾液の採取を行った。唾液採取方法は先に我々が報告した方法[4]にもとづいて行った。まず，蒸留水30 mlで3回，口腔内を十分にゆすぎ，その後口腔内の水分を吐き出させた後，5分間の座位安静を保たさせた。口腔内に貯留した唾液を嚥下し，その後無味の滅菌綿（SALIVETTE：SARSTEDT製）をメトロノームのリズムに合わせ1秒に1回のペースで1分間咀嚼することによって，新たに分泌された唾液を綿に吸い取らせ唾液を採取した。試料を3000 rpm，5分間遠心して唾液を回収し，容量を測定した後，分注して－80℃で冷凍保存した。

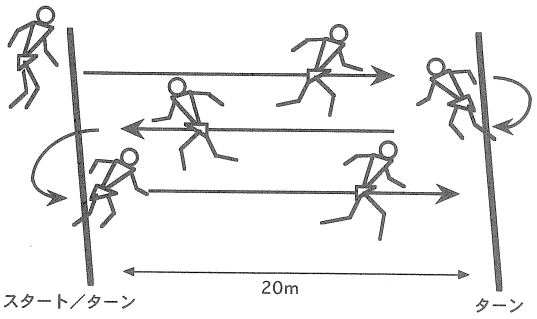


図1　マルチステージ20ｍシャトルラン・テスト

（4）sIgAの定量

唾液中のsIgAは以前に報告した方法[3]で測定した，すなわち抗secretory component（SC）抗体と抗IgA抗体を用いて，sIgAを特異的に検出するELISA（enzyme-linked immunosorbent assay）を用いた。

（5）統計処理

1分間の唾液採取量を唾液分泌量とみなし，唾液分泌速度（ml/min）とした。唾液中のsIgA濃度（μg/ml）と唾液分泌速度から1分間のsIgA分泌量（sIgA分泌速度）を計算した。

各測定値は平均値±標準偏差で表した。テストの前後における分析には対応のあるｔ検定を用いた。有意水準は5%未満（$p<0.05$）とした。

Ⅲ．結　　果

各被験者のマルチステージ20ｍシャトルラン・テストの結果および推定最大酸素摂取量を表4に示す。各被験者の平均シャトル数は56.3±20.3本，平均推定最大酸素摂取量は37.9±6.9 ml/kg/minであった。また，テスト開始から終了までの平均運動時間は6.7±2.2分（3.4分から10.6分まで）であった。総シャトル数で最も本数が多かったのは，6年生HMの94本，推定最大酸素摂取量は50.2 ml/kg/minであった。最も少なかったのは，6年生MNの25本，26.8 ml/kg/minであった。

テスト前後における唾液分泌速度の変動を図2

表3　マルチステージ20ｍシャトルラン・テスト記録用紙

Level 1	1	2	3	4	5	6	7									
Level 2	8	9	10	11	12	13	14	15								
Level 3	16	17	18	19	20	21	22	23								
Level 4	24 ①26.4	25 ②26.8	26 ③27.2	27 ④27.6	28 ⑤28.0	29 ⑥28.3	30 ⑦28.9	31 ⑧29.5	32 ⑨29.7							
Level 5	33 ①30.0	34 ②30.2	35 ③30.6	36 ④31.0	37 ⑤31.4	38 ⑥31.8	39 ⑦32.2	40 ⑧32.5	41 ⑨32.9							
Level 6	42 ①33.3	43 ②33.6	44 ③34.0	45 ④34.3	46 ⑤34.7	47 ⑥35.0	48 ⑦35.4	49 ⑧35.7	50 ⑨36.1	51 ⑩36.4						
Level 7	52 ①36.8	53 ②37.1	54 ③37.5	55 ④37.8	56 ⑤38.2	57 ⑥38.5	58 ⑦38.9	59 ⑧39.2	60 ⑨39.6	61 ⑩39.9						
Level 8	62 ①40.2	63 ②40.5	64 ③40.8	65 ④41.1	66 ⑤41.5	67 ⑥41.8	68 ⑦42.1	69 ⑧42.4	70 ⑨42.7	71 ⑩43.0	72 ⑪43.3					
Level 9	73 ①43.6	74 ②43.9	75 ③44.2	76 ④44.5	77 ⑤44.9	78 ⑥45.2	79 ⑦45.5	80 ⑧45.8	81 ⑨46.1	82 ⑩46.5	83 ⑪46.8					
Level 10	84 ①47.1	85 ②47.4	86 ③47.7	87 ④48.0	88 ⑤48.4	89 ⑥48.7	90 ⑦49.0	91 ⑧49.3	92 ⑨49.6	93 ⑩49.9	94 ⑪50.2					
Level 11	95 ①50.5	96 ②50.8	97 ③51.1	98 ④51.4	99 ⑤51.7	100 ⑥51.9	101 ⑦52.2	102 ⑧52.5	103 ⑨52.8	104 ⑩53.1	105 ⑪53.4	106 ⑫53.7				
Level 12	107 ①54.0	108 ②54.3	109 ③54.6	110 ④54.8	111 ⑤55.1	112 ⑥55.4	113 ⑦55.7	114 ⑧56.0	115 ⑨56.3	116 ⑩56.5	117 ⑪56.8	118 ⑫57.1				
Level 13	119 ①57.4	120 ②57.6	121 ③57.9	122 ④58.2	123 ⑤58.5	124 ⑥58.7	125 ⑦59.0	126 ⑧59.3	127 ⑨59.6	128 ⑩59.8	129 ⑪60.1	130 ⑫60.3	131 ⑬60.6			
Level 14	132 ①60.9	133 ②61.1	134 ③61.4	135 ④61.7	136 ⑤62.0	137 ⑥62.2	138 ⑦62.5	139 ⑧62.7	140 ⑨63.0	141 ⑩63.2	142 ⑪63.5	143 ⑫63.7	144 ⑬64.0			
Level 15	145 ①64.3	146 ②64.6	147 ③64.9	148 ④65.1	149 ⑤65.4	150 ⑥65.6	151 ⑦65.9	152 ⑧66.2	153 ⑨66.5	154 ⑩66.7	155 ⑪67.0	156 ⑫67.2	157 ⑬67.5			
Level 16	158 ①67.8	159 ②68.0	160 ③68.3	161 ④68.5	162 ⑤68.8	163 ⑥69.0	164 ⑦69.3	165 ⑧69.5	166 ⑨69.7	167 ⑩69.9	168 ⑪70.2	169 ⑫70.5	170 ⑬70.7	171 ⑭70.9		
Level 17	172 ①71.2	173 ②71.4	174 ③71.7	175 ④71.9	176 ⑤72.2	177 ⑥72.4	178 ⑦72.7	179 ⑧72.9	180 ⑨73.2	181 ⑩73.4	182 ⑪73.7	183 ⑫73.9	184 ⑬74.2	185 ⑭74.4		
Level 18	186 ①74.6	187 ②74.8	188 ③75.1	189 ④75.3	190 ⑤75.6	191 ⑥75.8	192 ⑦76.0	193 ⑧76.2	194 ⑨76.5	195 ⑩76.7	196 ⑪77.0	197 ⑫77.2	198 ⑬77.4	199 ⑭77.7	200 ⑮77.9	
Level 19	201 ①78.1	202 ②78.3	203 ③78.6	204 ④78.8	205 ⑤79.0	206 ⑥79.2	207 ⑦79.5	208 ⑧79.7	209 ⑨80.0	210 ⑩80.2	211 ⑪80.4	212 ⑫80.6	213 ⑬80.8	214 ⑭81.1	215 ⑮81.3	
Level 20	216 ①81.6	217 ②81.8	218 ③82.0	219 ④82.2	220 ⑤82.4	221 ⑥82.6	222 ⑦82.8	223 ⑧83.0	224 ⑨83.3	225 ⑩83.5	226 ⑪83.7	227 ⑫83.9	228 ⑬84.1	229 ⑭84.3	230 ⑮84.6	231 ⑯84.8
Level 21	232 ①85.0	233 ②85.2	234 ③85.4	235 ④85.6	236 ⑤85.9	237 ⑥86.1	238 ⑦86.3	239 ⑧86.5	240 ⑨86.7	241 ⑩86.9	242 ⑪87.2	243 ⑫87.4	244 ⑬87.6	245 ⑭87.8	246 ⑮88.0	247 ⑯88.2

【記録用紙の見方】

レベル数　　トータルシャトル数

Level 14	132 ①60.9

各レベルのシャトル数

推定最大酸素摂取量（mℓ／kg／min）

表4　マルチステージ20mシャトルラン・テストの結果

		学年	総シャトル数	推定最大酸素摂取量 (ml/kg/min)
1	AH	6年生	37	31.4
2	KR	6年生	35	30.6
3	TA	6年生	36	31.0
4	MN	6年生	25	26.8
5	HM	6年生	94	50.2
6	SH	6年生	73	43.6
7	UT	6年生	62	40.2
8	MK	6年生	64	40.8
9	YK	6年生	73	43.6
10	IY	5年生	56	38.2
11	ME	5年生	70	42.7
12	FT	5年生	50	36.1
		Mean	56.3	37.9
		SD	20.3	6.9

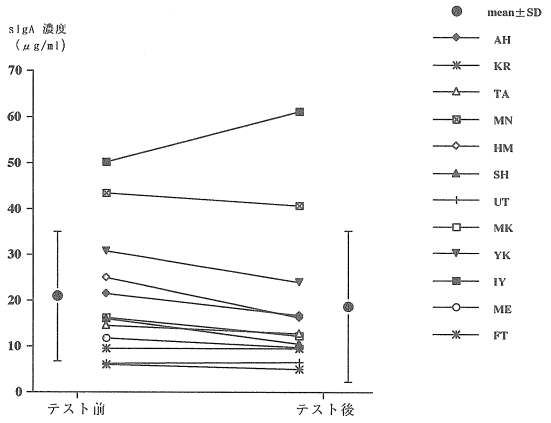


図3　マルチステージ20mシャトルラン・テストの前後における唾液sIgA濃度の変動

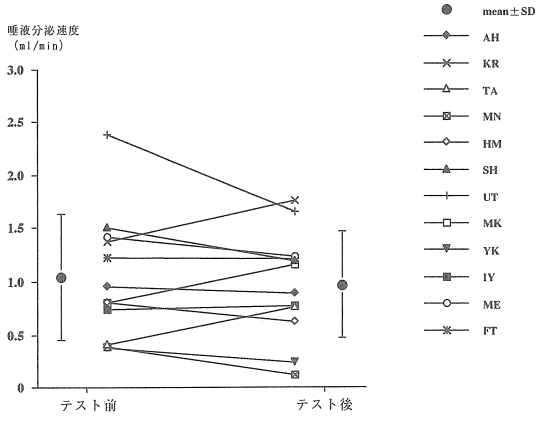


図2　マルチステージ20mシャトルラン・テストの前後における唾液分泌速度の変動

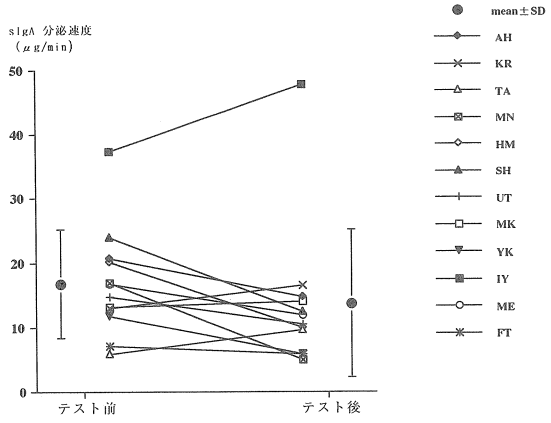


図4　マルチステージ20mシャトルラン・テストの前後における唾液sIgA分泌速度の変勢動

に示す。テスト前の唾液分泌速度は1.04±0.59 ml/min，テスト後は0.97±0.50 ml/minであった。テスト前後において唾液分泌速度に有意な差は認められなかった（p=0.49）。

テスト前後における唾液sIgA濃度の変動を図3に示す。テスト前の唾液sIgA濃度は20.83±14.23 μg/ml，テスト後は18.67±16.54 μg/mlであった。テスト前後において唾液sIgA濃度に有意な差は認めらなかった（p=0.16）。

テスト前後におけるsIgA分泌速度の変動を図4に示す。テスト前のsIgA分泌速度は16.74±8.35 μg/min，テスト後は13.69±11.39 μg/minであった。テスト前後においてsIgA分泌速度に有意な差は認めらなかった（p=0.15）。

Ⅳ．考　　察

本研究では，ジュニア期のスポーツ選手を対象に運動負荷テストとしてマルチステージ20mシャトルラン・テストを行った。このテストは漸増負荷により最大酸素摂取量を推定するものであり，先行研究によってその妥当性が認められている[8-10]。村上らは携帯型呼気ガス分析装置を用いてこのテストにおける酸素摂取量の実測値を報告している[11]。これによると，このテストによる最

大酸素摂取量の推定値とテストのスピードについていけなくなった時点での実測値との間に高い相関（r＝0.91，p＜0.001）を認めている。

我々は，昨年度の本研究の報告書で，ラグビークラブの練習において唾液分泌速度，唾液sIgA濃度，およびsIgA分泌速度が練習前と比較して練習後に有意に低下することを報告した[5]。しかし，今年度の運動テストの結果では，唾液分泌速度，唾液sIgA濃度，およびsIgA分泌速度に有意な変化は認められなかった。成人を対象としてトレッドミルによる漸増負荷テストを行った研究では，sIgA濃度はテスト前と比較してテスト後に有意に低下している[12]。漸増運動負荷テストが免疫機能に与える影響は，ジュニア期のスポーツ選手と成人とで異なる可能性があると考えられる。ただし，今回の結果を対象者１人１人の値について検討してみると，１人の対象者（IY）の値が他の被験者に比べて特異な値を示している。対象者IYの値を除いて残りの結果を統計処理すると，唾液分泌速度（p＝0.47）には有意な差は認められなかったが，唾液sIgA濃度（p＝0.003）とsIgA分泌速度（p＝0.029）に有意な低下が認められた。対象者IYの測定値が他の対象者に比較して特異な値を示した理由は明らかではないが，他の対象者とは条件が異なっていた可能性も考えられる。ジュニア期のスポーツ活動による唾液sIgAの変動にはまだ不明な点があり，さらなる検討が必要であると考えられた。

文　献

1) Nieman D. C.: Exercise, upper respiratory infection, and the immune system., Med. Sci. Sports Exercise, 26: 128-139, 1994.
2) 秋本崇之, 香田泰子ら：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.
3) 秋本崇之, 赤間高雄ら：持久性ランニングによる口腔内局所免疫の変動. 体力科学, 47：53-62, 1998.
4) 秋本崇之, 赤間高雄ら：高強度トレーニングによる安静時唾液中分泌型IgAの変動. 体力科学, 47：245-252, 1998.
5) 赤間高雄, 秋本崇之ら：ジュニア期のスポーツ活動が口腔内局所免疫能の評価に関する研究. 平成９年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告. No.・ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究－第２報－. 61-68, 1998.
6) Leger, L. A. and Lambert, J.: A maximal multistage 20 m shuttle run tast to predict VO 2 max. Eur. J. Appl. Physiol, 49: 1-5, 1982.
7) 古川拓生, 奥脇透, 江田昌佑, 村上純, 河野一郎：マルチステージフィットネステストを用いたラグビー選手の全身持久力の評価. トレーニング科学, 9(１)：19-26, 1997
8) Mechelen, W. V. et al.: Validation of two running test as estimates of maximal aerobic power in children. Eur. J. Appl. Physiol, 55: 503-506, 1986.
9) Leger, L. et al.: Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO 2 max in adults. Can. J. Sports Sci. 14: 21-26, 1989.
10) Grant, S. et al.: A comparison of methods or predicting maximum oxygen uptake. Br. J. Sports Med. 29, 147-152, 1995.
11) 村上純, 岩本英明ら：ラグビー選手の持久力測定におけるマルチステージフィットネステストの妥当性に関する研究. 福岡大学体育研究 27：57-70, 1997.
12) Sharon, L. et al.: The effect of exhaustive exercise on salivary immunoglobulin A. J. Sports Med. Phys. Fitness 32: 412-415, 1992.

5. 運動とヘルパーTリンパ球サブセット（Th 1/Th 2）の関連についての研究：急性運動に伴うIFN-γ産生細胞の一過性の増加

報　告　者：杉原　茂孝[1)]　村田　光範[1)]
研究協力者：池崎　綾子[1)]　金　恵淑[1)]　菊岡　規子[1)]
本間　哲[1)]　比留間　潔[2)]

はじめに

適度の運動によりかぜをひきにくくなるが，過度の運動は感染防御能を低下させるといわれている。運動による免疫担当細胞（リンパ球）の変化については，これまで多くの研究者の関心を集め様々な報告がなされている[14,15]。近年，感染防御や自己免疫反応に関わるリンパ球の機能について，リンパ球サブセットの研究の進歩が著しい。ヘルパー機能を持つCD 4^+T細胞がサイトカインの分泌パターンによってTh 1，Th 2という2つの分画に分けられるようになり，それらサブセットと病気の発症や病態形成との関連について解析が進んでいる[5,6,13,16-18]。Th 1細胞はIL-2，IFN-γ，リンホトキシン（TNF-β）等を分泌し主に細胞性免疫（遅延型過敏反応，キラーT細胞の誘導等）の増強に関与する。一方，Th 2細胞はIL-4，IL-5，IL-6，IL-10等を分泌しIgEやIgG 1クラスの抗体産生を増強する。これまでにウイルス，細菌，寄生虫等の感染に対する防御反応において多くの場合，Th 1タイプのT細胞およびサイトカインが重要であることが明らかとなっている。

最近，リンパ球細胞内のサイトカインを染色しフローサイトメトリーによって解析する画期的な手法が開発されたことにより，動物モデルのみでなくヒトにおいても，種々の病態におけるTh 1/Th 2バランスの研究が進められるようになった[9,11,12]。

1）東京女子医科大学附属第二病院小児科　2）東京都立駒込病院輸血科

Th 1/Th 2バランスについては，遺伝素因，年齢，思春期の性ホルモン分泌，等様々な因子が関与することが考えられるが，運動という身体活動，それに伴う副腎皮質ホルモン，成長ホルモン，インスリン等のホルモン環境の変化によってもTh 1/Th 2バランスが変化することが予測される。

昨年度（平成9年度），我々はリンパ球細胞内サイトカイン染色法を用いて，急性運動負荷に伴う末梢血リンパ球のTh 1/Th 2バランスの変動について解析を試みた。その結果，急性運動負荷の影響については1例の検討のみであったが，興味深い結果を得ることができた。即ち，有酸素的運動の最大下強度の運動によって，運動1時間で末梢血中にIFN-γ産生細胞の著名な増加が認められた。この一過性のIFN-γ産生細胞の増加はCD 5陽性T細胞で明らかに認められ，また，CD 5陰性細胞でも認められた。一方，IL-4産生細胞については明らかな変動はみられなかった。

そこで今年度は，対象を増して急性運動後の一過性IFN-γ産生細胞増加について検討すると伴に，リンパ球細胞表面マーカーとして，新たにCD 3，CD 45 RA，CD 45 R 0，CD 16等についても検討を加えた。

方　法

1. 対象

生来健康な19歳の女性4名を対象とした（表1）。研究の主旨を説明し同意を得た。

2. 末梢血単核球（PBMC）の分離およびインビトロ刺激によるサイトカインの産生誘導[9,10]

被験者の肘静脈よりヘパリン加血を10-15 ml

表1　対象の特徴

対象	年齢	身長	体重	スポーツ歴				アレルギー歴
	(歳)	(cm)	(kg)	中学	高校	現在	その他	
1. SY	19	162.6	65	バレーボール	フェンシング	なし	3歳～水泳	なし
2. HS	19	155.6	61	バレーボール	バレーボール	なし	10歳～バスケットボール	アトピー性皮膚炎
3. KK	19	160.0	56	器械体操	器械体操	なし	3歳～水泳	なし
4. NH	19	163.0	56	水泳，駅伝	バスケットボール	水泳	4歳～水泳	アレルギー性鼻炎

採取し，比重遠心法（1500 rpm，30分間遠心）でPBMCを分離した。得られた細胞の一部はそのまま細胞表面マーカーを染色した。他は5 mlのcomplete medium（RPMI 1640 with 10% fetal calf serum, 2 mM L-glutamine, and 1 mM HEPES）に再浮遊させ小フラスコに入れた。Phorbol 12-Myristate 13-Acetate（PMA）（Sigma, USA）50 ng/ml, Calcium Ionophore A 23187（Sigma, USA）250 ng/mlおよび細胞内トランスポート阻害剤monensin（GolgiStop™ 3.4 μl/5 ml medium）を加え，37°C，5%CO_2で4時間培養を行なった。培養時間については昨年度検討済であり，IFN-γとIL-4の産生には4時間が至適と考えられた。

3．細胞表面マーカーと細胞内サイトカインの染色

細胞表面マーカーの染色には，FITCで標識された抗CD 4抗体（Leu 3 a），抗CD 8抗体（Leu 2 a）（Becton Dickinson, USA），およびFITC標識の抗CD 3抗体（UCHT 1），抗CD 45 RA抗体（H 100），抗CD 45 RO抗体（UCHL 1），抗CD 16抗体（3 G 8），（Pharmingen, USA）を用いた。各抗体を加え，4°Cで40分間遮光しincubateした。

細胞内サイトカインの染色は，Pharmingen社製Cytofix/Cytoperm Plus™ Cytostain™ kit（Cat No. 2076 KK）を用いて行なった[9,11]。Cytofix/Cytoperm™液（4% paraformaldehydeおよび0.1% saponinを含む）を100 μl/tube入れ，4°C，20分間incubateし，fixationおよびpermeabilizationの処理を行った。Perm/Wash buffer™（0.1% saponinを含む）0.5 mlで洗浄2回行なった後，Perm/Wash buffer™ 50 μl/tubeで再浮遊し，抗サイトカイン抗体を加えた。PE標識抗ヒトIFN-γ抗体（4 S．B 3）および抗ヒトIL-4抗体（MP 4-25 D 2）（Pharmingen, USA）を用い，コントロールとしてはPE標識抗マウスIgG 1抗体（MOPC-21）（Pharmingen, USA）を用いた。各抗体を加え，4°C，30分間incubateした。Staining Bufferに再浮遊して保存し，FACScanで解析した。Forward ScatterとSide Scatterによってリンパ球分画にgateをかけ10000個細胞を解析した。

4．急性運動負荷

検査開始前24時間は激しい運動を禁止し，検査開始前10時間は水以外の飲食を禁止した。検査は午前8時より開始した。検査室の室温は20°C前後であった。自転車エルゴメータSTB 1200（日本光電）を使用し，20～40 Wで3分間のウオームアップを行った後，70 Wでペダリングを開始し，60分間施行させその影響を検討した。回転数は毎分60回を維持するように指導し，心拍数が（165－年齢）前後，自覚的な運動強度がBorg's category scaleで12～13（ややきつい）となるように，各被検者毎に，負荷量を70～110 Wに適宜増減しながら60分間ペダリングを行わせた。心拍数およびBorg's category scaleによって調節されたこの運動は有酸素的運動の最大下強度の負荷として妥当であると考えられた[8,19,20]。

運動負荷前（8：00 AM），運動開始後1時間（9：00 AM）および終了後2時間30分（11：30 AM）に肘静脈より採血を行ない，血算，末血像，血中コルチゾール，成長ホルモン（GH），インスリン（IRI）値を測定した。また，ヘパリン血10 mlを採取し，上記のようにインビトロ刺激

後細胞内サイトカインの染色を行なった。

結　　果

表1に示すように被検者は，いずれも中学校，高等学校においてスポーツを行っていた健康な女性である。4例中2例は軽度のアトピー性皮膚炎あるいはアレルギー性鼻炎をもっていた。

運動負荷前後に末梢血中の顆粒球数とリンパ球数に明らかな変動が認められた（表2）。顆粒球数は4例中3例で運動開始後1時間の時点で著明に増加し，2例では終了後2時間30分でさらに増加した。リンパ球は4例中3例で運動開始後1

表2　運動負荷前後の末梢血顆粒球数，リンパ球数，およびサブセットの変化

対象	採血時間	顆粒球数	リンパ球数	サブセット(%)						
		(/μl)	(/μl)	CD 3	CD 4	CD 8	CD4/8	CD45RA	CD45RO	CD16
1. SY	前(8:00AM)	2815	1851	71.0	42.0	28.6	1.5	74.2	19.1	16.1
	負荷終了直後(9:00AM)	3878	2583	61.9	34.5	29.8	1.2	76.0	18.7	30.3
	終了後 2.5時間(11:30AM)	5912	1886	75.4	45.8	29.9	1.5	71.4	22.3	11.8
2. HS	前(8:00AM)	4672	2117	68.5	54.5	11.7	4.7	72.2	20.3	12.7
	負荷終了直後(9:00AM)	5712	3723	56.1	44.8	16.7	2.7	76.5	20.7	26.5
	終了後 2.5時間(11:30AM)	7068	3534	68.3	53.1	12.3	4.3	68.3	22.0	9.2
3. KK	前(8:00AM)	3976	1232	61.8	28.3	24.2	1.2	59.0	30.0	26.1
	負荷終了直後(9:00AM)	4096	1792	57.7	29.1	23.3	1.2	59.8	29.4	33.7
	終了後 2.5時間(11:30AM)	4148	1647	71.8	38.2	25.7	1.5	51.4	42.9	13.4
4. NH	前(8:00AM)	3648	1792	75.2	45.9	24.3	1.9	68.2	18.9	14.6
	負荷終了直後(9:00AM)	4672	1752	67.0	39.1	27.0	1.4	70.0	19.4	21.6
	終了後 2.5時間(11:30AM)	3660	1769	75.8	47.1	25.6	1.8	65.9	24.8	6.7

被験者の肘静脈よりヘパリン加血を10-15ml採取し，比重遠心法(1500rpm，30分間遠心)でPBMCを分離した。
得られた細胞について，インビトロ刺激せずそのまま細胞表面マーカーを染色した。

表3　運動負荷前後の末梢血リンパ球数のインビトロ刺激後細胞質内サイトカインおよびリンパ球表面抗原の染色

対象	採血	% Positive Cells					
		IFN-γ	IL-4	CD3	CD8	CD45RA	CD45RO
1. SY	前(8:00AM)	8.6	1.7	91.8	28.6	79.3	8.5
	負荷終了直後(9:00AM)	41.5	2.2	67.3	26.0	73.3	16.0
	終了後 2.5時間(11:30AM)	21.2	2.5	80.6	28.2	70.0	16.2
2. HS	前(8:00AM)	16.0	1.6	78.9	14.8	70.9	19.1
	負荷終了直後(9:00AM)	35.0	1.2	61.0	17.8	72.2	16.8
	終了後 2.5時間(11:30AM)	27.2	1.8	76.8	18.1	68.1	23.0
3. KK	前(8:00AM)	51.0	3.6	71.2	25.2	58.7	28.5
	負荷終了直後(9:00AM)	53.5	3.2	68.1	23.2	60.2	29.6
	終了後 2.5時間(11:30AM)	40.2	2.7	79.3	26.4	51.8	39.5
4. NH	前(8:00AM)	23.8	2.1	80.1	22.4	71.5	20.0
	負荷終了直後(9:00AM)	38.1	2.9	72.6	25.1	71.4	22.1
	終了後 2.5時間(11:30AM)	22.8	1.8	79.8	25.8	69.1	22.4

被験者の肘静脈よりヘパリン加血を10-15ml採取し，比重遠心法(1500rpm，30分間遠心)でPBM
を分離した。得られた細胞の一部を5mlのcomplete medium に再浮遊させ小フラスコに入れ，Pho
12-Myristate 13-Acetate (PMA)，Calcium Ionophore A23187 および細胞内トランスポート阻害
monensinを加え，37℃，5% CO2 で4時間培養を行なった後，細胞表面マーカーと細胞質内サイト
ンの染色を行った。
インビトロ刺激および染色の方法の詳細については本文中方法の項を参照のこと。

時間の時点で著明に増加し，終了後2時間30分ではやや減少した。興味深いことに負荷1時間の時点で著明に増加したのは，CD 3陽性のT細胞の中では主にCD 8細胞であり，CD 4細胞の比率は減少しCD 4/8比は一過性の減少を示した。また，CD 16陽性細胞（NK細胞）の一過性の増加も認められた。また，今回いわゆるナイーブ細胞のマーカーであるCD 45 RAとメモリー細胞のマーカーといわれるCD 45 ROについても検討を加えたが，運動の前後でCD 45 RA細胞およびCD 45 RO細胞の比率には著名な変化はみられなかった（表2）。

次に，インビトロ刺激後のリンパ球分画とサイトカイン産生細胞の比率の変動をみると，表3に示すように4例中3例でIFN-γ産生細胞の比率が著名にに増加した。一方，IL-4産生細胞は4%以下とごく少数であり著明な変動は認められなかった。PMAとCalcium Ionophore A 23187による4時間のインビトロ刺激によってIFN-γとIL-4が産生されるが，表面マーカーであるCD 4とCD 16は細胞表面から消失することが確認された。このようなCD 4の変化は既に報告されよく知られており，このシステムではCD 4あるいはCD 16とサイトカインの二重染色による解析は行なうことができない。他の細胞表面マーカー（CD 3，CD 8，CD 45 RA，CD 45 RO）についてはPMAとCalcium Ionophore A 23187による刺激後特別な変化はないことが確認された。

図1，2，3，4に二重染色によって明らかとなったCD 3，CD 8，CD 45 RA，CD 45 RO各細胞分画中のIFN-γ産生細胞の変動を示す。3例あるいは4例全例において運動負荷1時間の時点で，CD 3，CD 8，CD 45 RA，CD 45 ROのいずれの分画においてもIFN-γ産生細胞の比率が増加した。中でもCD 8細胞とCD 45 RA陽性細胞とに

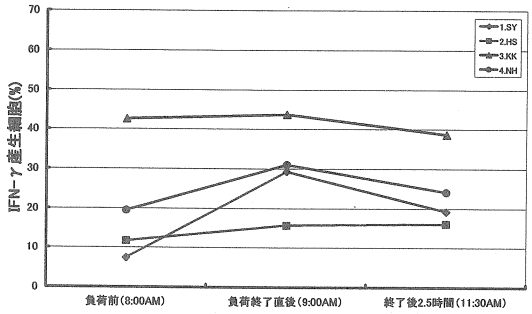


図1　運動負荷前後における末梢血リンパ球インビトロ刺激後のCD 3陽性細胞中に占めるIFN-γ産生細胞比率の変化

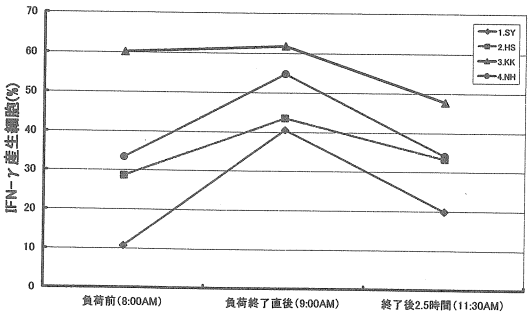


図2　運動負荷前後における末梢血リンパ球インビトロ刺激後のCD 8陽性細胞中に占めるIFN-γ産生細胞比率の変化

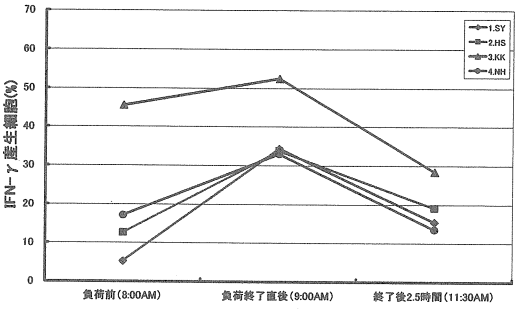


図3　運動負荷前後における末梢血リンパ球インビトロ刺激後のCD 45 RA陽性細胞中に占めるIFN-γ産生細胞比率の変化

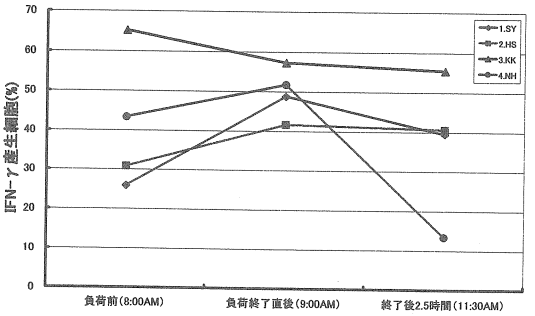


図4　運動負荷前後における末梢血リンパ球インビトロ刺激後のCD 45 RO陽性細胞中に占めるIFN-γ産生細胞比率の変化

表4　運動負荷前後の末梢血球リンパ数のインビトロ刺激後細胞質内IL-4産生細胞比率の変動

対象	採血	% Positive IL-4-Producing Cells /CD3$^+$	/CD8$^+$	/CD45RA$^+$	/CD45RO$^+$
1. SY	前(8:00AM)	2.2	0.9	0.2	9.3
	負荷終了直後(9:00AM)	2.3	0.5	0.3	8.9
	終了後 2.5時間(11:30AM)	4.3	1.3	0.3	11.5
2. HS	前(8:00AM)	2.0	0.3	0.2	6.8
	負荷終了直後(9:00AM)	1.8	0.2	0.2	4.8
	終了後 2.5時間(11:30AM)	1.7	0.3	0.2	6.5
3. KK	前(8:00AM)	4.1	2.5	1.4	8.5
	負荷終了直後(9:00AM)	3.9	3.8	1.5	6.8
	終了後 2.5時間(11:30AM)	3.5	0.7	1.9	7.9
4. NH	前(8:00AM)	2.5	1.2	0.8	8.4
	負荷終了直後(9:00AM)	4.6	2.8	1.9	7.1
	終了後 2.5時間(11:30AM)	1.9	1.1	0.2	6.1

インビトロ刺激および染色の方法の詳細については本文中方法の項を参照のこと。

おいて増加率が大きいという結果であった。表4に二重染色によって明らかとなったCD 3, CD 8, CD 45 RA, CD 45 RO各細胞分画中のIL-4産生細胞の変動を示す。運動1時間後にCD 45 RO細胞に占めるIL-4産生細胞の比率がわずかに減少する傾向が認められたが，有意な変動とは考えられなかった。

図5,6に対象1. SYの二重染色の結果を示す。図5で明らかなようにIFN-γ産生細胞の一過性の増加はCD 3陽性細胞と同様にCD 3陰性細胞でも著明に認められた。ただしIL-4の産生はCD 3陽性細胞にのみみられた。インビトロ刺激後にCD 16はCD 4と同様に細胞表面から消失してしまうためIFN-γとの二重染色による解析は行えなかった。

図6に示すように，CD 45 RA細胞のIFN-γ産生量はCD 45 RA陰性細胞（CD 45 RO細胞）に比し明らかに少なかった。つまりCD 45 RA細胞とCD 45 RO細胞とでIFN-γ産生能に差があることが示唆された。また，IL-4産生はCD 45 RO細胞には明らかに検出されたが，CD 45 RA細胞にはほとんど認められなかった（図6，表4)。

考　　察

これまでに，細胞内サイトカインを検出するために様々な方法が検討されている[9,11,12]。今回我々は，PMAとCalcium Ionophore A 23187を用いてリンパ球の刺激を行なった。この方法によってIFN-γの細胞内産生が明らかに検出できた。IL-4については，産生細胞の頻度は少なかったもののフローサイトメトリーでその存在が確認された。既に指摘されているようにインビトロ刺激後CD 4抗原は染色されなかった[1]ので，CD 4 T細胞についての直接的な解析はできなかったが，T細胞のマーカーであるCD 3，CD 8，またナイーブやメモリーといった機能とも関連するといわれているCD 45 RAおよびCD 45 ROを用いて二重染色を行い，サイトカインの産生とリンパ球サブセットの解析を行なった。

運動強度としては，有酸素的運動の最大下強度になるように設定したが，運動1時間で末梢血中に顆粒球数とリンパ球数の増加がみられた。著明に増加したのは，CD 3陽性のT細胞の中では主にCD 8細胞であり，CD 4細胞の比率は減少しCD 4/8比は一過性の減少を示した。また，CD 16陽性細胞（NK細胞）の一過性の増加も認められた。これらの変化は既にShinkaiらによって報告されている現象と同様のものであった[4,14,15]。

さらに今回，急性運動負荷の影響については運動1時間で末梢血中にIFN-γ産生細胞が著名に

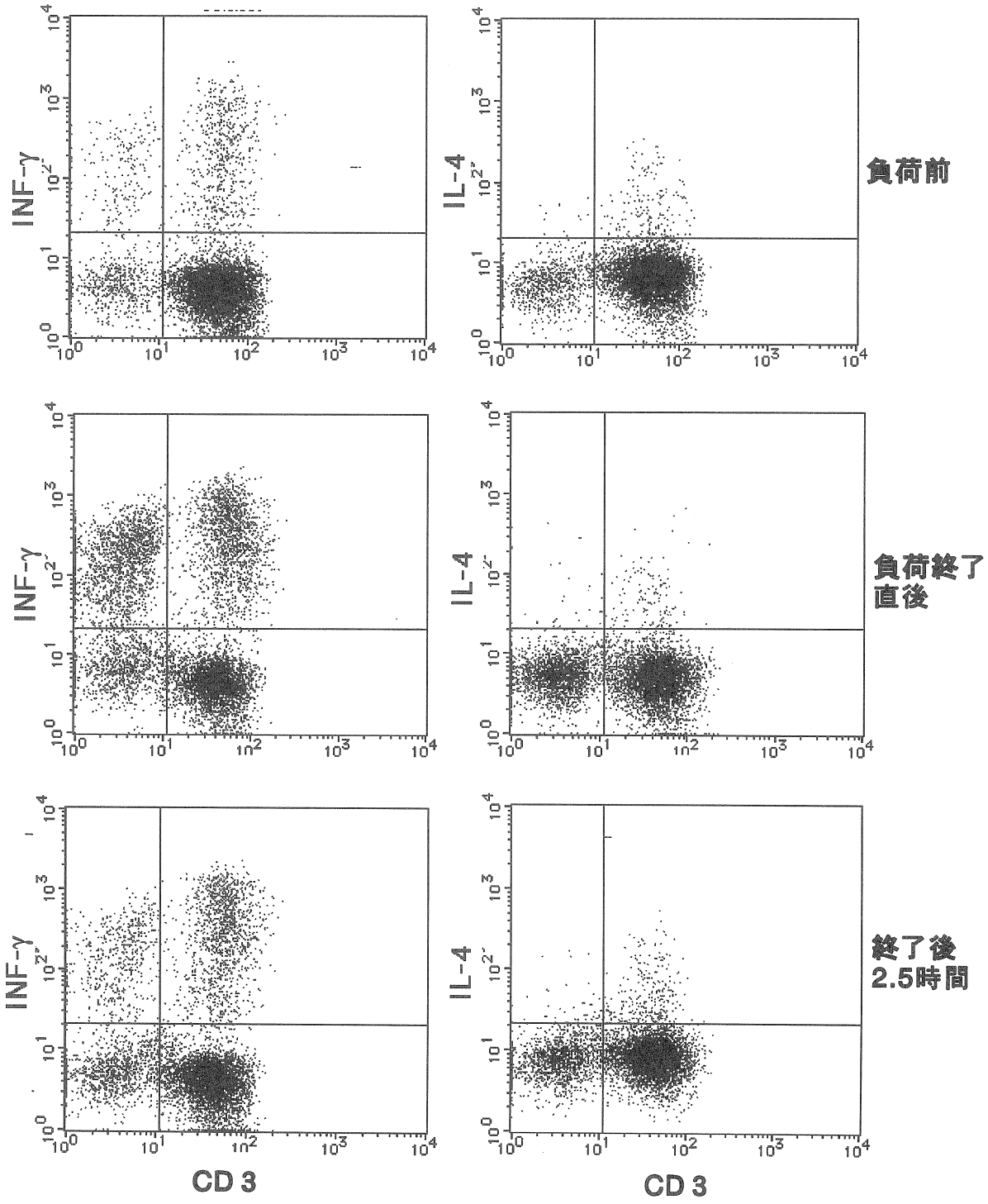


図5　運動負荷前後における末梢血リンパ球インビトロ刺激後の細胞表面CD３と細胞質内サイトカインの二重染色（対象1.SY）

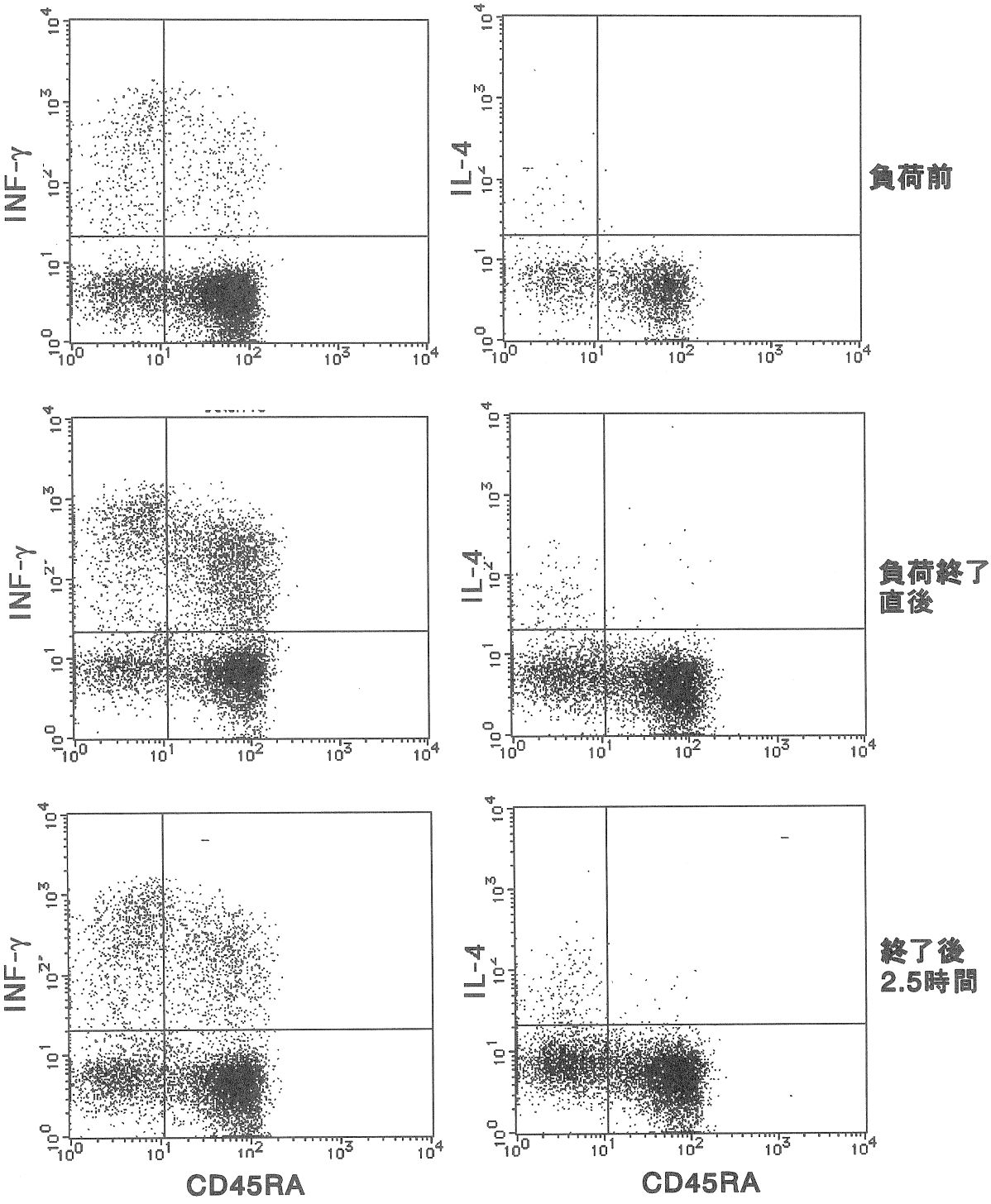


図 6　運動負荷前後における末梢血リンパ球インビトロ刺激後の細胞表面 CD 45 RA と細胞質内サイトカインの二重染色（対象 1.SY）

増加するという興味深い結果を得ることができた(表3)。この一過性のIFN-γ産生細胞の増加はCD3陽性T細胞で明らかに認められ，CD8細胞の方がCD4細胞よりも顕著と考えられた。また，CD3陰性細胞でも認められているが，これは運動後にCD16（NK）細胞が一過性に増加するという結果と考え合わせると，CD3陰性IFN-γ産生細胞はNK細胞であろうと考えられる。一方，IL-4産生細胞については明らかな変動はみられなかった。

T細胞は，CD45分子のアイソフォーム(CD45RA, CD45RO）によって機能的に異なる分画に分けられる[2,3,10]。CD45RO陽性T細胞はメモリーT細胞と呼ばれる。これらはIgM，IgG，IgAの産生にヘルパー機能をもち，IFN-γやIL-4を始め様々なサイトカインを分泌し，recall抗原に反応する。これとは対照的にCD45RA陽性T細胞は，抗体産生のヘルパー機能は弱く，recall抗原に対する反応も弱くナイーブT細胞と呼ばれる。CD45RA陽性T細胞をインビトロで刺激すると，1-2週後CD45RO陽性となることが報告されている。しかし，最近アトピー性皮膚炎や気管支喘息等のアトピー性疾患患者では，抗原刺激後にCD45RAからCD45ROへの表面分子の変化が起こらず，CD45RA陽性のメモリーT細胞も存在するという報告がある[7]。今回の4例の被検者中2例は軽度のアトピー性疾患を持っていたが，この2例でCD45RA陽性のIL-4産生細胞の増加は特に認められなかった。ただし，急性運動後に一過性に増加するCD45RA陽性細胞中のIFN-γ産生細胞の特徴については，今後さらなる検討が必要である。

Kurokawaらは，急性運動後にメモリータイプのCD62L陰性，CD11a^{high}，CD8陽性T細胞が末梢血中に著明に増加することを報告している[4]。L-selectin（CD62L）やLFA-1（CD11a）等の接着分子の表出量や接着能の違いが運動後末梢血中に動因されるリンパ球に影響するという興味深いものである。我々の検討では，急性運動後にCD45RAT細胞およびCD45ROT細胞の比率いついては著明な変化がみられなかった。しかし，絶対数としてはCD45RA，CD45ROのいずれも増加するという結果であった。CD4やCD8とCD45との二重染色による詳細な解析が必要と思われる。

被検者の個体差についても考慮する必要がある。Shinkaiらは，急性運動負荷後の血中コルゾール値によってコルゾール分泌群と非分泌群に分けられること，さらにコルゾール分泌群では運動終了後に末梢血中のTリンパ球，特にCD4細胞が減少することを報告している[15]。今回我々の検討した4例は，いずれもコルゾール非分泌群に属すると考えられた（表5)。今後，コルゾール分泌群に属するものについても検討が必要であろ

表5　運動負荷前後の血中ホルモン値の変化

対象	採血時間	Cortisol (μg/dl)	GH (ng/ml)	Insulin (μU/ml)
1.SY	負荷前(8:00AM)	12.7	7.08	4.3
	負荷終了直後(9:00AM)	9.3	13	2.5>
	終了後2.5時間(11:30AM)	9.5	0.23	2.9
2.HS	負荷前(8:00AM)	10.3	24.1	11
	負荷終了直後(9:00AM)	9.3	13.3	6
	終了後2.5時間(11:30AM)	7.1	5.99	3.2
3.KK	負荷前(8:00AM)	13.4	0.64	8.2
	負荷終了直後(9:00AM)	8.2	7.44	2.5>
	終了後2.5時間(11:30AM)	4.5	0.21	3.2
4.NH	負荷前(8:00AM)	14.8	10.9	7.2
	負荷終了直後(9:00AM)	7.8	4.11	6.4
	終了後2.5時間(11:30AM)	8	10.4	4.5

う。

IFN-γはTh1細胞の主要なサイトカインであり，主に細胞性免疫（遅延型過敏反応，キラーT細胞の誘導等）の増強に関与する。一方，IL-4はTh2細胞の産生する主要なサイトカインの1つであり，IgEやIgG1クラスの抗体産生を増強する。CD4$^+$ T細胞は両方のサイトカイン分泌が混在するTh0の段階からTh1とTh2に分化する。この際，Th1-Th2 cross-regulationとして知られるように，IFNγやIL-12はTh1への分化を促進し，Th2への分化を抑制する。逆にIL-4やIL-10はTh2への分化を促進し，Th1への分化を抑制する。つまりそれぞれのタイプのサイトカインによってCD4$^+$T細胞の機能分化に偏位が起こりうる[5,6,13]。このようにIFN-γは感染防御のみならず，様々な免疫応答においてkey roleを担うサイトカインである。

昨年度に引き続く検討によって，急性運動後に末梢血リンパ球数が増加し，さらにその中でIFN-γ産生細胞の比率が一過性に著明に増加することが明らかとなった。このようなIFN-γ産生細胞の一過性の増加は，みかたを変えるとIFN-γを産生しうるT細胞やNK細胞の体内における再分布redistributionを意味すると考えられる。運動によりIFN-γ産生細胞がどこから末梢血中に動因され，安静後どこへ行くのか（ホーミングするのか）は不明である。IFN-γ産生細胞の体内の再分布が，感染防御に関連があるのか，生理的にどのような意義を持つのか等，現在のところ不明である。特に今回著明な変動を示したIFN-γ産生能をもつCD45RA細胞については，どのような機能的特徴をもつ細胞分画であるのか非常に興味深い。今後の解析が期待される。

文　献

1) Andersson, S., Coleclough, C.: Regulation of CD4 and CD8 expression on mouse T cells. J. Immunol., 151: 5123-5134, 1993.
2) Ehlers, S., Smith, K. A.: differentiation of T cell lymphokine gene expression: the in vivo acquisition of T cell memory. J. Exp. Med., 173: 25-36, 1991.
3) Kristensson, K. M., Dohlsten, H., et al.: Phenotypic and functional differentiation of CD4+CD45RA human T cells following polyclonal activation. Scand. J. Immunol., 32: 3243-3253, 1990.
4) Kurokawa, Y., Shinkai, S., et al.: Exercise-induced changes in the expression of surface adhesion molecules on circulating granulocytes and lymphocytes subpopulations. Eur. J. Appl. Physiol., 71: 245-252, 1995.
5) Liblau, R. S., Singer, S. M., et al.: Th1 and Th2 CD4+T cells in the pathogenesis of organ-specific autoimmune diseases. Immunology Today, 16: 34-38, 1995.
6) Mosman, T. R., Coffman, R. L.: Th1 and Th2 cells: different patterns of lymphokine secretion lead to different functional properties. Annu. Rev. Immunol., 7: 145-173, 1989.
7) Nasert, S., Burtchen, N., et al.: Stimulation of IgE and IgA production by CD45RA T helper cells in atopic patients. J. Immunol., 157: 441-448, 1996.
8) 岡本登：運動負荷試験の基礎. 水野康, 福田市蔵編, 循環器負荷試験法—理論と実際, 診断と治療社, 東京, p 84-149, 1991.
9) Prussin, C., Metcalfe, D.: Detection of intracytoplasmic cytokine using flow cytometry and directly conjugated anti-cytokine antibodies. J. Immunol. Meth., 188: 117-128, 1995.
10) Salmon, M., Kitas, G. D., et al.: Production of lymphokine mRNA by CD45R$^+$ and CD45R$^-$ helper T cells from human peripheral blood and human CD4+T cell clones. J. Immunol., 143: 3907-3912, 1989.
11) Sander, B., Andersson, J., et al.: Assessment of cytokines by immunofluorescence and the paraformaldehyde-saponin procedure. Immunol. Rev., 119: 65-93, 1991.
12) Schauer, U., Jung, T., et al.: Measurement of intracellular cytokines. Immunology Today, 17: 305-306, 1996.
13) Seder, R. A., Paul, W. E.: Acquisition of lymphokine-producing phenotype by CD4$^+$

T cells. Annu. Rev. Immunol., 12 : 635-673, 1994.
14) Shinkai, S., Konishi, M., et al. : Aging, Exercise, Training, and Immune System. Exercise Immunology Review, 3 : 68-95, 1997.
15) Shinkai, S., Watanabe, S., et al. : Cortisol response to exercise and post-exercise suppression of blood lymphocyte subset counts. Int. J. Sports. Med., 17 : 596-603, 1996.
16) 杉原茂孝：14 章, 自己免疫と自己免疫疾患. 藤原大美編著, T 細胞系の免疫学, 中外医学社, 東京, p 490-528, 1997.
17) Sugihara, S., Fujiwara, H., et al. : Autoimmune thyroiditis induced in mice depleted of particular T cell subsets : Characterization of thyroiditis-inducing T cell lines and clones derived from thyroid lesions. J. Immunol., 150 : 683-694, 1993.
18) Sugihara, S., Fujiwara, H., et al. : Self-thyroid epithelial cell (TEC) -reactive CD 8^+T cell lines/clones derived from autoimmune thyroiditis lesions : They recognize self-thyroid antigens directly on TEC to exhibit T helper cell 1-type lymphokine production and cytotoxicity against TEC. J. Immunol., 155 : 1619-1628, 1995.
19) 田村真一, 川内基裕, たち：一般健康人の AT の標準値および身体活動レベルの差が AT に及ぼす影響　体育の科学, 39：371-375, 1989.
20) 上嶋健治, 斉藤宗靖, たち：運動時自覚症状の半定量的評価法. 心臓 22 (Suppl. 1) : 23-25, 1990.

6. 大学剣道部員における寒稽古期の上気道感染症の罹患頻度
—寒稽古直前のコンディションからの検討—

報 告 者 和久 貴洋[1)]
研究協力者 小沢 聡[2)] 齋藤 実[3)] 竹下 里恵[4)] 相馬 卓[4)]

Ⅰ. はじめに

これまで，競技スポーツにおいては，筋力や持久力などの行動体力に比べて，防衛体力に関心が寄せられることは少なかった。しかし近年，Douglasらは[2)]，大学運動選手の9週間のトレーニング期間における上気道症状の発生頻度を一般学生と比較し，大学運動選手の方が有意に高い頻度で上気道症状を訴えたことを報告した。また，このほかにも，疲労困憊に至るような高強度の運動後に免疫機能が低下することを示した研究や，マラソンや激しいトレーニングにより上気道感染症の頻度が高まるという報告など[3,4,5,6,7,8)]，スポーツと防衛体力に関する研究が進むにつれて，防衛体力が競技スポーツ選手の競技力向上やコンディショニングに重要な役割を有していることが認識されるようになった。

競技スポーツにおいては過酷な環境下でトレーニングを強いられることがしばしばある。剣道や柔道などの武道種目では，1年の中で最も寒い季節の早朝に激しい稽古を行なう寒稽古が伝統的となっている。寒稽古は精神面および行動体力面の強化をねらいとしたものであるが，健康管理面に関する検討は少ない[1,9,10)]。そこで我々は，昨年度，大学剣道選手を対象に寒稽古が行われる時期における上気道感染症症状の罹患頻度の調査を行なった[16)]。その結果，寒稽古が行われる時期において，大学剣道部部員は上気道感染症の高い罹患率を示すことが明らかとなった[16)]。寒冷という過酷な条件下でのスポーツ活動が防衛体力を低下させることが示唆され，このような環境下でのスポーツ活動やトレーニングでは適切な計画と栄養や休養，保温などの健康管理対策が重要であることが示された。

本研究では，寒稽古が行われる時期における大学剣道部員の上気道感染症の罹患率について，寒稽古直前のコンディション（特に寒稽古直前における上気道感染症の自覚症状の有無）との関連を検討した。

Ⅱ. 方法

1. 対象

本研究では，大学剣道部員19名を対象とした。対象は，通常，大学剣道部において週に6日間稽古を行なっている体育学生である。19名の対象が感染症症状の調査に参加したが，有効データが得られたのは12名であった。このうち6名は，寒稽古直前において，自覚的にかぜをひいていないと回答し，さらに上気道感染症の自覚症状はまったく認められなかった。他の6名については，寒稽古直前に自覚的にかぜをひいていると回答し，少なくとも3つ以上の自覚症状が認められた。

2. 寒稽古

本研究において，剣道部員は，1999年1月18日～27日の10日間にわたり寒稽古を行った。

寒稽古における練習時間帯は，午前5時～7時であり，練習内容は約10分間のランニングの後，正面打撃の後に連続左右面を繰り返す「切り返し」が20～30分間，元立ちに対して仕掛け技を休みなく全力で打ちかかる「掛かり稽古」が30～40分間，攻め合いやかけひきを通じお互いに技を競い合う「互格稽古」（実践練習）が約30

1）東京大学生命環境科学系 2）筑波大学体育研究科
3）茨城県立医療大学 4）筑波大学体育専門学群

分間であった。

ただし，本研究における寒稽古では，対象大学剣道部の事情により，寒稽古7日目の稽古は行なわれなかった。

3. 感染症症状の調査

(1) 調査期間

本研究では1999年1月17日～1999年2月5日の20日間にわたり，感染症症状の有無とトレーニング時間（スポーツ活動）に関する調査を行った。19名の対象のうち，12名の部員より有効データが得られた。観察のべ日数は240日であった。

(2) 調査項目と方法

本研究では，質問紙法を用いて調査期間中のトレーニング時間（スポーツ活動時間）と上気道感染症時によく観察される自覚症状の有無について調査を行った。調査方法は，調査項目が記載された調査用紙を対象に配布し，対象個々にトレーニング時間（スポーツ活動の時間）と上気道感染症症状の有無を記録させた。

調査項目は，起床・就寝時間，トレーニング時間（スポーツ活動時間）および感染症症状の有無である。感染症症状としては，のどの痛み，鼻水・鼻づまり，咳・唸，吐き気・嘔吐，腹痛・下痢，腹部のはり・もたれ，発熱，頭痛，疲労感・倦怠感を記録させた。

(3) 分析パラメータ

調査記録から，次のような感染症に関連するパラメータを抽出した。

①有症状日数

全観察期間における各症状毎の有症状日数(日)を求めた。

②症状の出現頻度

連続した症状（2日以上の間隔がない；間隔が1日の場合は連続とみなす）を1回の事象として，全観察期間における各症状毎の症状出現頻度(回)を求めた。

③症状の持続日数

各症状毎に連続して出現した日数を求め，それらより各症状の平均持続日数(日)を算出した。

4. 統計処理

寒稽古直前に上気道感染症の自覚的な症状が認められなかった部員と症状の認められた部員において，感染症に関する分析パラメータを比較した。統計処理にはunpaired t-testを用いた。有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

本研究における大学剣道部員の上気道感染症の有症状日数，症状の出現頻度，および症状の平均持続日数を表1に示した。本研究においては，特にのどの痛み，鼻水・鼻づまり，せき・たん，および疲労・倦怠感が高率で認められた。これに対して，吐き気・嘔吐，腹痛・下痢，お腹のはり・もたれ，などの症状は少なかった。

次に，寒稽古直前に上気道感染症の自覚的症状が認められた部員と症状の認められなかった部員において，各症状の有症状日数，症状の出現頻

表1　寒稽古期における大学剣道部員の上気道感染症の罹患状況

	有症状日数（日）	症状出現頻度（回）	持続日数（日）
のどの痛み	5.8±6.1	1.2±0.9	4.8±5.7
鼻水・鼻づまり	10.3±6.5	1.7±1.0	6.4±5.8
せき・たん	9.9±8.3	1.1±0.7	8.2±7.5
吐き気・嘔吐	0.1±0.3	0.1±0.3	0.1±0.3
腹痛・下痢	1.2±1.7	0.9±1.2	0.7±0.7
お腹のはり・もたれ	0.1±0.3	0.1±0.3	0.1±0.3
発熱	2.3±5.9	0.3±0.5	2.3±5.9
頭痛	2.0±4.0	0.3±0.7	1.8±2.3
疲労・倦怠感	8.0±5.2	1.3±0.5	4.7±4.1

値は平均値±標準偏差。

度，および症状の平均持続日数を比較した。図1および表2は，各グループにおける有症状日数を示している。図1および表2に示されるように，寒稽古直前に症状の認められた部員において，ほとんどの症状の有症状日数は，寒稽古直前に症状の認められなかった部員よりも高値を示し（のどの痛み：症状あり；8.7±7.3日，症状なし；3.0±3.0日，鼻水・鼻づまり：症状あり；12.5±7.9日，症状なし；8.2±4.3日，せき・たん：症状あり；13.2±9.0日，症状なし；6.7±6.7日，疲労・倦怠感：症状あり；11.7±2.3日，症状なし；4.3±4.6日），寒稽古直前に自覚症状のある部員は寒稽古期において症状の認められる日数が多い傾向が示された。しかし，これらに統計学的な有意な差は認められなかった。

表2　寒稽古直前におけるかぜ症状が認められた部員と認められなかった部員における有症状日数の比較

	症状なし	症状あり
吐き気・嘔吐	0±0	0.2±0.4
腹痛・下痢	0.7±1.2	1.7±2.1
お腹のはり・もたれ	0.2±0.4	0±0
発熱	0.2±0.4	4.5±8.1
頭痛	0±0	4.0±5.8

値は平均値±標準偏差。

表3は，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員と認められなかった部員における各症状の出現頻度を示したものである。表3に示されるように，各症状の出現頻度には両グループ間に一定の傾向は認められなかった。これらの出現頻度には両グループ間で統計学的な有意な差は認められなかった。

寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認めら

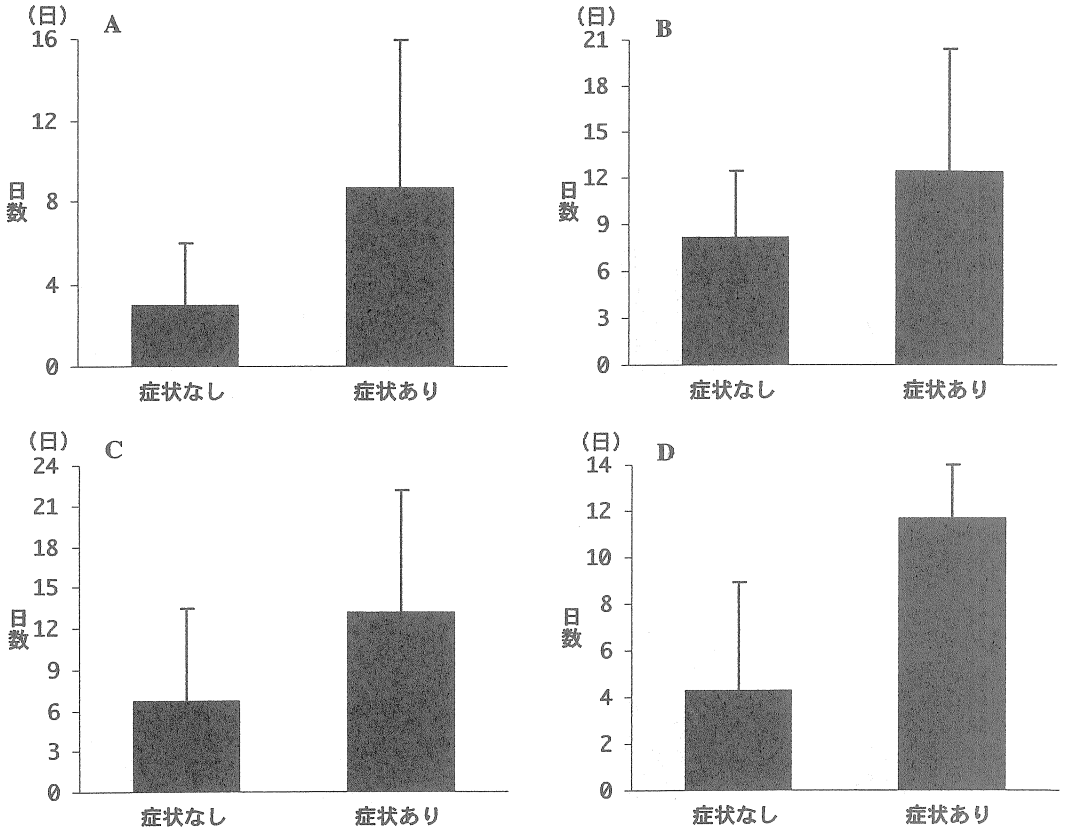


図1　寒稽古直前にかぜ症状が認められた部員と認められなかった部員における有症状日数の比較
A：のどの痛み，B：鼻水・鼻づまり，C：せき・たん，D：疲労・倦怠感。値は平均値±標準偏差

れた部員と認められなかった部員において，各症状の平均持続日数を比較した結果を図2および表4に示した。寒稽古直前に症状の認められた部員における各症状の平均持続日数は，寒稽古直前に症状の認められなかった部員よりも高値を示し（のどの痛み：症状あり；6.3±7.0日，症状なし；2.8±2.7日，鼻水・鼻づまり：症状あり；8.2±7.4日，症状なし；4.7±3.5日，せき・たん：症状あり；9.6±9.2日，症状なし；6.8±5.6日，疲労・倦怠感：症状あり；5.6±4.0日，症状なし；2.8±3.8日），寒稽古直前に症状のある

表2　寒稽古直前にかぜ症状が認められた部員と認められなかった部員における有状の出現頻度の比較

	症状なし	症状あり
のどの痛み	0.8±0.8	1.5±1.0
鼻水・鼻づまり	1.8±1.2	1.5±0.8
せき・たん	1.0±0.6	1.2±0.8
吐き気・嘔吐	0±0	0.2±0.4
腹痛・下痢	0.7±1.2	1.2±1.3
お腹のはり・もたれ	0.2±0.4	0±0
発熱	0.2±0.4	0.3±0.5
頭痛	0±0	0.7±0.8
疲労	0.7±0.5	2.0±0.6

値は平均値±標準偏差.

表4　寒稽古直前にかぜ症状が認められた部員と認められなかった部員における症状の持続日数の比較

	症状なし	症状あり
吐き気・嘔吐	0±0	0.2±0.4
腹痛・下痢	0.2±0.4	1.0±0.7
お腹のはり・もたれ	0.2±0.4	0±0
発熱	0.2±0.4	4.5±8.1
頭痛	0±0	3.4±4.6

値は平均値±標準偏差.

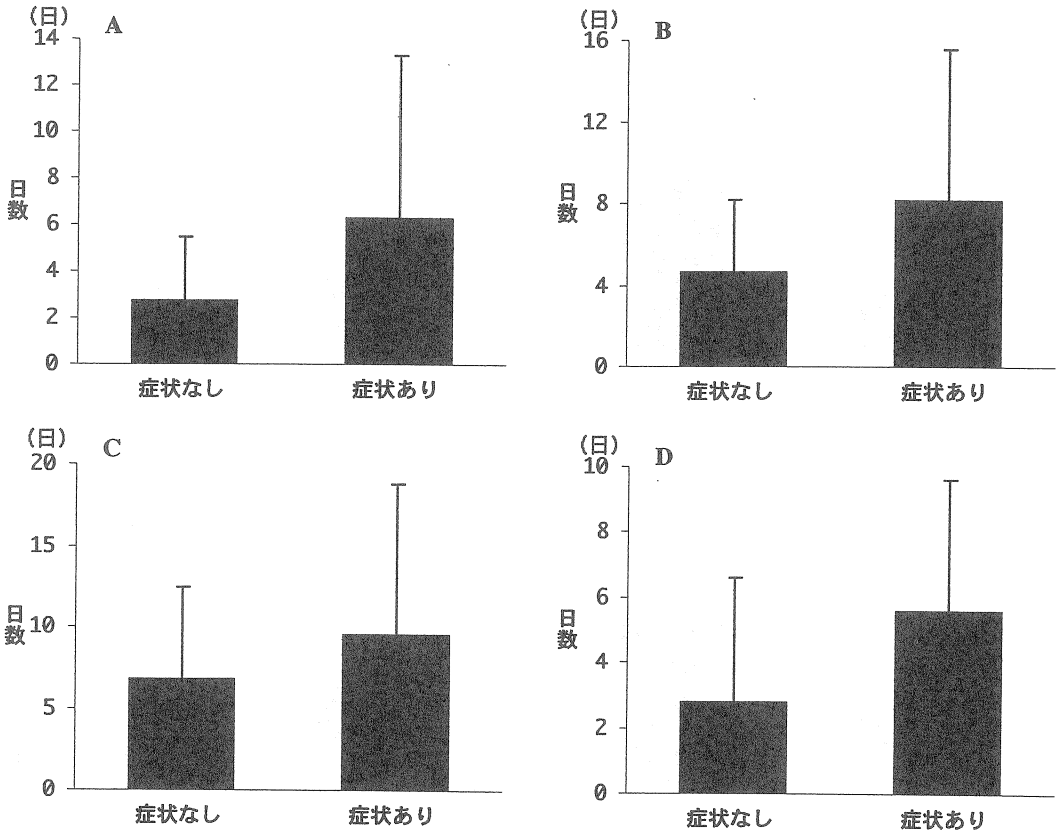


図2　寒稽古直前にかぜ症状が認められた部員と認められなかった部員における症状の持続日数の比較
A：のどの痛み，B：鼻水・鼻づまり，C：せき・たん，D：疲労・倦怠感値は平均値±標準偏差

部員は寒稽古期において上気道感染症の自覚症状が長く持続する傾向が示された。しかし，これらの値に統計学的な有意な差は認められなかった。

Ⅳ. 考察

本研究において，寒稽古期の大学剣道部員では，上気道感染症時によく観察される自覚症状のうち，特にのどの痛み，鼻水・鼻づまり，せき・たん，および疲労感・倦怠感が高率で認められた。また，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員と症状の認められなかった部員において，各症状の有症状日数，出現頻度，および平均持続日数を比較した結果，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状の認められた部員において，各症状の有症状日数および平均持続日数は，寒稽古直前に症状の認められなかった部員よりも高値を示した。一方，各症状の出現頻度については，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員と認められなかった部員との間で差は認められなかった。

本研究においては，のどの痛み，鼻水・鼻づまり，せき・たん，および疲労感・倦怠感という自覚症状が特に高率で認められた。のどの痛みの有症状日数は平均5.8日，出現頻度は平均1.2回，持続日数は平均4.8日であった。鼻水・鼻づまりではそれぞれ平均10.3日，平均1.7回，平均6.4日，せき・たんではそれぞれ平均9.9日，平均1.1回，平均8.2日，疲労感・倦怠感ではそれぞれ平均8.0日，平均1.3回，平均4.7日であった。

我々は，昨年度の調査において，寒稽古期の大学剣道部員は他の運動部員および一般学生よりも高い上気道感染症の罹患率（有症状日数，症状の出現頻度，および症状の平均持続日数）を示したことを報告した[16]。先行研究では[16]，大学剣道部員におけるのどの痛みの有症状日数は平均5.9日，出現頻度は平均0.9回，持続日数は平均4.6日であった。鼻水・鼻づまりではそれぞれ平均8.1日，平均1.4回，平均4.2日，せき・たんではそれぞれ平均4.9日，平均0.6回，平均4.7日，疲労感・倦怠感ではそれぞれ平均6.1日，平均1.1回，平均3.3日であった。

本研究と先行研究においては観察期間に多少の差はあるが，その差を考慮しても本研究と先行研究の成績に大きな違いがあるとは考えられない。先行研究において寒稽古は10日間連続して行われたが，本研究では寒稽古7日目の稽古は行われなかった。本研究では寒稽古期間中に休養日が1日とられたにもかかわらず，上気道感染症の症状の有症状日数，出現頻度，および平均持続日数には何ら影響は認められなかった。したがって，寒稽古のような寒冷下の激しいトレーニングにおいては，本研究のようにトレーニング1週間目に1日程度の休養が取り入れられても，上気道感染症の罹患状況には影響を及ぼさないと考えられる。

本研究において，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員と症状の認められなかった部員との間で各症状の有症状日数，出現頻度，および平均持続日数を比較した結果，寒稽古直前に上気道感染症の症状の認められた部員の各症状の有症状日数および平均持続日数は，寒稽古直前に症状の認められなかった部員よりも高値を示した。一方，各症状の出現頻度については，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員と認められなかった部員においてほぼ同程度であった。これらのことから，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状のあった部員とそうでない部員とでは，寒稽古期における各症状の出現頻度は同程度であるけれども，寒稽古直前に症状のある部員は，その症状が長く持続し，寒稽古期において症状が認められる日数がトータルとしても多いことが示された。

最近，Weidnerらは[15]，体育学生を対象として，ライノウィルスを投与し感染が成立した後に，1回40分間の70%VO_2 max強度の運動を10日間行なった群と運動を行なわなかった群で，感染症症状の経過を比較した。その結果，感染症時に70%VO_2 max強度の運動を行なった群と運動を行わなかった群の間で，感染症症状の程度と持続期間に有意な差は認められなかったことを報告している。しかし，本研究では，寒稽古直前に感染症症状が認められた部員では，その症状が長く持続し，寒稽古期において症状の出現する日数は多かった。

この原因としては運動条件が考えられる。Weidnerらの研究[15]では，感染症時に70%VO2max強度の運動（40分間）が10日間にわたって行われた。一方，寒稽古における運動強度については，我々は先行研究[11]において，切り返しおよび掛かり稽古は80～90%HRmax，互格稽古は70～80%HRmaxであったことを報告している。通常の稽古における切り返しの運動強度は約70%HRmax強度とされているが[12]，寒稽古では切り返しは掛かり稽古と同様にほぼ全力に近い強度で行われ，約2時間の稽古において80%HRmax強度以上の稽古が50～70分間にわたって行われた。

一方，1日あたりの運動の頻度については本研究およびWeidnerらの研究[15]とも1回/日であり，運動の継続期間は，Weidnerらの研究では10日間[15]，本研究では1日の休養をはさんで9日間であり，運動の頻度と継続期間には差は認められなかった。

これらのことから，本研究においては，感染時に長時間にわたり高強度の運動が行われたために，上気道感染症の自覚症状の増悪を引き起こした可能性が考えられる。したがって，寒稽古においては，寒稽古前の健康管理が重要であり，良好なコンディションで寒稽古を行なうことが望ましいと考えられる。その一方で，寒稽古直前に感染症の自覚症状がある部員への配慮も必要であり，このような部員に対する適切なトレーニング計画（特にトレーニング強度への配慮）が必要であると考えられる。

その他の要因として，寒稽古におけるさまざまなストレス，あるいは栄養状態の影響などが考えられる。我々は先行研究[13]において，寒稽古における大学剣道選手の夜間尿中カテコラミン排泄量の変動を検討した。その結果，寒稽古時に夜間尿中カテコラミン排泄量は著しく増加したことが示され，寒稽古中に選手は高強度トレーニングの繰り返し，稽古時間や生活パターンの変化，厳寒の早朝という低温環境などのさまざまな身体的あるいは精神的なストレスを受けていることが示唆された。これらのストレスが感染症症状の経過に影響を及ぼした可能性も考えられる。

また，栄養状態の影響も考えられる。我々は先行研究[16]において，剣道以外の競技部員の栄養摂取量は一般学生よりも有意に高値であったことを示した。しかし，大学剣道部員の栄養摂取量は一般学生におけるそれと有意な差は認められなかった。寒稽古において剣道部員は通常の稽古よりも激しいトレーニングを行っており，この時期における剣道部員の高いエネルギー消費量に対して栄養摂取量の不足あるいは栄養のアンバランスが生じている可能性を指摘した。低栄養状態や栄養のアンバランスが免疫機能に影響を及ぼすことはよく知られている[14]。このような栄養面の問題が本研究における感染症症状の経過に影響を及ぼした可能性も無視することはできないと思われる。

剣道において，寒稽古はジュニア期の子供から高齢者まで幅広い年齢層で広く行われているが，寒稽古の指導現場において防衛体力に対する配慮に関して語られることは少ない。本研究において，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員は，その後の各症状の有症状日数および平均持続日数は高値を示し，症状が長く持続し，症状が認められる日数が増える傾向があることが示された。本研究の成績は，寒稽古を行なうにあたっては寒稽古前の健康管理が重要であり，良好なコンディションで寒稽古を行なうことが望ましいことを示している。また，寒稽古直前のコンディションがよくない部員に対する配慮も必要であり，そのような部員に対する適切なトレーニング計画を立案し，実践することが重要と考えられる。

V　まとめ

本研究では，寒稽古期における大学剣道部員の上気道感染症の罹患頻度を調査し，それを寒稽古直前のコンディションとの関連から検討した。大学剣道部員12名を対象とした。1999年1月18日～27日の10日間にわたり寒稽古は行われた。対象は，1999年1月17日～1999年2月5日にわたり，起床・就寝時間，トレーニングもしくはスポーツ活動の時間，および上気道感染症の症状（のどの痛み，鼻水・鼻づまり，咳・痰，吐き気・嘔吐，腹痛・下痢，腹部のはり・もたれ，発

熱，頭痛，疲労感・倦怠感）の有無を記録した。得られた記録から，各症状について有症状日数，出現頻度，および平均持続日数を求めた。これらを寒稽古直前に感染症症状の認められた部員と認められなかった部員で比較した。寒稽古期の大学剣道部員では，上気道感染症時によく観察される自覚症状のうち，特にのどの痛み，鼻水・鼻づまり，せき・たん，および疲労感・倦怠感が高率で認められた。寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員と症状の認められなかった部員との間で各症状の有症状日数，出現頻度，および平均持続日数を比較した結果，寒稽古直前に上気道感染症の自覚症状が認められた部員と認められなかった部員において症状の出現頻度は同程度であったが，寒稽古直前に上気道感染症の症状の認められた部員の各症状の有症状日数および平均持続日数は寒稽古直前に症状の認められなかった部員よりも高値であった。寒稽古直前に症状のある部員は症状が長く持続し，寒稽古期において症状が認められる日数がトータルとしても増える傾向が示された。これらのことから，寒稽古を行なうにあたっては寒稽古前の健康管理が重要であり，良好なコンディションで寒稽古を行なうことが望ましいと考えられた。また，寒稽古直前のコンディションがよくない部員に対する配慮も重要であり，そのような部員に対する適切なトレーニング計画が必要と考えられた。

文　献

1) 和久貴洋ほか：コンディションとフィットネスの変動からみた剣道の寒稽古の特性. 武道学研究 28：10-22, 1996
2) Douglas, D. and Hanson, P.: Upper respiratory infections in the conditioned athlete. Med. Sci. Sports 10: 55, 1978
3) Heath, G. W. et al.: Exercise and the incidence of upper respiratory tract infections. Med. Sci. Sports Exerc. 23: 152-157, 1991
4) Linde, F.: Running and upper respiratory tract infections. Scand. J. Sports Sci. 9: 21-23, 1987
5) Peters, E. M.: Altitude fails to increase susceptibity of ultramarathon runners to post-race upper respiratory tract infection. S. Afr. J. Sports Med. 5: 4-8, 1990
6) Peters, E. M. et al.: Vitamin C supplementation reduces the incidence of postrace symptoms of upper-respiratory-tract infection in ultramarathon runners. Am. J. Clin. Nutr. 57: 170-174, 1993
7) Peters, E. M. and Bateman, E. D.: Respiratory tract infections: an epidemiological survey. S. Afr. Med. J. 64: 582-584, 1983
8) Nieman, D. C. et al.: Infections episodes in runner before and after the Los Angeles Marathon. J. Sports Med. Phys. Fitness 30: 316-328, 1990
9) 秋本崇之ほか：10日間の運動負荷による唾液中分泌型IgAの変動. 体力科学 46: p 877, 1997
10) 香田泰子ほか：剣道の寒稽古における免疫学的な指標の変動. 体力科学 44: p 754, 1995
11) 和久貴洋ほか：寒稽古が大学男子剣道部員の無酸素性作業能力に及ぼす影響. 身体運動文化研究 5：13-22, 1998
12) 林　邦夫ほか：テレメトリー法による剣道稽古中の呼吸循環系応答の測定およびトレッドミル走との比較. トレーニング科学 6：39-43, 1994
13) 和久貴洋ほか：大学女子剣道部員における寒稽古時の夜間尿中カテコラミン排泄量とフィットネスの変化. 武道学研究 30：36-47, 1997
14) 坂本元子ほか：免疫と栄養. 第一出版社, 東京, 1984
15) Weidner, T. G. et al.: The effect of exercise training on the severity and duration of a viral upper respiratory illness. Med. Sci. Sports Exerc. 30: 1578-1583, 1998
16) 和久貴洋ほか：寒稽古と防衛体力―大学剣道選手における上気道感染症の罹患頻度―平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告. ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究―第2報―pp 33-40, 1998

7. 上気道感染症のリスクと運動の関連について

報告者　永富　良一[1)]

はじめに

これまでわれわれは，上気道感染症ウイルスに対する感染感受性を規定する上気道粘膜の要因を明らかにすることを試みてきた。高強度の運動を行ったり，心理的なストレス状態にあるときは上気道感染症に対する感受性が高くなることが示唆されている[1,2,3,4]。しかしその原因が明確にはなっていないため，宿主の感染感受性を高くしないようにするためにどのような対策をとることが有効なのかは明らかではない。われわれは，運動などのストレッサーが加わった場合に，変化しうる要因を上気道に求め，これまでに上気道粘膜のうち，特に口腔粘膜を覆う唾液中に含まれる上気道感染症ウイルスであるライノウイルスの感染過程に干渉しうる因子の探索を行ってきた。マラソン後に採取した唾液には，培養繊維芽細胞に対するライノウイルスの細胞傷害性を増強する因子が含まれること，唾液中の分子量19 kDaの蛋白が，ライノウイルスの細胞傷害性を促進することを明らかにしてきた[5]。しかし運動後の唾液による細胞傷害性増強効果，19 kDa蛋白の細胞傷害性促進効果は，統計的に有意ではあるものの，たかだか10〜20%程度であり，罹患率の変化への寄与はそれほど大きくないと考えられた。

われわれは，これ以外の要因の有無を探索する中で，繊維芽細胞を37度で培養した場合に，ライノウイルスは細胞傷害を引き起こすことができず，逆に細胞の環境温度を低下させると細胞傷害が発揮される現象に注目した[6]。そこで，今年度はin vivoでも同様な現象が起こりうる可能性を検討するために，上気道感染症ウイルスの接触部位となる上気道粘膜の表面温の運動に伴う変化を測定してみた。

1) 東北大学大学院医学系研究科

方法

エルゴメーターによる最大下および最大運動負荷前後の口腔内温度，鼻腔内温度，鼓膜温の測定を行った。実験は平成10年7月〜9月の間のいずれも午後0時〜4時の間に実施した。室温は空調装置により25±1°Cに保つようにした。湿度は60±5%であった。

被験者：東北大学スキー部距離スキーチームに所属する健康な男子大学生2名および，東北大学トライアスロン部に所属する健康な男子大学生5名（年齢20.6±1.3才，身長172.7±4.7 cm，体重61.5±4.8 kg；平均+SD），距離スキー競技宮城県国体強化指定選手2名（年齢24才，18才）を対象とした。強化指定選手の検査2ヶ月前の実測最大酸素摂取量は両者とも82 ml/kg/minであった。

運動負荷：電磁ブレーキ式自転車エルゴメータ（エアロバイク，コンビ，大阪）を用いた漸増多段階負荷を行った。運動負荷中被験者はone-wayマスクを装着し，呼気を呼気ガス分析装置AE 280（ミナト医科学，大阪）に導入し換気量，酸素摂取量，二酸化炭素排出量などの測定を行った。負荷は100 Wから開始し，2分毎に25 Wずつ増加させた。学生は疲労困憊にいたるまで運動をつづけるように指示した。国体強化選手2名は，相対的運動強度70%を目標とするようにそれぞれ目標心拍数を指示し，ペダル回転数を60回／分に保つように指示した。運動中は心拍数の記録，呼気ガスの分析，心電図による監視を行った。

温度測定：サーモグラフィーにより口腔粘膜温度を，赤外線鼓膜体温計により鼓膜温および鼻腔内温度を測定した。

サーモグラフィーは医用サーモビュア（JTG 5310：日本電子，東京）を用いた。測定は，いずれも床面からの高さ 30 cm の座高計を用い椅子座位で行った。カメラの軸が，カメラのレンズ中心と被験者の頤を結んだ線ほぼ一致するように，カメラの位置を調節した。運動前の測定は，椅子座位 5 分経過後に，さらに 5 秒間開口後サーモグラム上温度変化が見られなくなった時点で測定した。負荷終了後被験者は直ちに座高計に移動し，負荷終了から 5 分経過後，さらに 5 秒間開口後サーモグラム上温度変化が見られなくなった時点で測定した。被験者はそのまま座位を保ち，負荷終了 15 分後および 30 分後に，5 秒間の開口後に再度測定を行った。

左右鼓膜温および，鼻腔温度は，赤外線鼓膜温体温計 FirstTemp Genius（Sherwood, St. Louis, MO）を用い，サーモグラフィーによる温度計測後，直ちに測定を行った。鼻腔温度は，測定プローブの角度により，測定値にばらつきがみられたため，少なくとも 3 回の測定を行うこととし，平均値を評価に用いた。

結果

表 1 に最大運動負荷を行った被験者の平均運動時間，平均最大酸素摂取量，平均最大換気量，平均最高心拍数を，表 2 に最大下運動負荷を行った 2 名の被験者 A，B それぞれの運動時間，到達心拍数，終了時相対的運動強度を示す。最大運動負荷試験の被験者はいずれも持久的運動種目を日常行っているが，経験年数が一年に満たない被験者が 2 名含まれていることから，最大酸素摂取量の値は必ずしも高いものではなかった。

表 1　最大運動負荷時の各生理学的指標

運動時間 (min)	最大酸素摂取量 (ml／kg／min)	最大換気量 (l／min)	最大心拍数 (bpm)
19.27±4.62	53.01±6.99	122.2±25.5	194.7±8.7

表 2　最大下運動を行った 2 名の被験者の各生理学指標

	運動時間 (min)	到達心拍数 (bpm)	終了時相対的運動強度
A	24	167	82.3
B	16	143	62.9

図 1 に最大運動負荷前後の口腔粘膜表面温度の変化を示すサーモグラムの代表例を示した。図のように口腔表面温度は，非運動時には顔面の皮膚温より低い。図のように運動負荷 5 分後に最低となり，30 分後にほぼ前値に戻っているのがわかる。顔面の皮膚温は，口腔温より高いものの口腔内温度同様，最大運動後には低下しているのがわかる。口腔粘膜表面温が最低になる点は，必ずしも，最大開口位の時，前方から見た場合に口唇によって形成される楕円の中心にはなかったので，実験の評価は，最低点と口唇で形成される楕円の中心点の 2 点で行った。

図 2 は最大運動前後の口腔粘膜表面温度と鼓膜温および鼻腔内温度の推移を示したものである。最大運動負荷 5 分後に低下し，30 分後にはほぼ回復することがわかった。鼻腔温度は，鼓膜温より低く，運動前値はほぼ口腔粘膜表面温度と等しかったが，運動に伴う変化はほとんど見られなかった。図 3 は最大下運動を行った 2 名それぞれの口腔粘膜表面温度の運動前後の推移であるが，最大運動同様，運動 5 分後には低下していることがわかった。運動時間が短く，到達負荷強度の低い被験者 B は運動終了後 15 分には粘膜表面温度は前値に復していたが，運動時間が長く，到達負荷強度が高かった被験者 A は 30 分後には回復したものの，15 分後には依然温度が低下したままであった。

考察

われわれは低温下で，代表的な上気道感染症ウイルスであるライノウイルスの培養線維芽細胞に対する細胞傷害性が著しく増強することから，感染成立部位である口腔内粘膜の表面温度に着目した[6]。

自転車エルゴメータによる漸増ステップ負荷後，最大負荷後に口腔表面粘膜温は有意に低下した。最大下負荷は被験者数が少ないため明確な結論は得られないが，口腔粘膜表面温は，運動負荷強度に関わらず運動後に低下した。ただし運動負荷強度が小さいと温度の回復は早いような印象を

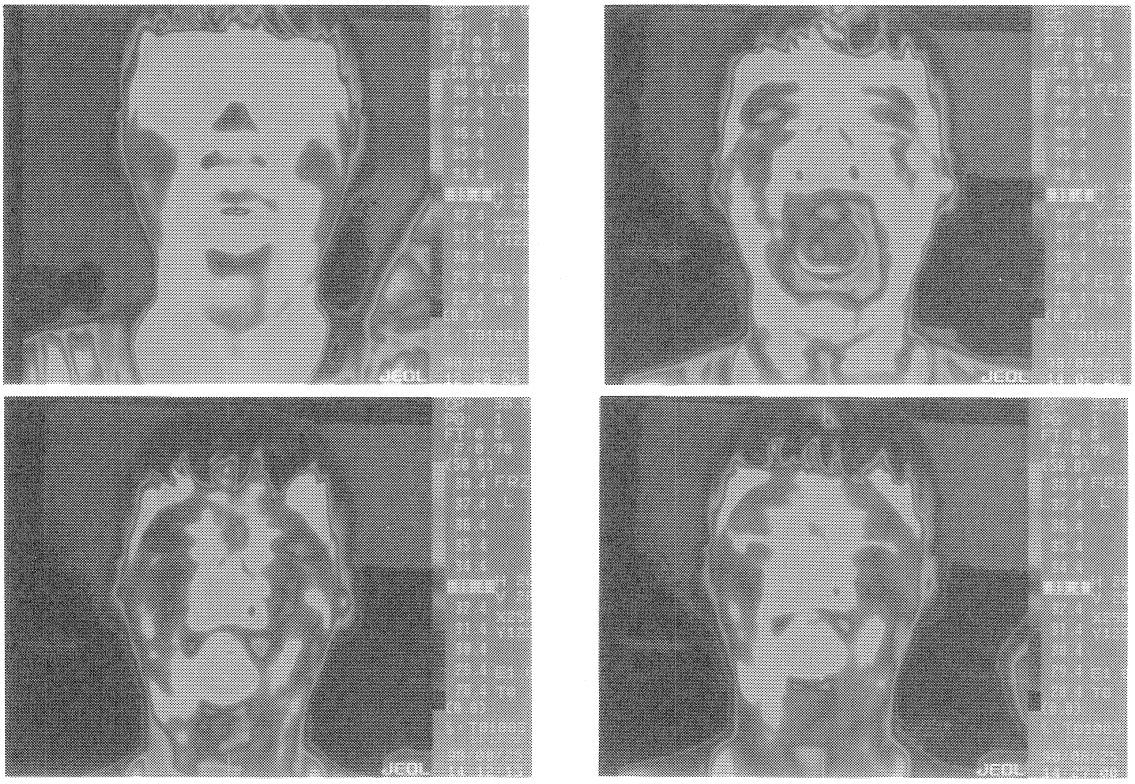


図1　サーモグラフでみた運動負荷による口腔粘膜表面温度の変化の例：
a)運動前，b)運動負荷終了5分後，c)15分後，d)30分後

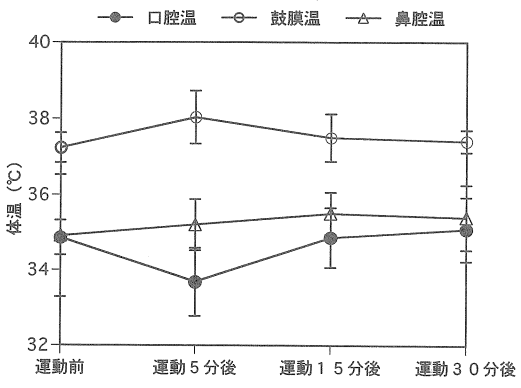


図2　最大運動前後の口腔粘膜表面温度，鼓膜温および鼻腔内温度の推移

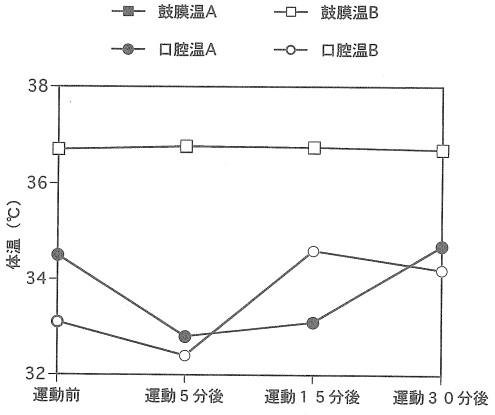


図3　最大下運動前後の口腔粘膜表面温度および鼓膜温の推移

うけた。鼻腔温度は，予測に反し，初期値は口腔粘膜温とほぼ同じであったものの，運動後の低下はみられなかった。運動後の口腔粘膜表面の最低温点の平均値は34℃を下回っており，運動後にライノウイルスなどの温度依存性のウイルスの増殖を招く可能性が高まると考えられた。ただし口腔粘膜表面温，鼻腔温は，運動後の変化の傾向は被験者の間にほとんど差がみられなかったものの，各温度には個人差があり，初期値である安静時の口腔および鼻腔温度が低い被験者は，運動の

有無に関わらずリスクが高い可能性が考えられた。実際，和久らは寒稽古中の大学生剣道部員で，鼻腔温度を連日測定していった結果，寒稽古期間中にカゼ症状が出現した部員は，発症しなかった部員に比べて鼻腔温度が有意に低かったことを報告している[7]。

冬季に急性上気道感染症の発症率が高くなることはよく知られている。この原因については自然界に存在する核酸分解酵素の低温による活性低下や，低温による上気道粘膜上皮の繊毛運動の低下などがその原因の候補としてあげられてきたが，Wilsonらは，あらかじめ鼻粘膜の繊毛運動を評価した被験者に実験的にライノウイルスとインフルエンザウイルスを投与し，発症した被験者とそうでない被験者の違いを比較したところ少なくとも繊毛運動については，発症後には低下するものの，ウイルス投与前には差がないことを明らかにしている[8]。またわれわれの線維芽細胞にも繊毛はなく，細胞の温度それ自体がウイルスの増殖に影響する可能性を示唆している。

一般成人が罹患するカゼすなわち急性上気道感染症の感染リスクは，運動以外にも心理的，身体的，栄養学的など様々な要因と関連することが知られている[9]。今後運動以外の様々な条件の下でも口腔粘膜表面温度の測定を行い，感染リスクとの関連を探りたい。口腔粘膜表面温度は粘膜の血流に依存していると考えられ，自律神経系や内分泌系との関連を追及することも今後の課題である。

今回の実験結果は，上気道感染症ウイルスに対する感染リスクを直接検証したわけではない。今後実験的感染症などのモデルを通して検証を進めていきたい。しかしマスクなどの手段により，口腔粘膜温を低下させないこと，運動後の発汗による体温の低下を防ぐことが，感染リスクを低下させることの裏付けになる可能性があると考えている。

文　献

1) Cohen, S., Tyrrell, D. A. and Smith, A. P. (1991) : Psychological stress and susceptibility to the common cold N Engl J Med 325, 606-12.

2) Fitzgerald, L. (1991) : Overtraining increases the susceptibility to infection. Int J Sports Med.

3) Nieman, D. C., Johanssen, L. M. and Lee, J. W. (1989) : Infectious episodes in runners before and after a roadrace. J Sports Med Phys Fitness 29, 289-96.

4) Nieman, D. C., Henson, D. A., Gusewitch, G., Warren, B. J., Dotson, R. C., Butterworth, D. E. and Nehlsen, C. S. (1993) : Physical activity and immune function in elderly women. Med Sci Sports Exerc 25, 823-31.

5) 永富他 (1997) 運動後の急性上気道感染症に対する易感染性の一因，(財)明治生命厚生事業団第12回健康医科学研究助成論文集，115-122.

6) 永富他 (1998) カゼのメカニズムから考えるカゼ対策，平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究.

7) 和久他 (1997) 寒稽古と防衛体力，平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究. 33-40.

8) Wilson, R., Alton, E., Rutman, A., Higgins, P., Al Nakib, W., Geddes, D. M., Tyrrell, D. A. and Cole, P. J. (1987) : Upper respiratory tract viral infection and mucociliary clearance. European Journal of Respiratory Diseases 70, 272-9.

9) Cohen, S., Doyle, W. J., Skoner, D. P., Rabin, B. S. and Gwaltney, J. M., Jr. (1997) : Social ties and susceptibility to the common cold JAMA 277, 1940-4.

平成 10 年度　日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.VI　ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究―第 3 報―

◎発行日：平成 11 年 3 月 31 日

◎編集者：河野一郎（ジュニア期におけるスポーツ活動と防衛体力に関する研究班・班長、筑波大学）

◎発行者：財団法人日本体育協会（〒150-8050 東京都渋谷区神南 1－1－1）

◎印　刷：三美印刷㈱

本研究事業は国庫補助を受けて実施したものである