

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 —

財団法人 日本体育協会

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—

班長：河野 一郎¹⁾

班員：赤間 高雄¹⁾ 新開 省二²⁾ 永富 良一³⁾ 宮坂 信之⁴⁾

村田 光範⁵⁾ 森口 覚⁶⁾ 和久 貴洋⁷⁾ 杉原 茂孝⁵⁾

担当研究員：伊藤 静夫⁸⁾

目 次

I.	はじめに	2
II.	免疫のしくみとはたらき	5
III.	フィールドワーク	
1)	茨城県水海道市・小学児童における感染症罹患状況に関する調査	11
2)	スポーツ少年団活動におけるカゼ対策についての アンケート調査の結果報告	17
3)	カゼ予防ガイドライン試案の作成	28
4)	カゼ予防ガイドライン試案の実効性を検討するための 介入調査について	31
5)	寒稽古と防衛体力	33
IV.	基礎実験	
1)	唾液難溶性分画によるライノウイルス細胞傷害 活性の修飾（第2報）	41
2)	LP-BM 5ヘ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速度と運動時間の影響	44
3)	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	53
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	61
5)	運動とヘルパーTリンパ球サブセット（Th1/Th2） の関連についての研究	69

1) 筑波大学 2) 愛媛大学 3) 東北大学 4) 東京医科歯科大学 5) 東京女子医科大学 6) 徳島大学 7) 東京大学 8) (財)日本体育協会スポーツ科学研究所

I. はじめに

研究班長 河野 一郎

ジュニア期におけるスポーツ活動は健全な発育・発達にとって重要である。適切なスポーツ活動がヒトの心肺機能や筋骨格系にポジティブな影響を与えることは種々の研究により明らかとされてきた。ヒトがサバイバルしていくためにはこのようないわゆる行動体力ばかりでなく、種々のストレスから身をまもっていく防衛体力が必要である。防衛体力の主要な機能である免疫機能は、生後しばらくは母親からもらった免疫力に頼っているが成長とともに自らの免疫力により種々の生物学的ストレッサーから身を守っていくようになる。

最近の研究によりスポーツ活動が防衛体力にも様々な影響を与えることが明らかとなってきた。経験的にはスポーツ活動を行うことにより風邪をひかなくなるなど、適切なスポーツ活動が防衛体力を高めることを我々は知恵としてきた。また、オリンピックや世界選手権を戦うトップアスリートが質的また量的に過大なトレーニング負荷を余儀なくされオーバートレーニングに陥ると、防衛体力が低下し、風邪を引きやすくなったり、いったん風邪をひくと長期にわたって治癒しないこともまたスポーツ医学の現場ではしばしば経験するところとなっている。かかる背景を考えると、ジュニア期は防衛体力も成長期にあり、ジュニア期におけるスポーツ活動が防衛体力にどのような影響を与えるかはきわめて重要な課題であることは明らかである。

本研究班では、早期より本テーマの重要性をとらえ研究に取り組んできたが、本年度もフィールドワークと基礎実験に分けて研究を行った。宮坂班員は、免疫のしくみとはたらきをスポーツ活動との視点からわかりやすく整理した。免疫が単独で機能しているわけではなく、神経系や内分泌系と連動して働いており、これらのバランスが崩れると防衛体力にも影響がでることを示唆している。

本年度実施したフィールドワークは実りが多い成果を上げた。とくに水海道市を中心として行った小学児童における感染症罹患状況に関する調査では、風邪などの上気道感染症への抵抗力を指標として防衛体力に与えるスポーツ活動の影響について疫学的な照査を行った。この結果、10歳から12歳の小学児童においては、週に1~4日間のスポーツ活動は風邪に対する抵抗力を高めるが週に5日以上のスポーツ活動はかえって風邪に罹りやすい傾向があることを示した。また、スポーツ少年団などに所属せず積極的なスポーツ活動を週に1日もしない群ではこれも風邪への抵抗力が低いことも明らかとされた。このフィールドワークはこれまで経験的に言われてきた「適度の運動は防衛体力を高める」という考え方を裏付けるものであり極めて意義深い結果である。とくにジュニア期におけるスポーツ活動のありかたを考える上で重要な示唆を与える研究成果である。また、過熱傾向がしばしば課題とされるスポーツ少年団の活動を考えていく上でも大いに参考となるものと思われる。

このような結果を生かしていくために風邪対策のガイドラインづくりにも試行的に取り組んだ。加えて、このガイドラインの効果についても明らかとしていく取り組みにも着手した。

競技スポーツにおいては過酷な環境下でのトレーニングを強いられることが少なくない。代表的な武道である剣道においては昔から1年の中で最も寒い季節の早期に激しい稽古を行う寒稽古を伝統としている。寒稽古では精神面および行動体力面の強化をもねらったものであるが、健康管理面での検討はこれまであまりなされていない。今回和久班員を中心とした調査研究により寒稽古期間中の剣道選手が上気道感染症の高い罹患率を示すことが明らかとされた。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を示唆するものと考えられる。寒い時期におけるスポーツ活動時には適切な計

画に加えて栄養、休養そして保温などの健康管理対策が重要であることを示す結果である。

基礎研究面ではフィールドワークで取り組んだ上気道感染症に対する防衛体力、免疫機能と関連の深い唾液中のカルシウム結合蛋白の作用と運動ストレスの関係について永富班員が報告した。

国際的社会問題となっているエイズはスポーツ界においても重要な問題となっている。森口班員はエイズ発症に対する感染前運動トレーニングに関する研究を行った。ある条件下での運動トレーニングがエイズ感染を抑制する可能性を示した。また、その機序についても言及した。今後の研究の展開が期待される。

ジュニア期のスポーツ活動と免疫機能について新開班員は横断的な検討を試みた。赤間班員はジュニア期スポーツ選手の口腔内局所免疫機能の評価に関しての検討を行った。唾液は非侵襲的に採取できることから、スポーツフィールドでの利用度が高いと考えられている。小学生においても唾液を採取して免疫機能の評価に用いることができるこを明らかとし、ジュニア期においてもスポーツ活動により唾液中の免疫グロブリンが影響されることを報告した。村田班員のグループは感染防御に係わるTリンパ球サブセットに与える運動負荷の影響について基礎的な検討を行った。

本年度はフィールドワークを積極的に展開し、これに基づき基礎的な研究を同時に進める方向性で研究を開いた。フィールドワークについては、少年団関係者をはじめ関係各位の多大な協力があって始めて可能となったものである。報告にあたり深謝したい。

II 免疫のしくみとはたらき

報 告 者 宮坂 信之¹⁾

は じ め に

免疫とは、『病気(疫)から免れるためのしくみ』です。からだは免疫というしくみを持っているために、簡単に病気にはなりません。

生体は、自分のからだと同じものを『自己』として、異なるものを『非自己』として識別します。そして、生体は『非自己』が体内に侵入してきた場合にのみ反応し、これを排除します。この場合、『非自己』は抗原と呼ばれます。そして、抗原の侵入に対するこのような生体の反応は免疫応答と呼ばれます。このような免疫応答が『非自己』である異物に対して的確に起こるために異物は体内から排除され、病気から免れることができます。したがって、免疫は防衛体力の礎となるきわめて重要なメカニズムであるといえます。

しかし、万が一『自己』を『非自己』と誤認して免疫応答が起こってしまうと、自己免疫疾患あるいは自己免疫病と総称される病気が起こります。このような病気としてはバセドー病や慢性関節リウマチなどが知られています。いわゆる同士討ちのようなものです。しかし、体内にはこのような同士討ちが起こらないようにする幾つかの仕組みがあるために(後述)、免疫応答は異物である『非自己』に対してのみ発揮されることになります。もう一つ忘れてはならないのは、免疫系は単独で働いているわけではないということです。免疫系は神経系や内分泌系と連動して働いています。過剰のスポーツトレーニングによる肉体的ストレスや、受験などの過剰な精神的ストレスが加わると風邪をひきやすくなるというのはこのためです。神経系や内分泌系のアンバランスが起こると、それが影響して免疫系をも攢乱してしまいます。

免疫応答のしくみ

1) 非特異免疫

生体に細菌などの異物が侵入すると、これをただちに貪食する細胞があります。このような細胞(食細胞)には、多核白血球とマクロファージがあります。いずれも細胞内に異物を取り込んで、これを消化し排除します。

ウイルスが感染したり、あるいは腫瘍化した細胞などに対しては、NK(ナチュラルキラー)細胞と呼ばれる細胞が作用し、これを傷害して排除します。ただし、これらの反応はすみやかに起こるもの、あまり強力なものではありません。これらの反応は抗原の種類に関係なく起こる原始的な反応であり、非特異免疫と呼ばれます。免疫という防波堤の最前線にあたるメカニズムです。次に述べる特異免疫が働くまでの防御機構といえましょう。

2) 特異免疫

異物である抗原が生体内に侵入すると、まずマクロファージに取り込まれます。ここにではすでに述べた非特異免疫と同じです。抗原がマクロファージに取り込まれると、マクロファージは酵素の働きによって断片化し(ペプチドとなる)、その情報をリンパ球に伝えます。リンパ球は、抗原ペプチドとぴったりかみ合う鍵と鍵穴のような構造を細胞表面に持っており(抗原レセプター)、断片化された抗原ペプチドを識別し、これと結合することができます(図1)。

リンパ球には、T細胞とB細胞の2種類があります。T細胞は、遅延型アレルギー反応(後述)をつかさどったり(感作Tリンパ球)、ウイルスに感染した細胞を殺したり(キラー細胞)、抗体の産生を強めたり弱めたりします。ちなみに、抗体産生を助ける細胞はヘルパー細胞、抑える細胞はサプレッサー細胞と呼ばれます。一方、

1) 東京医科歯科大学

B細胞の役目は抗体を作ることです(図2)。

T細胞が関わる反応は細胞性免疫、B細胞が関わる反応は液性免疫と呼ばれます。これらの反応はいずれも特定の抗原に対してのみ起こる特異的な反応であり、かつて強力です。しかし、エイズなどによってヘルパーT細胞が減少したり、あるいはその機能が低下してしまうと、特異免疫のメカニズムは十分に作動することができず、生体は感染症に罹ることになります。

生体は、このような非特異免疫と特異免疫の二つの機構を具備することによって外界からの異物の侵入に対抗し、防衛体力の礎を形成しています。

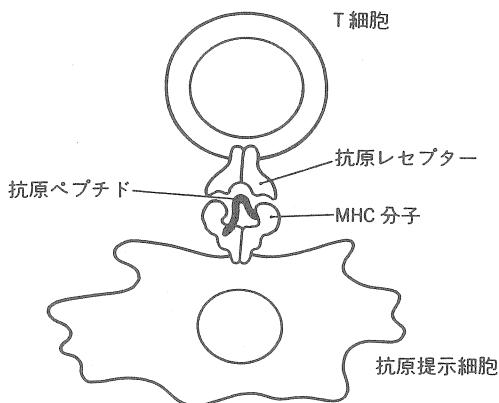


図1 T細胞による抗原認識

抗原ペプチドはMHC分子の溝に結合し、両分子に抗原レセプターが結合する。

す。

抗体とは

抗体は免疫グロブリン(Ig)と呼ばれるタンパク質です(図3)。抗体には、IgG, IgM, IgA, IgD, IgEの5種類があります。ある特定の抗原に対して作られた抗体はその抗原とのみ反応し、他の抗原とは反応しません。その関係は鍵と鍵穴のように厳密なものです。ですから、たとえばインフルエンザウイルスに対してできた抗体は、他のウイルスに対しては作用しません。また、抗体の働きを助ける物質を補体と呼びます。抗体と補体は力をあわせて抗原を発見している細胞を殺します。

抗体が体内に侵入すると、まずIgMに属する抗体が作られます。しかし、IgM抗体はすぐに体内から消失してしまいます。生体内に同一の抗原が侵入すると、今度はIgGに属する抗体が大量に産生されます。このIgG抗体は体内に長く残り、異物の除去に働きます(図4)。

このような現象を利用して感染症の診断をすることもできます。ウイルスによる病気が疑われる場合には、特定のウイルスに対する抗体を調べ、IgMに属する抗体がある場合にはごく最近感染したものと判断します。これに対して、IgGに属する抗体がある場合にはかなり前に感染したものとみなします。

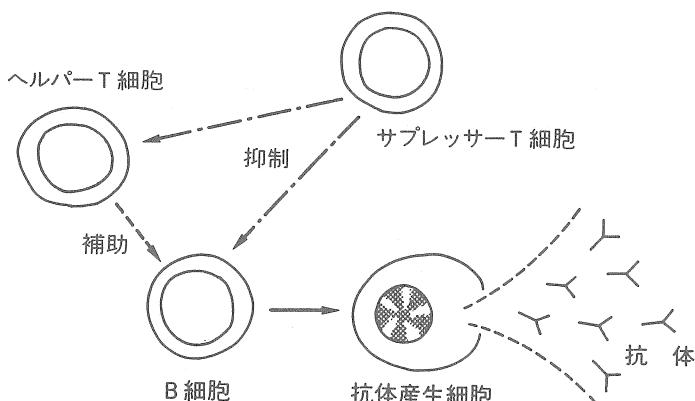


図2 B細胞からの抗体産生はヘルパーT細胞によって補助され、サプレッサーT細胞によって抑制されて調節されている。

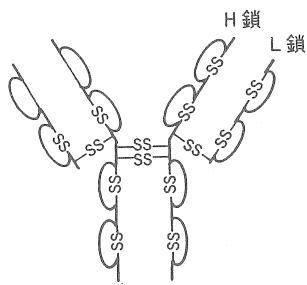


図3 抗体の基本分子構造

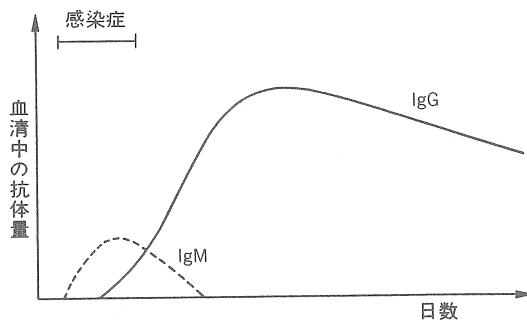


図4 感染症罹患後の抗体量の変動(IgMとIgGの相違)

また、いったん特定の抗原が侵入すると生体はこれを記憶しており（免疫学的記憶）、再び同一の抗原が侵入すると前よりもさらに多くの抗体を作りだします。この現象はブースター効果と呼ばれ、この現象を利用してワクチンによる予防接種が行われています。

IgAと呼ばれる抗体は涙、唾液、気道・消化管粘膜表面の粘液、尿などの体液の中に多く含まれており、外界からの微生物や異物の侵入に備えています。また、母乳の中にも多く含まれ、乳児の感染防御に役立っています。

これらの抗体は抗原と結合すると免疫複合体と呼ばれる物質となります。体内に出現した免疫複合体は、マクロファージなどの食細胞によって処理されます。しかし、抗原が細胞表面に結合している場合には、抗体が結合しただけでは細胞は死にません。このような場合には補体が動員され、はじめて細胞が殺されます。またある場合には、細胞表面に結合した抗体をマクロファージや多核

白血球がFcレセプターと呼ばれる分子を利用して認識し、これを殺します。

『自己』に対して反応しない仕組み

免疫系は『自己』を攻撃せず、『非自己』のみを攻撃します。このような現象を免疫学的寛容と呼びます。一般に、『自己』の成分に対して反応するT細胞はそのほとんどが胸腺の中で死滅するようになっています（中枢性寛容）。これはアポトーシスと呼ばれる細胞死が起こるためです。また、このような機構を逃れた細胞でも『自己』に対して反応しにくいようにするメカニズムがあります。たとえば、いったん『自己』に反応して活性化された細胞はアポトーシスを起こして死滅してしまいます。またある場合には、『自己』に反応しうる細胞は麻痺状態に陥っており、このような状態はアネルギーと呼ばれます。この他、さまざまなサイトカイン（IL-4, IL-10, TGF β ）なども過剰な免疫応答を抑制することが知られています。このような多様なメカニズムがあることにより、免疫系は『自己』を攻撃しないように歯止めがかけられています。

アレルギー

生体にとって不利な免疫応答をアレルギーと呼びます。すなわち、免疫反応が病気を引き起こしてしまう困った状態です。

アレルギー反応はそのメカニズムの違いから4つに大別されます。

1) I型アレルギー

この反応はすみやかに起こるため即時型反応とも呼ばれます。このような反応の代表としては、アレルギー性鼻炎、蕁麻疹、気管支喘息、薬剤ショックなどがあげられます。この場合、抗原をアレルゲン（アレルギーを起こす物質という意味）とも呼びます。ちなみに、遺伝的な体质が関係して起こるアレルギー性の病気はアトピー性疾患と呼ばれます。

アレルゲンが体内に侵入すると、まずIgEクラスに属する抗体が作られます。大量に作られたIgE抗体は肥満細胞（マスト細胞）の細胞膜上に結合します。このような状態を感作された状態と

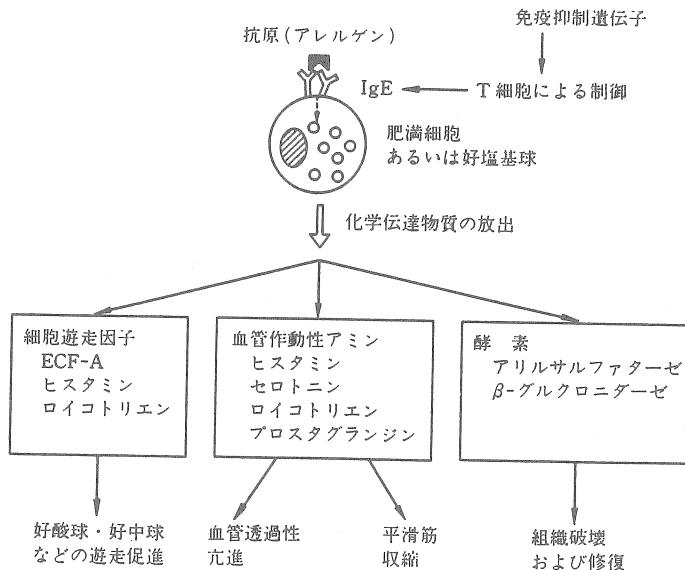


図5 I型アレルギー反応

呼びます。ふたたびアレルゲンが侵入すると、アレルゲンは肥満細胞上のIgE抗体に結合します。肥満細胞は細胞内に化学伝達物質と総称されるさまざまな物質（たとえばヒスタミンなど）を持っていますが、アレルゲンが細胞表面に結合することにより、細胞内の顆粒を細胞の外に放出します（脱颗粒）。その結果、ヒスタミンなどの作用によって毛細血管の透過性亢進、平滑筋の収縮などの反応が起こります（図5）。スギ花粉によるアレルギー性鼻炎の場合、スギ花粉を吸入した途端に鼻水、クシャミなどの反応が起こるのはこのためです。

ペニシリンなどの薬剤を服用した場合に起こるショックもこの反応によります。この場合にはヒスタミンなどの化学伝達物質が大量かつ急速に放出されるために、全身の血管が拡がり、血圧が低下してショックとなります。このような急激な反応をアナフィラキシーショックと呼びます。

ただし、これらの反応の起りやすさには遺伝が関係しており、誰にでも起こるというわけではありません。

2) II型アレルギー

細胞や組織に対して作られた抗体によって組織が傷害される反応をII型アレルギーと呼びます

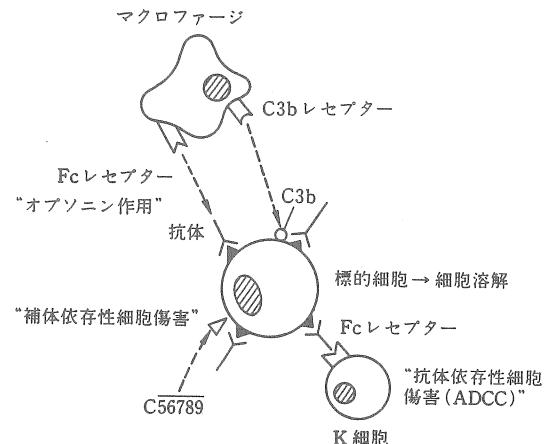


図6 II型アレルギーにおける細胞傷害機序

(図6)。

細胞表面上にある抗原に対して抗体ができると、抗体は細胞表面に結合し、さらに補体が動員されることにより、細胞膜に穴が開き、細胞は傷害されます。このような反応が赤血球上で起こると、赤血球は破壊され溶血性貧血と呼ばれる状態が起こります。

このような反応が関係する病気には、不適合輸血、自己免疫性溶血性貧血、薬剤服用によって起

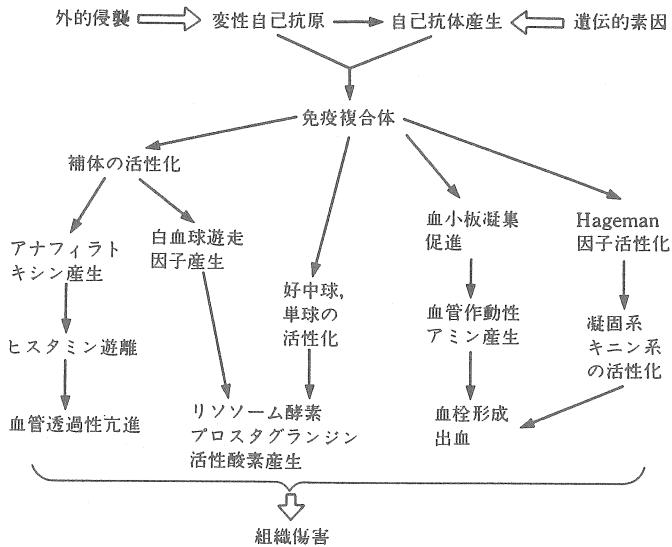


図 7 III型アレルギー反応と組織傷害

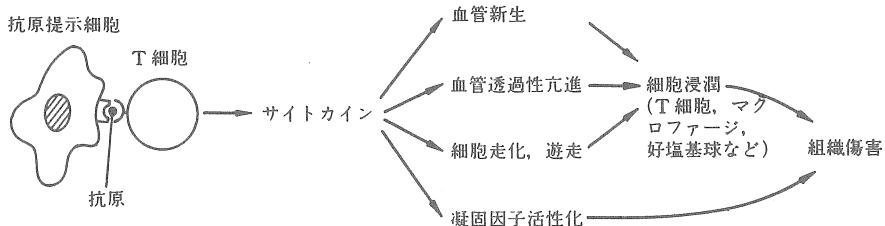


図 8 IV型アレルギー反応と組織傷害

くる無顆粒球症、血小板減少性紫斑病などがあります。

3) III型アレルギー

この反応では、抗原と抗体の結合物である免疫複合体が大量に血中を流れ、血管壁や組織に沈着します。その結果、沈着した臓器の細胞表面で補体の活性化や好中球の活性化が起こり、臓器障害が起こります（図 7）。

このような病気の代表としては、全身性エリテマトーデス（SLE）があります。この病気では、免疫の異常にによって『自己』の成分であるDNAに対して抗DNA抗体が大量に産生され、その結果、免疫複合体が形成されることにより、腎炎を始めとするさまざまな臓器障害が起こります。

4) IV型アレルギー

この反応には抗体は全く関与しません。この反

応は、マクロファージによって取り込まれた抗原がT細胞を刺激し、その結果、產生されるサイトカインと呼ばれる物質によって起こります。このような反応が起こるためには一定の時間（24～48時間）がかかるため、遅延型アレルギーとも呼ばれます（図 8）。

結核菌感染の診断に使われるツベルクリン反応はこの反応を利用しています。すなわち、結核菌に感染したことがあるヒトでは、結核菌に感作されたT細胞（メモリー細胞）が体内にあらかじめ存在しています。この場合、結核菌由来の抗原であるツベルクリンを皮膚に注射すると、その部位にT細胞が集まってサイトカインが放出されるため、皮膚が赤く腫れます。これをツベルクリン反応陽性と判定します。一方、結核菌に感染したことがないヒトには感作T細胞が存在しない

ためにサイトカインが注射局所で産生されず、皮膚の反応も起こりません。この場合はツベルクリン反応陰性と判定されます。

ツベルクリン反応陰性の人に行うBCG接種もこの遅延型反応を応用したものです。BCGとは結核菌の菌体成分であり、これを接種することにより結核菌に感作されたT細胞を体内に増やすことができます。次に結核菌が体内に侵入した際に、結核菌に対して特異的に感作されたT細胞がこれを攻撃し、排除します。結核菌に対する免疫を能動的に作り上げ、結核に対する防御とするわけです。

一方、このような反応によって起こる病気としては、アレルギー性接触性皮膚炎などが知られています。

おわりに

このように、免疫反応は『非自己』に対して向

けられており、効果的な反応をすることにより生体をさまざまな外敵から守ります。しかし、免疫応答が過剰に起こりすぎた場合にはさまざまなアレルギー反応がおこり、生体が逆に傷つけられてしまう場合もあります。したがって、免疫応答が適度にかつタイミングよく起こるような準備状態を作ることが大切です。これが十分な防衛体力をつけるコツです。このためには、適切なアドバイスにもとづいたジュニア期からのスポーツ活動が重要な役割を担っているのはいうまでもありません。

文 献

- 1) 矢田純一著：医系免疫学改訂5版 中外医書
1997.

III フィールドワーク

1) 茨城県水海道市・小学児童における感染症罹患状況に関する調査

報告者 和久 貴洋¹⁾ 永富 良一²⁾ 伊藤 静夫³⁾
赤間 高雄⁴⁾ 河野 一郎⁴⁾

はじめに

継続的なスポーツ活動や身体運動は、全身持久力や筋力、パワー、スピードなどの体力要素を向上させ、健康の維持・増進に役立つ。スポーツ活動や運動によって改善されるこれらの体力要素は、身体的要素としての行動体力と捉えられている。

一方、防衛体力については、「運動するようになってから、風邪を引きにくくなった」などというように、スポーツ活動と疾病に対する抵抗力に関する経験的な知見がある。しかし、それにもかかわらず、スポーツ活動と上気道感染症の罹患との関係について、長期間にわたりコントロールされた疫学的研究は非常に少ない。さらに最近、競技スポーツにおいて重要な課題とされているオーバートレーニングに関して、陸上長距離選手において、トレーニング量が増えるに従い、疲労感や脱力感、睡眠障害などの症状が現われ、風邪をきっかけにオーバートレーニングが発症したケースが報告され¹⁾、オーバートレーニングと感染症に対する抵抗力との関連が注目されている。

一方、小学生から高校生を中心としたジュニア期のスポーツ活動は、健全な発育・発達、さらには競技スポーツ選手としての基礎づくりにおいて重要な役割がある。とりわけ多くの小学生はスポーツ少年団に所属し、スポーツ活動を積極的に行なっている²⁾。小学期という成長の著しい時期におけるスポーツ活動は、健全な発育・発達と健康

づくりの点から重要視されているが、近年の競技スポーツ界をみると、競技者の低年齢化が進んでおり、小学生といえども高度なトレーニングを実施するようになってきている。

このような背景から考えても、小学期におけるスポーツ活動と、免疫機能を中心とする防衛体力との関係について明らかにしていく必要があると考えられる。

そこで、「ジュニア期のスポーツ活動と防衛体力に関する研究」では、ジュニア期の発育・発達、あるいは健康維持に重要な防衛体力（免疫機能）に対して、スポーツ活動がどのような効果をもたらすかを検討することを目的として、小学5~6年生の児童におけるスポーツ活動の状況と上気道感染症の罹患状況を約2ヶ月間にわたり総合的に調査した。昨年度の報告書では、調査の実施手続きや調査内容、また調査結果の単純集計結果を報告した。本報告書では、スポーツ活動と上気道感染症への罹患との関係について報告する。

方 法

1) 対象

本研究では、茨城県水海道市の絹西小学校、三妻小学校、豊岡小学校、菅原小学校、大生小学校、菅生小学校、大花羽小学校、および五箇小学校の8校に在籍する小学5~6年生723名（男子；353名、女子；370名）を対象とした。

対象は、スポーツ少年団や道場、スイミングスクールなどの1週間あたりの練習頻度から、週当たりの練習頻度が5日以上の高頻度群をHFG(106名)、週当たりの練習頻度が3~4日の中頻度群をMFG(89名)、週当たりの練習頻度が

1) 東京大学 2) 東北大学 3) 日本体育協会

4) 筑波大学

	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日	第7日	有症状日数 (日)	症状出現率 (回)
のどの痛み	●	●	●		●	●		5	1
鼻水・鼻づまり		●	●		●	●	●	4	2
せき・たん	●			●		●		3	2
腹痛			●	●				2	1
発熱			●			●	●	4	2
疲労・身体のだるさ	●	●		●		●		4	1

図1 有症状日数と症状出現率の算出例

表1 本研究における対象のプロフィール

トータル	グループ				p	
	HFG	MFG	LFG	CG		
睡眠時間 (分／日)	529.5±34.2	529.1±30.5	525.4±38.5	533.5±33.2	529.4±34.5	NS
スポーツ活動時間 (分／日)	70.2±59.7	110.8±46.4	83.6±38.8	85.5±82.0	52.5±51.7	p<0.05
屋外での身体活動 (分／日)	42.2±44.9	41.4±44.3	41.6±29.3	43.4±39.9	42.1±49.1	NS

値は平均値±標準偏差。HFG；高頻度群(5日以上), MFG；中頻度群(3~4日), LFG；低頻度群(1~2日), CG；コントロール群(体育授業以外のスポーツ活動なし)

表2 各グループにおける主な種目分布

野球	サッカー	バスケットボール	水泳	ハンドボール	その他
HFG	3	39	54	12	3
MFG	3	40	17	10	5
LFG	18	25	0	42	11

1~2日の低頻度群をLFG(116名), スポーツ少年団等に所属していない対象群をCG(412名)に分類された(表1)。平均睡眠時間および屋外での活動時間にはグループ間で有意な差は認められなかった。しかし、1日当たりの平均スポーツ活動時間にはグループ間で有意な差が認められ、HFGの練習時間は最も高値であった。HFG, MFG, およびLFGにおける種目分布は表2に示した。

2) 調査期間

本研究における調査期間は、1996年11月18日~1997年1月31日の75日間であり、観察のペ日数は49,041日であった。

3) 調査内容

本研究では、質問紙法により日頃のスポーツ・身体活動の状況と自覚的な上気道感染症の症状を

調査した。調査は、各小学校における5~6年生のクラス担任が週1日もしくは毎日、調査用紙を生徒に配布して調査を行ない、その都度回収、管理した。

実際に調査に用いた調査用紙の一部を表3に示した。調査内容は、起床・就寝時間、睡眠時間、学校における身体活動状況として学校の休み時間に行なった身体活動の時間を記録させた。放課後の活動としては、起床・就寝時間、スポーツ実施の有無、屋外での遊び時間、ファミコンやテレビなどの座位活動時間、スポーツ少年団、道場、スイミングスクールなどの練習の欠席日を記録させた。

感染症症状としては、のどの痛み、鼻水・鼻詰まり、咳・咳、腹痛、発熱、身体の具合、疲労、身体のだるさを記録させた。また、かぜの有無、朝食欠食の有無、医療機関受診日、薬物服用日、その他の特記事項などについても記録させた。

4) 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

表3 スポーツ活動と健康についての日誌（小学生用）

	12月23日（月）	12月24日（火）	12月25日（水）	12月26日（木）	12月27日（金）	12月28日（土）	12月29日（日）
今日1日、学校の休み時間にどのくらい運動（スポーツ、ボール遊び、おにごっこなど）をしましたか？ あてはまる時間に○をつけてください	0～10分 10～30分 30分以上						
学校を休んだ日に○をつけてください、							
きのうは何時にねましたか けさは何時におきましたか	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分	時 分
今日はスポーツをしましたか (どのくらいの時間しましたか)	はい。いいえ (時間 分)						
今日は、外でどのくらいあそびましたか	時間 分						
今日、ファミコンをしたりテレビをみた時間は	時間 分						
スポーツ少年団、剣道や柔道の道場、スイミングスクールなどの練習を休んだ日に○をつけてください							
今、かぜをひいていますか	はい。いいえ						
今日は、次のようなことがありましたか？ もしあつたら○をつけてください							
のどがいたかった							
はなみずかでた、はながつまっていた							
せきやたんがでた							
おなかがいたかった							
ねつがかった（ 度）	（ 度）	（ 度）	（ 度）	（ 度）	（ 度）	（ 度）	（ 度）
今日は、からだのぐあいがわるかった							
今日は、つかれていた							
今日は、からだがだるかった							
朝ごはんをたべなかつた							
病院に行った日に○をつけてください							
くすりをのんだ日に○をつけてください							
今日は、次のようなことがありましたか？ あてはまるところに○をつけてください (あてはまるもののがなければ、何も書かないでください)							
学校の体育	遠足	運動会	運動会	遠足	運動会	遠足	運動会
じゅく	じゅく	じゅく	じゅく	じゅく	じゅく	じゅく	じゅく
おかげいこごと	おかげいこごと	おかげいこごと	おかげいこごと	おかげいこごと	おかげいこごと	おかげいこごと	おかげいこごと

ラメータを抽出した（図1）。

① 有症状率

各症状毎の有症状日数(日)を求め、それを観察日数で除して有症状率(日/観察期間)を算出した。

② 症状の出現率

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回の事象として各症状毎に症状出現回数(回)を求め、それを観察日数で除して症状出現率(回/観察期間)を算出した。

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、それより各症状について平均連続日数(日)を算出した。

5) 統計処理

これらの分析パラメータのグループ間の比較には、カイ²乗検定および一元配置分散分析を用いた。有意水準は5%とした。

結 果

本研究において、のどの痛みは9.95% (4882日)，鼻水・鼻づまりは24.51% (12020日)，せき・たんは13.02% (6384日)，腹痛は3.01% (1476日)，発熱は2.16% (1057日)，からだの具合が悪いは2.50% (1226日)，疲れは4.94% (2425日)，からだがだるいは3.05% (1495日)に観察された。各症状の有症状率には、性差およびグループ間による有意な差は認められなかつた。

図2および表4にグループ毎の各症状の出現率を示した。ほとんどの症状の出現率は、CGよりもLFGにおいて低値を示した。MFGにおいて、のどの痛み、鼻水・鼻づまり、腹痛、および疲労・身体のだるさの出現率はCGよりも低値であったが、せき・たんおよび発熱の出現率はCGよりも高値であった。HFGは、発熱を除いたすべての症状において、グループ間で最も高い出現率を示した。鼻水・鼻づまり、せき・たん、および疲労・身体のだるさの出現率にはグループ間で有意な差が認められた。

表5は各症状の平均持続日数をグループ別に示

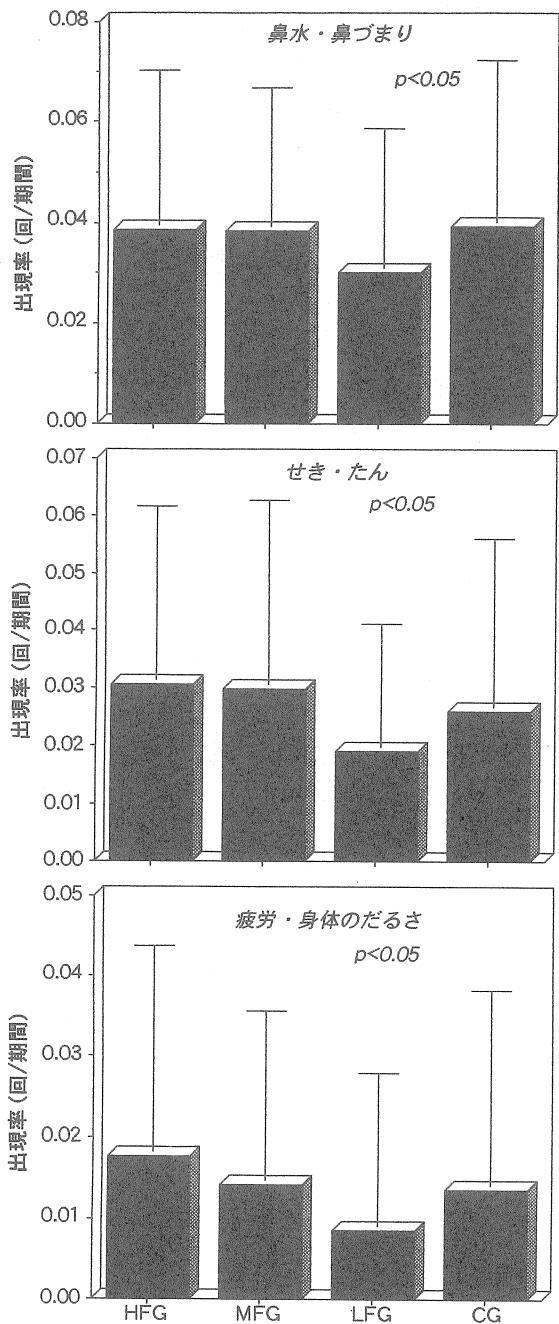


図2 鼻水・鼻づまり、せき・たん、および疲労・身体のだるさの出現率

値は平均値±標準偏差、HFG；高頻度群(5日以上)、MFG；中頻度群(3~4)、LFG；低頻度群(1~2日)、CG；コントロール群

表4 のどの痛み、腹痛、および発熱の出現率

	グループ				p
	HFG	MFG	LFG	CG	
のどの痛み (回／期間)	0.0301±0.0303	0.0233±0.0241	0.0211±0.0241	0.0257±0.0299	NS
腹痛 (回／期間)	0.0154±0.0233	0.0150±0.0232	0.0133±0.0222	0.0169±0.0257	NS
発熱 (回／期間)	0.0094±0.0127	0.0106±0.0129	0.0071±0.0105	0.0084±0.0147	NS

値は平均値±標準偏差。HFG；高頻度群（5日以上）、MFG；中頻度群（3～4日）、LFG；低頻度群（1～2日）、CG；コントロール群（体育授業以外のスポーツ活動なし）

表5 上気道感染症状の平均持続日数

	グループ				p
	HFG	MFG	LFG	CG	
のどの痛み (日)	3.16±5.03	3.02±3.99	2.46±3.88	2.58±4.71	NS
鼻水・鼻づまり (日)	6.95±9.64	6.19±9.91	8.21±13.69	6.40±9.96	NS
せき・たん (日)	3.72±5.04	3.97±6.66	4.62±6.31	3.63±6.38	NS
腹痛 (日)	0.83±1.29	0.82±1.09	0.73±1.24	0.83±1.18	NS
発熱 (日)	0.98±1.50	1.29±1.86	0.95±1.63	0.93±1.67	NS
疲労・身体のだるさ (日)	1.88±3.50	1.23±1.88	0.89±1.76	1.23±2.69	p<0.05

値は平均値±標準偏差。HFG；高頻度群（5日以上）、MFG；中頻度群（3～4日）、LFG；（低頻度群1～2日）、CG；コントロール群（体育授業以外のスポーツ活動なし）

表6 上気道感染症状の出現率と1日当たりのスポーツ活動時間との相関

	1日当たりのスポーツ活動の時間
のどの痛み	0.0310
鼻水・鼻づまり	-0.0469
せき・たん	-0.0044
腹痛	-0.0603
発熱	-0.0046
疲労・身体のだるさ	0.0232

したものである。疲労・身体のだるさの平均持続日数にグループ間で有意な差が示され、HFG の持続日数が最も高く、LFG の持続日数は CG よりも低値であった。疲労・身体のだるさ以外の症状の持続日数にはグループ間による有意な差は認められなかった。

められなかった。

次に、1日当たりのスポーツ活動時間と各症状の出現率との相関関係を検討した。しかし、両者の間にはいずれも有意な相関関係は認められなかった（表6）。また、1日当たりのスポーツ活動時間と1週間当たりのスポーツ活動への参加頻度から求めた1週間当たりのスポーツ活動時間と各症状の出現率との間にも有意な相関関係は認められなかった。

考 察

本研究において、週に4日以内のスポーツ活動を行っている小学5～6年生の児童の上気道感染

症症状の出現率は、スポーツ活動を行っていない児童および週に5日以上スポーツ活動を行っている児童のそれよりも低かった。週に5日間以上のスポーツ活動を行っている児童は、それらの症状の出現率は最も高い値を示した。上気道感染症への罹患と運動の関係について、Niemann³⁾は中強度・中頻度の運動は罹患リスクを下げるが、高強度・高頻度の運動はそれを高めるというJカーブセオリーを提唱した。本研究の成績はこのセオリーに一致している。

Douglas らは⁴⁾、大学競技選手における9週間のトレーニング期間中の上気道症状の発生頻度を一般学生と比較し、大学競技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ている。このほか、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がある^{5,6,7,8,9)}。本研究においては、対象がスポーツ少年団等で行ったスポーツ活動の運動強度を定量していない。そのため、本研究における上気道感染症症状と運動強度との関連については言及することはできない。しかし本研究では、スポーツ活動時間については定量した。その結果、HFGにおける1日当たりのスポーツ活動時間は、MFGおよびLFGよりも高値を示した。しかし、1日あるいは1週間当たりのスポーツ活動時間と各症状の出現率との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった。これらのことから、10~12歳の小学児童における上気道感染症の症状の出現率には、スポーツ活動の時間よりはスポーツ活動への参加頻度が関係している可能性が考えられる。

一方、上気道感染症への罹患に影響を及ぼす因子としては、このほかにも、スポーツ少年団等での練習以外に日常生活における身体活動、休養、栄養摂取状況などの多くの因子が考えられる。本研究においては、このような因子として、睡眠時間、学校の休み時間に行なった身体活動の時間、屋外での遊び時間、ファミコンやテレビなどの座位活動時間を調査した。しかし、これらと上気道感染症症状の出現率との間には有意な相関関係は

認められなかった。栄養摂取との関連については、朝食の欠食による栄養摂取の歪みによる影響を考慮したが、本研究において朝食を欠食した対象はほとんど認められなかった。

以上のことから、10~12歳の小学児童において、週に1~4日間のスポーツ活動は上気道感染症への抵抗力（防衛体力）を高めるが、不活動な生活および週に5日以上のスポーツ活動は感染症に罹りやすくする可能性が考えられる。したがって、この時期における防衛体力の向上のためには、適度な運動を行うことが望ましいと考えられる。

文 献

- 1) 河野一郎：免疫からみたオーバートレーニング。臨床スポーツ医学 7 : 557-560, 1990
- 2) 日本体育協会：平成7年度スポーツ少年団育成事業報告書。1996
- 3) 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
- 4) Douglas, D. and Hanson, P. : Upper respiratory infections in the conditioned athlete. Med. Sci. Sports 10 : 55, 1978
- 5) Heath, G. W. et al. : Exercise and the incidence of upper respiratory tract infections. Med. Sci. Sports Exerc. 23 : 152-157, 1991
- 6) Linde, F. : Running and upper respiratory tract infections. Scand. J. Sports Sci. 9 : 21-23, 1987
- 7) Peters, E. M. : Altitude fails to increase susceptibility of ultramarathon runners to post-race upper respiratory tract infection. S. Afr. J. Sports Med. 5 : 4-8, 1990
- 8) 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
- 9) Peters, E. M. and Bateman, E. D. : Respiratory tract infections: an epidemiological survey. S. Afr. Med. J. 64 : 582-584, 1983

2) スポーツ少年団活動におけるカゼ対策についてのアンケート調査の結果報告

永富良一¹⁾, 小川恵子¹⁾, 伊藤静夫²⁾

は じ め に

ジュニア期のスポーツ活動と防衛体力に関する研究班では、スポーツ少年団活動におけるカゼ対策の標準的なガイドラインを作成すべく、前章で紹介したカゼ罹患とスポーツ活動との関連の実態を明らかにする調査、ならびにいくつかの基礎研究を展開しています。その一環として、昨年度、スポーツ少年団活動の現場において、団員のカゼ罹患がどのような影響を及ぼしているか、またどのような対処が行われているか現状を把握し、ガイドライン作成の参考にするために、カゼ対策についてのアンケート調査を全国スポーツ少年団認定育成員の方々を対象に実施しました。全国約2300名の育成員の中から787名の方々から現場でのカゼ対策について貴重な情報が得られましたので、その結果をここに紹介します。

調 査 方 法

調査期間：インフルエンザなど一連の上気道感染症の流行期がすぎて間もない平成9年3月に実施。

調査対象：全国スポーツ少年団認定育成員（平成7年度認定者2300名）

調査用紙：別紙参照。（p.26）

回収数：787件（回収率：34.2%）

結果および考察

A 回答をいただいた育成員の方々が所属するスポーツ少年団の概略

図1aに示すように団員数は50人未満の団が多く、特に20から30名前後の団がもっとも多いことがわかります。また構成団員は図1bのように、小学校高学年の児童が中心でした。指導者数

は図1cのようにおおむね3～5人で10人未満の団が4分の3以上を占めています。活動形態は図1dのように単一種目型が73.6%ともっとも多く、複合型、併行型を併せてほぼ25%でした。

図2に単一種目型の団の実施スポーツ種目を示しましたが、サッカー、剣道、野球の3種目いずれかを行っている団が、単一種目型少年団の半数以上を占めています。

図3に月平均活動日数、週平均活動日数、および一日当たりの活動時間数を示しました。図からもわかるようにおおむね週2日前後行っている団が多く、ほぼ半数の少年団は一日当たりおおむね2～3時間程度活動していることがわかりました。

B カゼへの対処について

1 活動に対する支障

最初の質問項目は、団員がカゼにかかったことにより少年団の活動に支障があったかどうかですが、図4に示すように、支障をきたしたと答えたのは全体の30%でした。ケガや事故などとの比較は行っていませんが、たかがカゼ、されどカゼ、決して軽視できるものではないことがわかります。

どのような活動状況の少年団に支障があったかを分析した結果を図5に示してみました。図5aに示すように週平均活動日数の多い方が、支障を來した割合が高くなる傾向にありました。また図5bに示すように、一日平均活動時間が長いほど支障を來した割合が高くなる傾向が認められました。一日の活動時間が長い団が、週のうち多く活動しているかというと、それはむしろ逆でした。図5cに示すように、少年団を一日の活動時間別に、週何日活動しているか分類し、その比率をみてみました。すると一日の活動時間が長い団は、週1日ないし2日活動を行っている団が多いのですが、一日の活動時間が短い団ほど、週2日ない

1) 東北大学 2) 日本体育協会

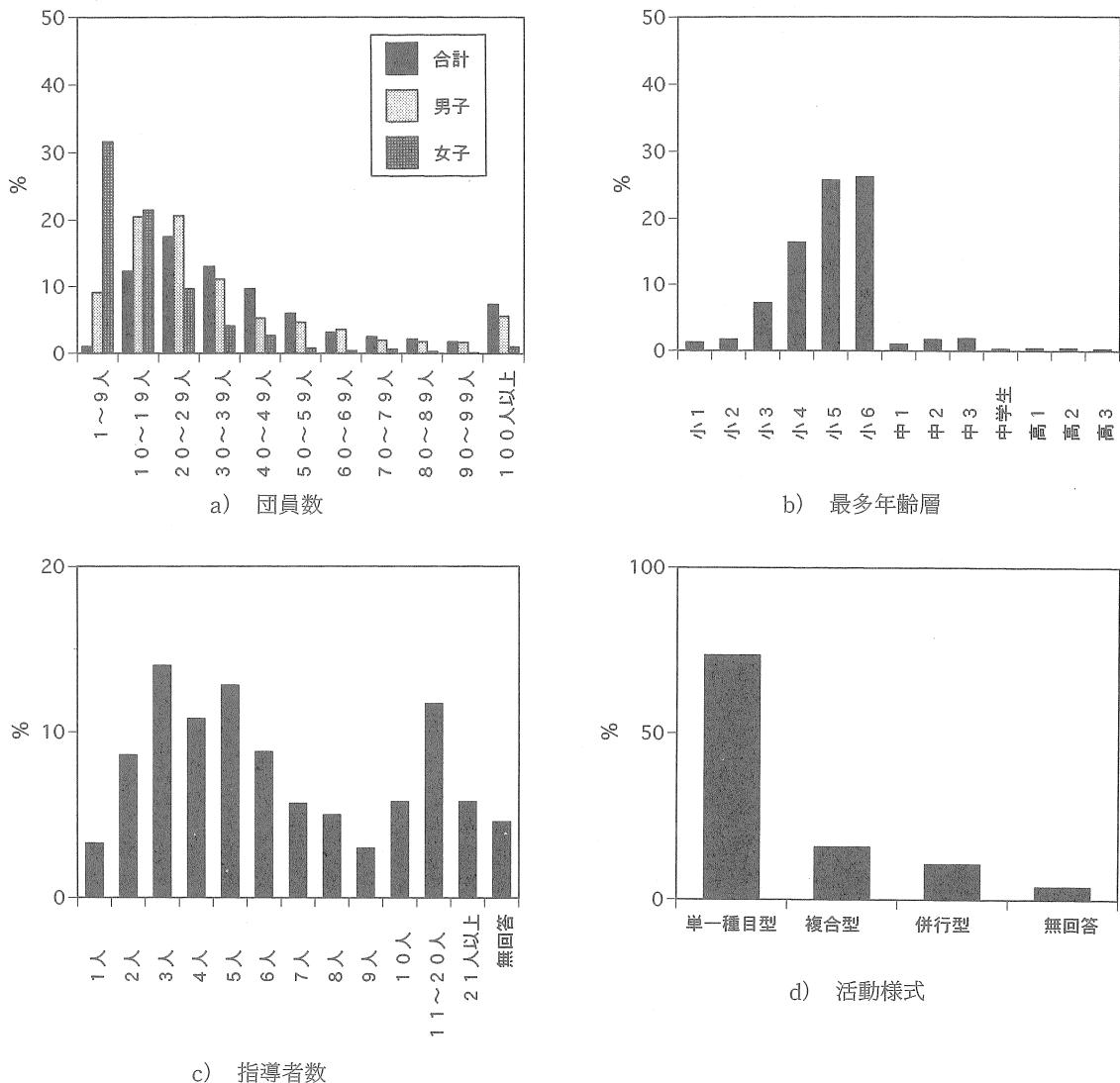


図1 回答したスポーツ少年団の概略

し3日あるいはそれ以上活動を行っている割合が高いことがわかります。したがって、一日の活動時間が長い団、あるいは週当たりの活動日数が多い団ほど、カゼにより活動に支障を来している割合が高いことがわかります。

この結果は前章で紹介した、水海道市の小学生を対象にしたスポーツ活動とカゼ罹患率の調査の結果、週平均のスポーツ活動の頻度が多いとカゼをひく頻度が増えていたことと考えあわせると興味深いものがあります。すなわち週当たりの活動

日数が多い団は、単に活動に支障を来すことが多いだけでなく、カゼにかかる確率も高い可能性があるわけです。ただし、われわれの調査結果から考えると、カゼをひく頻度が高かった子供たちは週5日以上スポーツを行っている子供たちなので、あるいは一つの少年団あるいはスポーツクラブだけではなく、掛け持ちで、たとえばサッカーあるいは野球とスイミングを行っているケースが多いことが推測されます。指導する立場としては、団員の子供たちが行っている当該少年団以外

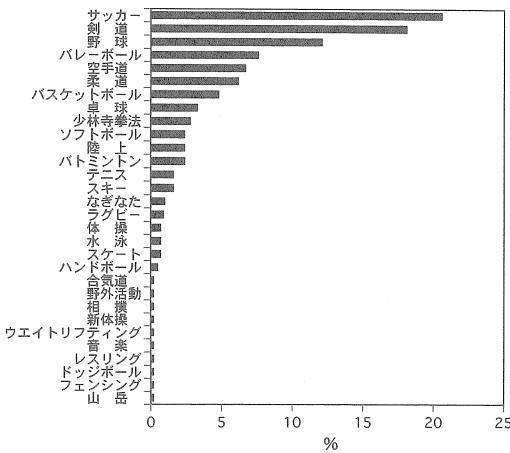


図2 単一種目型少年団の実施種目

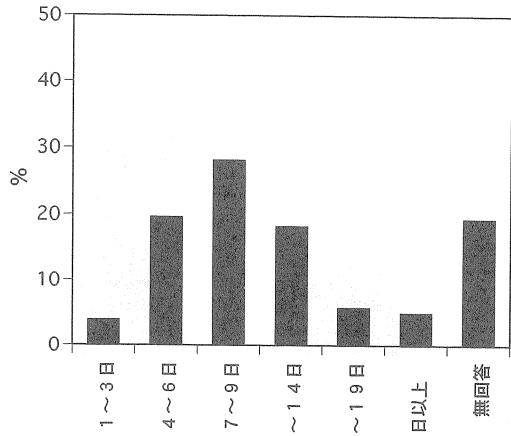
のスポーツ活動にも注意をはらい、過重な負荷がかかるつたり、疲労が蓄積しすぎないようにすることも必要かもしれません。

次に、実際に団員がカゼをひくことにより、どのような支障を来したのかを図6にまとめてみました。カゼによる欠員のために試合や練習に支障を来したケースがもっと多く、243件の回答の大半がこれに該当しました。しかし、中にはカゼなどで団員が欠席したときのチーム力の低下を問題にする事自体、勝敗中心の競技重視になっており、少年団本来の目的である子供の体力づくりを第一に考えるべきであるという批判的な意見もみられました。

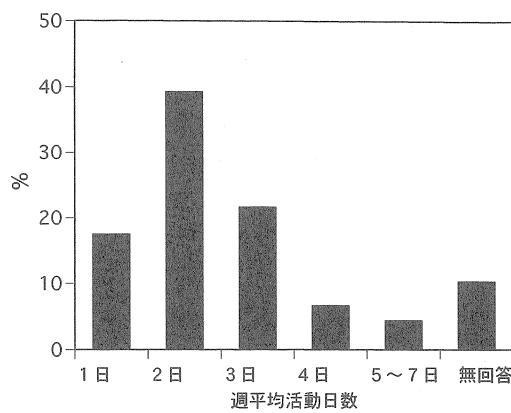
2 団員がカゼをひいたときの対処について

カゼをひいたときの対処について悩んだり、困ったことがあったかどうかの問い合わせに対する回答は17.3%と、団員がカゼをひいたことにより支障を來した率よりも、比較的小さい割合でした。前項と同様に活動状況別に対処について困ったことの有無を調べてみると、図8のように一日当たりの活動時間が長いほど対処について困ったことが生じてくる率が高いようです。

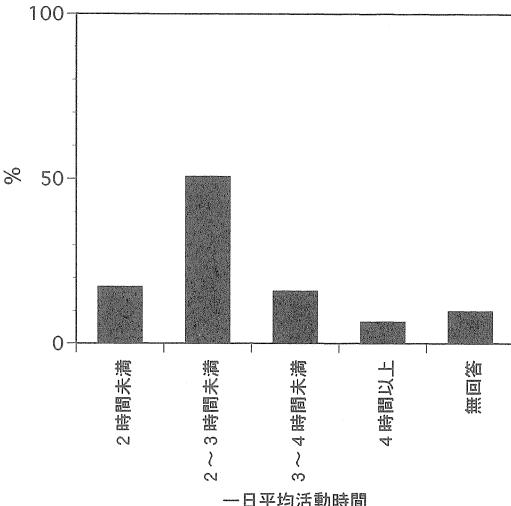
では、実際どのようなことで困っているのかを次の図9にまとめてみました。157件の回答をいただきましたが、内容をみると実際に困ったことについては124件でした。もっとも多かったのは、カゼをひいた団員、カゼのなおりかけの団員



a) 月平均活動日数



b) 週平均活動日数



c) 一日当たり活動時間数

図3 活動日数および時間

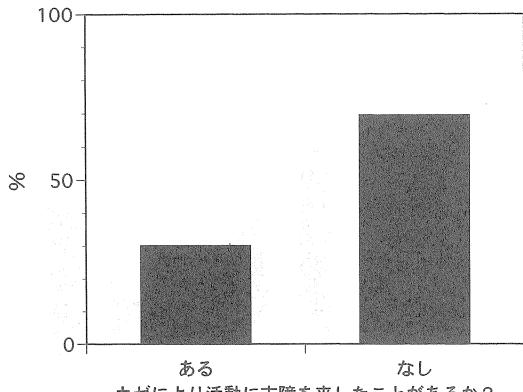
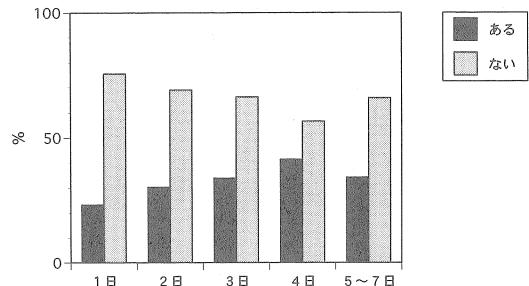


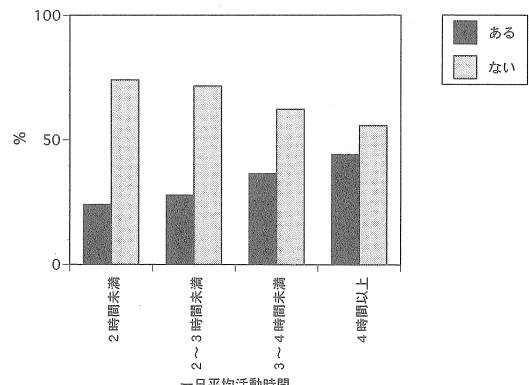
図4 団員のカゼによる少年団活動への支障の有無

を試合や練習に参加させてよいかどうか、見学させるべきか、または帰宅させるべきか判断に悩んだというケースと、団員がカゼをひいている、あるいは治りかけなのに、本人が症状をかくしたり、軽く申告したりして無理に参加、またはそのために活動中に症状が悪化したケースがほぼ同数で、あわせて73件ありました。前項と重複しますが、練習計画や試合のメンバー決定に困ったとの記載が17件ありました。さらに団員間での感染の蔓延を心配し、カゼをひいた子供の参加を見合わせてもらったり、その判断に苦慮したケースが10件、練習中に具合が悪くなり、帰宅させようと思っても保護者と連絡がつかなかつたり、保護者の判断を仰ごうと思っても連絡がつかない、子供自身の体調の認識と保護者の認識のずれで悩んだなど、保護者との関係で困ったケースが7件ありました。

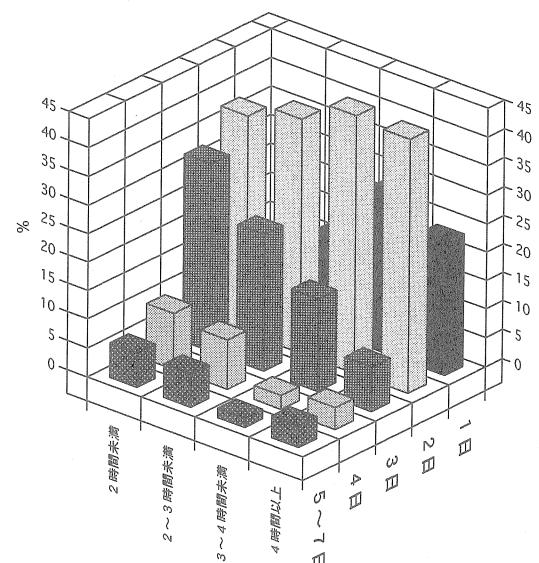
この質問項目に回答をいただいた方々の中で、対処に困ったことではなく、実際にどのように対処したかを書いていた方々がいましたが、無理をさせずに休ませたり、見学させたりするという回答が28件ありました。「カゼ」のほとんどはウイルスあるいは細菌感染です。細菌感染の場合は、医療機関受診の上、細菌を直接攻撃する抗生素による薬物治療が必要になります。一方ウイルスの場合は、ウイルスを排除する薬物はなく、ウイルス排除能力を高めることが重要になりますが、これには保温、安静、十分な栄養補給と、脱水の予防が大変重要です。このことを考え



a) 週平均活動日数別



b) 一日平均活動時間別



c) 一日平均活動時間別の活動日数

図5 カゼによる活動への支障の有無と活動日数および時間との関連

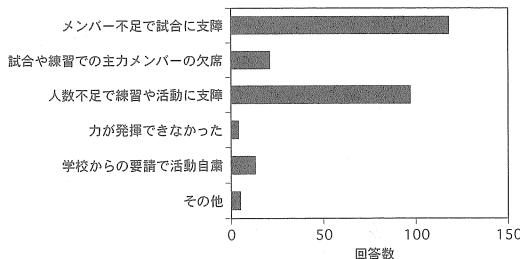


図6 団員のカゼにより困ったこと（自由回答）

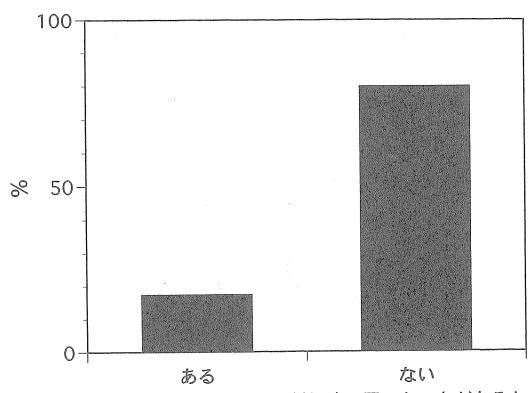
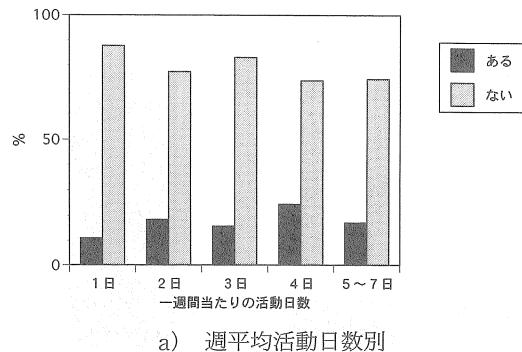


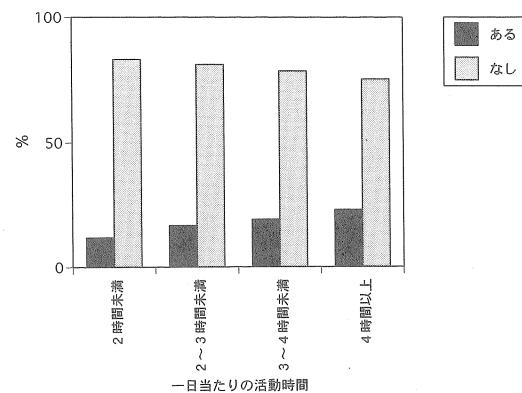
図7 団員のカゼに対する対処

ると、カゼをひいているときは症状が軽くとも、それは単に初期症状であるために軽いだけかもしれない、無理をさせずに練習や試合に参加させないのは賢明な判断といえるでしょう。よく誤解されるのは、「汗をかけば熱が下がる」あるいは「カゼを治すために、汗をかくほど厚着をさせたり、運動をさせたりする」ことですが、これは脱水を助長し、重症化をまねく原因になりますので、厳に慎むべきです。実際、無理して練習や試合に参加し、途中で具合が悪くなつたというケースが36件と決して少なくないことから、判断に迷う場合は、勇気ある撤退を考えるべきでしょう。さらにカゼをひいてもなお活動することは、カゼをひいた本人の不利益になるのみならず、他の団員に感染する可能性も十二分にあり、そういう意味でもカゼをひいた団員は休むことが望ましいと考えられます。

カゼをひくのはたるんでいるからだといわれることがあります。たしかに不規則な生活、栄養の偏りなど自己管理が行き届かないと感染のリスク



a) 週平均活動日数別



b) 一日平均活動時間別

図8 活動日数あるいは活動時間とカゼへの対処で困ったことの有無

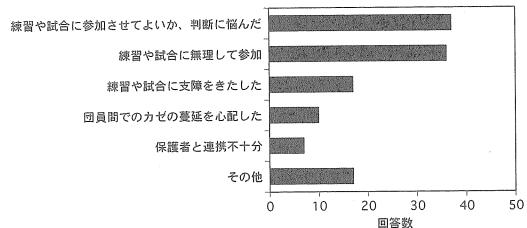


図9 団員のカゼへの対処に困ったこと（複数回答可）

が増加することは事実です。しかし、だからといってカゼをひいてしまったら、その時は上記の注意を守り回復に努めるべきだと考えます。むしろ治ってから規則正しい生活を含め、カゼの予防策等を指導すべきでしょう。

大事な試合にカゼをおして出場する、カゼでメンバーが足りなくなり大会に出場できなかつた

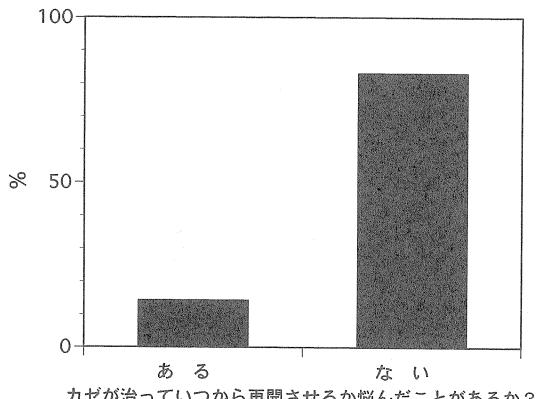


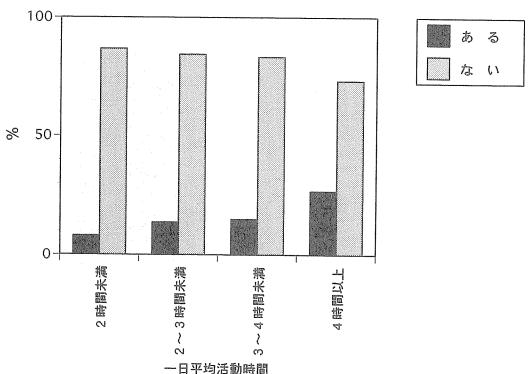
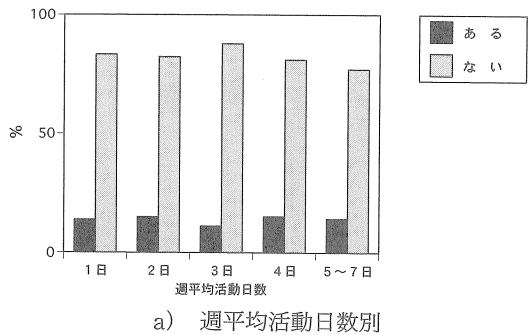
図10 団員のカゼが治った後の再開の判断について

り、負けてしまったりというケースがあります。勝利至上主義は決してよいことではないと思いますが、一方でスポーツをやる以上、日頃の練習の成果を発揮し、勝つことによる達成感を得るというのは子供たちにとって重要な体験であると考えられます。大会や大事な試合の前にできるだけカゼをひいたり体調を崩さないような指導、アドバイスを行い、予防に努めるべきでしょう。そのためにはどうしたらよいかというのが、本研究班の重要な使命になっています。

3 カゼが治って、いつから活動を再開させるかについて

再開の判断について指導者が悩んだことがあるかどうかの問い合わせに対しては、図10に示すように、あると答えたのは14.4%と前項よりもさらに少ないことがわかります。再開の判断の悩みについても図11のように、一日当たりの活動時間の長い団の方が多い傾向にありました。自由回答には137件の回答がありましたが、どのように悩んだかは39件で、それ以外はすべて再開の判断についてでした。

図12に示すように、団員本人、保護者あるいは医師の判断に基づき再開するとしたものが61件ありました。あとで再びふれますが、基本的には保護者、本人が自分の責任で活動を再開するケースが多いようです。ただし指導者が何らかの形で判断しているケースも23件あり、本人がよしとしても指導者の目からは十分に回復していないため、現場で判断せざるを得ないケースがあるこ



b) 一日平均活動時間別の再開判断に伴う困難の有無

図11 活動日数および活動時間別の再開判断の困難の有無

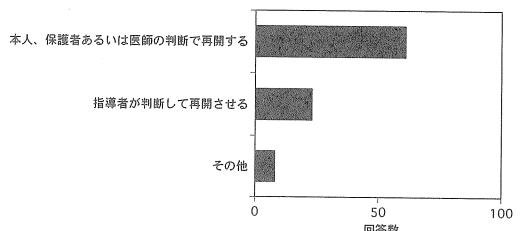


図12 活動再開を誰が判断するかについて

とも事実のようです。

治りきっていないのに早く再開したがる子供たちがいる一方、一度休むと、なかなか出辛くなる子供たちもいます。治りきっていないのに早く再開したい子供たちがいることは、別な視点からいえば、魅力的な少年団づくりに成功しているといえるでしょう。逆に一度休むとなかなかでてこなくなる子供たちがいる場合には、子供たちが喜ん

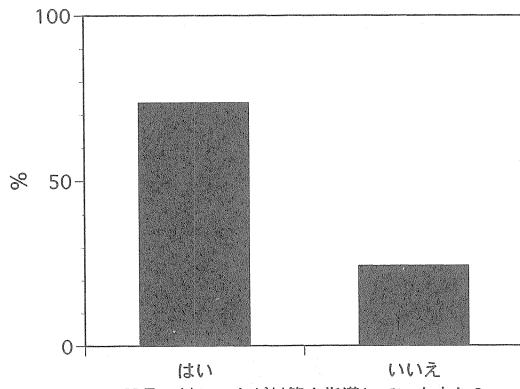


図13 団員に対するカゼ対策指導の有無

で再開できるような環境を整えることも考える必要があるかもしれません。

4 団員に対してのカゼの予防法の教育あるいは具体的な予防策の有無

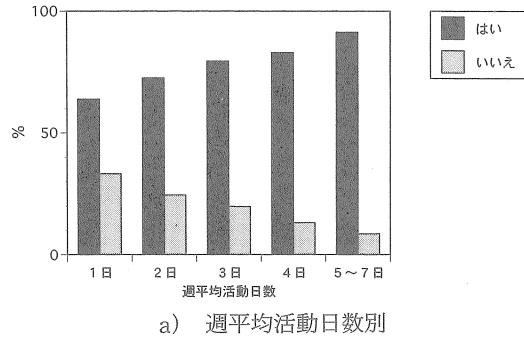
この問い合わせに対しては、図13のように73.6%の方が何らかの指導を行っていることがわかります。さらに図14に示すように、カゼによって支障を来したり、対処に悩んだりすることが多かった少年団、いいかえれば週平均活動日数が多いあるいは一日あたりの活動時間が長い団ほど、何らかの形で指導を行っている割合が高いことがわかります。

実際にどのような指導を行っているかを自由回答で答えていただいたところ、787名中583名の方にお答えいただきました。図15にその結果を示します。図の各項目を同時に指導している方も多く、特にうがいと手洗いを指導してある方が多いことがわかりました。

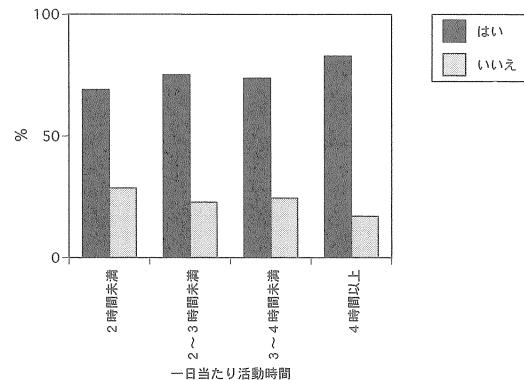
5 カゼ対策の指針（ガイドライン）の利用希望の有無

図16に示すように、実に75.9%の方がカゼ対策についての指針があれば利用したいと答えています。これも活動日数あるいは活動時間が長い団ほど希望が多いことが図17よりわかります。

カゼにより支障を来したり、対策に困ったという割合が2~3割程度であったのに対して、ガイドラインの利用希望は7割以上もありました。前項での実際の指導と併せて、各指導者の方々の意識の高さがわかると同時に、指導の根柢になるも



a) 週平均活動日数別



b) 一日平均活動時間別

図14 週平均活動日数および一日平均活動時間別のカゼ予防指導の有無

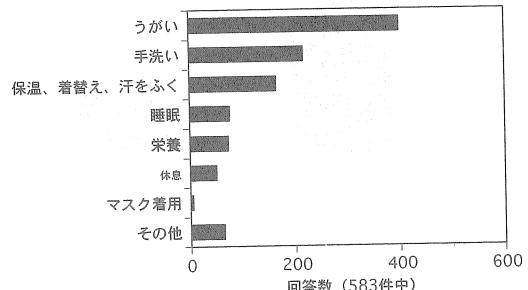


図15 カゼ予防指導の内容（複数回答あり）

のが望まれていることも明らかになりました。

6 団員がカゼをひいたときの対処法について

最後にカゼをひいた団員の活動を見合わせるかどうかの判断基準についての回答を図18に、再開させるかどうかの判断基準についての回答を図19に示しました。先にも述べたように指導者が判断する必要はなく、本人、保護者あるいは医師の判断による場合も少なくありませんでした。ま

た、本人あるいは保護者と相談して決めている場合も多いようです。

指導者が判断する場合の基準については、活動を見合させるか否かについては、「熱があれば休ませる」、あるいは「熱の有無にかかわらず症状があれば休ませる」場合が多くみられました。「症状が重くなければ活動させる」は、「熱があれば休ませる」の裏返しのケースが含まれていると考えられます。一方「少々の熱なら活動させる」、「無理してでも参加してもらう」がわずかながらありました。2で述べたように、基本的には明らかなカゼ症状があったり本人が不調を訴えた場合には、仮に熱がなくても休ませるのが安全です。特に、熱がある場合には先にも述べましたが、危険が大きいといわざるを得ません。軽い症状で活動させる場合は、本人も保護者も承知の上でとは思いますが、指導者としては注意深く見守るのが望ましいと考えられます。

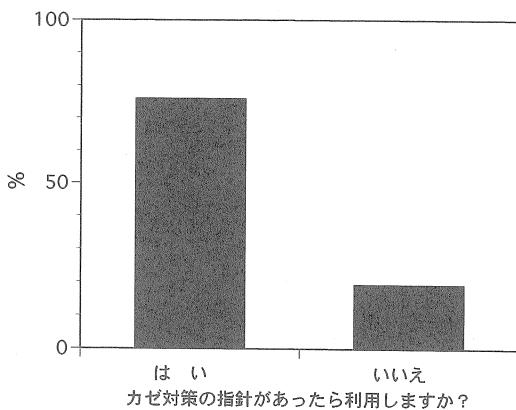
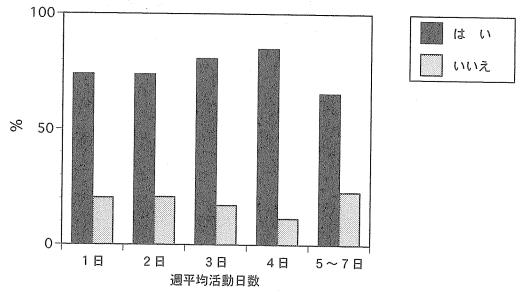
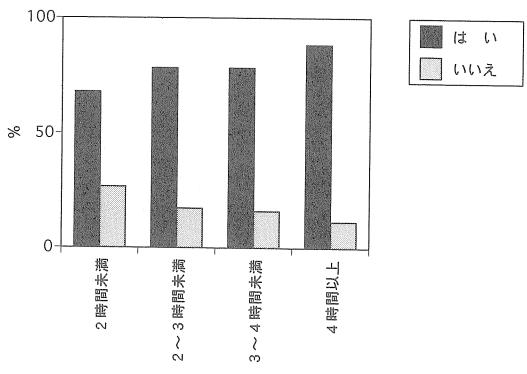


図 16 カゼ対策ガイドライン利用希望の有無

図 19 の再開の基準では、指導者が判断する場合には「症状がなくなれば再開を勧める」がもっとも多く、「症状が軽くなれば」が続きました。これも上と同様ですが、症状が残っている場合には指導者は注意深く見守るのが望ましいと考えられます。



a) 週平均活動日数別



b) 一日平均活動時間別

図 17 活動日数および活動時間別のガイドライン利用希望の有無

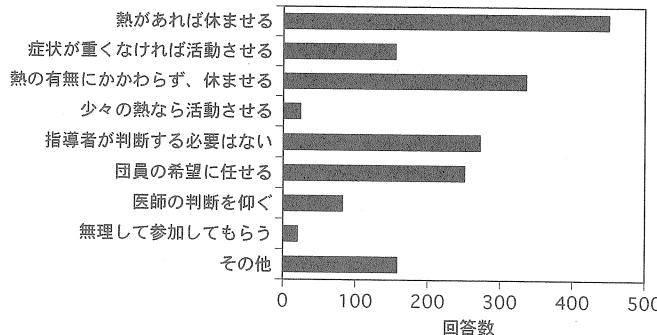


図 18 団員がカゼをひいたときに活動を見合させる基準（複数回答可）

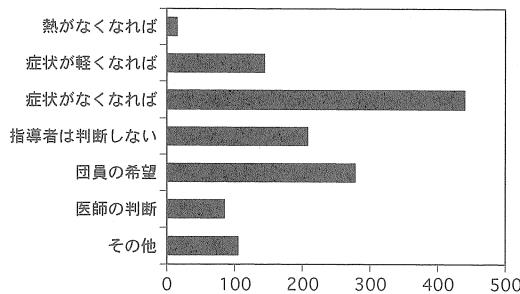


図 19 カゼをひいたあと活動再開を勧める基準（複数回答可）

ま　と　め

今回の調査により、スポーツ少年団活動において団員のカゼは決して小さな問題ではないことがわかりました。カゼをひいた子供たちが活動を休むかどうかについては、建前からすれば、本人あるいは保護者が判断すべきことですが、小学生が団員の中心であることもあり、現実には指導者が現場で判断を求められることが決して少なくないことも明らかになりました。さらに多くの指導者

がカゼの予防策について子供たちに指導を行っていると同時に、一定の指針（ガイドライン）が必要とされていることがわかりました。

最　後　に

われわれ研究班では今回のアンケート調査の結果、および基礎実験の成果をふまえて、次章で紹介するガイドラインの作成を試みています。今年度はこのカゼ対策ガイドライン試案を、実際に約800名の小学生を対象にした介入調査の中で利用し、その実効性の検討を行っており、来年度その結果を報告するとともにガイドラインを公表する予定でいます。現場の指導者の方々に利用していただけるより良いものができるよう努力するつもりです。

今回の調査に当たり、お忙しい中、多数のスポーツ少年団指導者の方々から大変貴重なご意見、情報をいただき、現状把握の目的を達成することができました。ご協力いただいた皆様に紙面を借りて厚く御礼申し上げます。またご意見、ご批判等ありましたら是非ご一報ください。

カゼ対策についてのアンケート

御記入の上、同封の封筒にてご返送ください。

A. まずははじめに貴団の概略をわかる範囲でお教えください。

1. 団員数： 男子（ ）名・女子（ ）名
2. 年齢層（学年）：最年少（ ）年～最年長（ ）年： 最多（ ）年
3. 指導者数： （ ）名
4. 種目：（該当する項目に○をつけてください。）
a. 単一種目型（種目名： ） b. 複合型
c. 併行型（種目名1： ）（種目名2： ）（種目名3： ）
5. 活動状況 a. 日数（月平均：約 日、週平均：約 日）
b. 時間（活動時間：約 時間/日、週平均：約 時間/週）

B. 下記の質問項目について該当する答えの欄に○をつけてください。

1. 団員のカゼにより団の活動に支障を來したことがありますか？
* 「ある」と答えられた方はどのように支障を來したか、
よかったですら下欄に簡単に記入してください。

B1	
ある	ない

2. 団員がカゼをひいているときにどのように対処するか困ったことがありますか？
* 「ある」と答えられた方はどのように困りましたか、
よかったですら下欄に簡単に記入してください。

B2	
ある	ない

3. 団員がカゼをひいたあと、いつごろから活動を再開させるべきか
悩んだことがありますか？
* 「ある」と答えられた方はどのように困りましたか、
よかったですら下欄に簡単に記入してください。

B3	
ある	ない

4. 団員に対してカゼの予防法を教育したり、具体的な予防策をとっていますか？
* 「はい」と答えられた方はどのような予防策をとっていますか、
よかったですら下欄に簡単に記入してください。

B4	
はい	いいえ

5. 団員がカゼをひいたときにどのように対処するか、一定の指針があれば利用したいと思いますか？

B5	
はい	いいえ

C. 団員がカゼをひいたときに普段はどのように対処していますか？

該当する項目のアルファベットに○をつけてください（複数回答可）

（なお「カゼ」とは団員の症状をみて、ご自身がそのように判断された場合、

もしくは団員が申告した場合の状態を指します。）

I.. カゼをひいた団員のスポーツ活動を見合わせるかどうかの判断について

1. 热があれば休ませる
2. 热がなく、症状が重くなれば、活動させる
3. 热の有無に関わらず、休ませる。
4. 少々の热なら、むしろ運動した方がよいので、活動させる。
5. カゼをひいた団員は親から連絡があり、休ませるかどうか指導者が判断する必要はない。
6. 団員の希望にまかせる。
7. 医師の判断をあおぐ。
8. 試合の時は、本人さえよければ、クスリを使って無理してもらっても参加してもらう。
9. その他（下欄に具体的に書いてください）
(

II.. カゼをひいて休んだ団員のスポーツ活動の再開の判断について

1. 热がなくなれば、症状の有無に関わらず、活動再開を勧める。
2. 热がなく、症状が軽くなれば、活動再開を勧める。
3. 症状が、すっかりとれてから活動を再開してもらう。
4. カゼをひいた団員は親から連絡があり、再開させるかどうか指導者が判断する必要はない。
5. 团員の希望にまかせる。
6. 医師の判断をあおぐ。
7. その他（下欄に具体的に書いてください）
(

ご協力ありがとうございました。

なお当研究班では今後、より詳細なカゼの実態調査を行うことを計画しています。その際に貴団体に協力ををお願いできませんでしょうか？ご協力いただける場合には下欄に必要事項を記入してください。もちろんここでご承諾をいただいたからといって、今後の調査への参加義務が生じるわけではありません。次回調査のときにあらためて協力依頼をさせていただきます。

団体名：

責任者／担当者名：

アンケートの回答者：

連絡先：住所：

電話（FAX）：

当アンケートに関して、お気づきの点、ご意見、ご要望などありましたら下欄に記入をお願い申し上げます。

(

3) カゼ予防ガイドライン試案の作成

永富 良一¹⁾ 和久 貴洋²⁾ 伊藤 静夫³⁾

スポーツ少年団指導者に対するアンケートの結果からも、カゼをひいてから対処するよりも、カゼをひかないように予防することが肝要であることがわかります。カゼの予防それ自体は各家庭の問題です。しかし、現実にはスポーツ少年団活動の中で、指導者が団員のカゼに対応せざるを得ない場面が決して少なくないことが今回の調査の結果からも明らかになりました。また、カゼの予防策について何らかの指導を多くの指導者が行っていることもわかりました。しかし、その内容はまちまちであり、今回のアンケートからも指針あるいはガイドラインがあれば利用するという回答が多くよせられました。

本研究班ではこのようなニーズに答えるべく、現場で利用が可能なガイドラインの作成を目指しています。今年度は基礎実験などの結果も考慮し、試案を作成し、その実効性の検証を行い、より良いガイドラインの完成を目指すことにしました。

カゼの予防については、世間一般でも様々なことがいわれており、様々なことが試みられています。しかし、科学的にその根拠、理由を説明できる予防策はそれほど多くはありません。「科学的」であることがなぜ重要かというと、それは再現性があるということです。すなわち誰が実施してもそれなりの効果が期待できるということです。また指導する立場にたつと、同じ内容でも、その根拠が示せた方が、理解してもらいやすいし、実施する方も納得した上で実行できるため動機付けも容易になるはずです。そこで、今回のガイドラインには、その根拠が比較的明確なもので、かつ実施が容易なものを選び、かつそれに十分な根拠の説明を付け加えました。この説明は、小学生でも理解できるような表現を用い、単に子供たちにや

らせるだけでなく、子供たちになぜそれを行うのかを理解してもらうことを意識して作成しました。

以上の点に留意して作成した試案が、次に示す「カゼから身を守る4ヶ条」です。1) ウィルスとの接触確率を低くすること、2) ウィルスが高い温度に弱いことから、鼻やのどの保温、あるいは冬季には運動後の保温を行うこと、3) 家族、友人など、生活の中で接触の多い人たちにも協力してもらうこと、4) 不調を感じたときに無理をしないこと、以上4点を4ヶ条とし、さらにそれぞれについて実施可能な対策を盛り込みました。この中の第2条で、保温のためにマスクを着用することが含まれています。マスクは常識的にいえば、カゼをひいた人が着用するイメージがありますので、奇異に感じられるかもしれません。しかし、保温によるウィルス増殖の抑制効果が十二分に期待できますので、恥ずかしいと思う子供たちもいるかもしれません、何とか励行してもらえば、カゼの予防効果はかなり高いと考えられます。

もう一点留意していただきたいのは、年がら年中カゼの予防策をとることは必ずしも望ましいことではありません。やはり重要な行事があるとき、その1~2ヶ月前から実施したり、またカゼ、特にインフルエンザが流行しているという情報をいち早く把握し、必要な時期だけに限定して行うことが重要だと考えています。

カゼから身を守る4力条

寒い季節になると、マスクをかけ、せき込んだり、鼻をかんだりする人が増えてきます。たかがカゼされどカゼ。カゼは万病の元といわれます。実際、大事な試合の前、試験の時などにカゼをひいてしまった経験がある人はそんなに少くないはずです。けれども体のコンディションを整え、

1) 東北大学 2) 東京大学 3) 日本体育協会

カゼから身を守るのも自分の責任です。この4カ条は、どうやってカゼから身を守ったらよいのか、今までよく言われていることを中心に、特になぜそうしなければならないかをわかりやすく解説したものです。是非これを参考にカゼをひかずに冬場をのりきってください。

第1条 カゼのウイルスを近づけない

カゼをひかないためには、カゼの原因になっているウイルスが体に侵入しないようにすることが大事です。

カゼウイルスの主な侵入ルートは、鼻やのどの粘膜です。

1) セキや、くしゃみで飛んだツバやタンがとびこむ。

2) 手や顔についたウイルスが、鼻やのどに入る。

1)は、みなさんよく知っているのですが、2)は、意外に忘れられがちです。カゼをひいている人がしたセキやくしゃみが、テーブルやイス、待合室のマンガ本や週刊誌、公衆電話の受話器についてります。また鼻をティッシュペーパーでかんでも、ウイルスはしみとおって、手にくっつきります。その手がふれた手すりやドアのノブなどにはウイルスがくつついでいる可能性が大です。みんなさんの手がこういったところをふれる可能性もまた大きい。さらに、みなさんは無意識のうちにょっちょゅう顔、とくに口や鼻の近くを手でふれています。もちろんこんな時は、手についたウイルスはのどや鼻の中に入りやすくなります。また、ウイルスのついた手でパンやおかしを持って食べると、ウイルスもいっしょに口の中に入ってしまいます。みなさんは、こうやってカゼをひくことになります。

よくカゼをひくとマスクをかけます。けれどもマスクをしても、ウイルスがセキをしたときやクシャミをしたときに回りに飛んでいくことは、防げません。第2条でのべますが、これはマスクをすることによってのどを保温し、ウイルスが活動しにくくすることが大事で、人にうつらないようにすることはできません。むしろ周りのカゼをひいていない人がマスクをした方が、ウイルスがの

どに飛び込むのを防ぐ効果は高いと考えられます。

さて、それではどうやったら目にみえないウイルスがからだの中に入るのを防げるでしょうか？防ぐ方法を紹介しましょう。ただし、これから紹介する方法は、時と場合によってできることとできないことがあります。できることをできるだけやるようにしましょう。

- 1 カゼをひいている人とできるだけ話しをしなければよいのですが、それで友達と話ができなくなってしまうことがあります。カゼをひいている人と話しをするときは、カゼをひいていない自分がマスクをかけてのどを守りましょう。
- 2 カゼがはやっているときには、できるだけ人がたくさん集まるところへはいかないようにするとよいのですが、だからといって学校を休むわけにはいきません。カゼがはやっているときに人が集まるところに行くときは、カゼをひいていない自分がマスクをかけてみましょう。
- 3 ウィルスはあちらこちらにくつついでいます。カゼがはやっているとき、外出先では、必要なないところにはさわらないようにしましょう。特に病院では気をつけましょう。
- 4 スポーツ少年団、クラブでは、タオルやコップ、給水ボトルをみんなで使ったり、ペットボトルの回し飲みをやることがありますが、誰か一人でもカゼをひいているとみんなにうつってしまう可能性があります。タオル、コップ、給水ボトルなどは自分専用のものを使いましょう。
- 5 1,2,3,4は、いつもできるわけではありません。したがって、手や顔にウイルスがくついてしまうことを完全には防げません。でも、くついたウイルスはそこから体の中にいるわけではありません。のどや鼻に入ってはじめて体の中に入っています。その前に洗い落としてしまえばよいのです。学校から帰ってきたとき、外出から帰ってきたとき、食事やおやつを食べる前は、まず水で手を洗って、次に顔を洗って、それからうがいをし

ましょう。先にうがいをするとかえってウイルスが口の中に入ってしまいます。

第2条 ウィルスが体に入っても活動しにくい環境をつくる

運悪くウイルスがのどや鼻に入ってしまったらどうしたらよいでしょう。ウイルスがのどや鼻に入っても必ずしもカゼをひくわけではありません。体にはウイルスをやっつけるいろいろなしあげがあってわれわれの体を守っています。カゼがはやってみんながセキをしているときでも、全くカゼをひかない人もいます。これは体をまもるはたらきが人によって多少の差があること、また同じ人でも時と場合によってそのはたらきが強くなったり、弱くなったりするからだろうと考えられています。

カゼをひかないようにするためにには、そのはたらきを強くすればよいのですが、実はまだどうしたらよいかよくわかっていない。でもどうやつたら弱くなるかは多少わかっています。だから少しでも弱くならないようにできれば、カゼをひきにくくなるわけです。では、どういうときに弱くなるのか考えてみましょう。

カゼがはやるのは寒い時です。これはなぜでしょう。カゼのウイルスにたいする最初の防衛ラインは、鼻やのどの粘膜です。しかし、温度が低くなるとたんにこの防衛力がおちてしまい、ウイルスが仲間を増やすのをだまって見すごしてしまいます。ウイルスはまたたく間に、たくさん仲間を増やして、粘膜をこわして、また近くの粘膜に侵入してゆきます。逆に粘膜の温度が高いとウイルスが仲間をふやすのを防ぐはたらきが強くなり、ウイルスは仲間を増やせなくなり、こわされてしまいます。ですからウイルスが活動しにくい環境をつくるには、体を冷やさないこと、特に冷たい空気にふれやすいのどや鼻の粘膜を冷やさないことが大事です。

さて、それではもう少しわかりやすく体を冷やさない方法を紹介しましょう。ただし、これから紹介する方法は、時と場合によってできることとできないことがあります。できることをできるだけやるようにしましょう。

1 マスクは、のどや鼻の粘膜の温度を低くしないようにできる一番簡単で確実な方法です。カゼをひいている人と話しをするときや人混みに行くときは、カゼをひいていない自分がマスクをかけてのどを守りましょう。

2 汗や水でぬれた体は、汗や水が蒸発するときに熱がうばわれるために、体温が急速に下がります。運動がおわったら、汗をふいたり、汗でぬれた運動着をすぐ着換えましょう。またフロアがりや水泳のあとにも、すみやかに体をふいて、すぐきがえましょう。マスクをかけるのもよいでしょう。

3 寒いところでは、スポーツをしているとき、あるいは運動がおわってから、体を冷やさないように、あたたかいものを着るようにしましょう。マスクをかけるのもよいでしょう。

4 運動をすると水分が体から失われます。その分血液は濃くなりますが、血液の量が少なくなった分、運動に直接関係ない、おなかの血液、あるいは皮膚の血液、あるいは鼻やのどの粘膜の血液は、減らされます。体の表面近くの場所で、血液の流れが減ったところでは温度が下がってします。したがって、運動中も十分に水分をとるようにしましょう。

5 寒いところで緊張して手や足が冷たくなるときは、口もかわいてきます。こういうときは、のどや鼻の粘膜の血液の流れも減って、4と同じように温度が下がってしまいます。リラックスして緊張をほぐすようにしましょう。

第3条 家族、クラス、チームみんながカゼ予防をこころがける

せっかく自分たちが注意していても、身近にいるだれかがカゼをひくと注意をしていてもひいてしまうことがあります。完全に予防するのはむずかしいですが、できるだけみんなで守りましょう。特にご家族の方の協力が重要です。

第4条 自分の体とよく相談する

調子が悪い、気分が悪い、今日は運動したくない、食欲がない、このように感じたことは必ずあると思います。これらの感じはカゼをひいてすぐ

にでる症状の可能性があります。こんな時は、熱がでたり、セキや鼻水などの症状がなくても、思い切って休んでしまうのが大事です。具合が悪いのに、無理して学校に行ったり、クラブに行くのは決してほめられたことではありません。むしろ仲間にカゼをうつす可能性を増やすことになります。

また、カゼは万病の元といわれますが、これは

カゼ以外の重い病気、たとえば急性肝炎や、白血病、薬の副作用などもカゼのような症状ではじまることがあります。やはり、カゼをひいたなと思ったら、薬に頼らないで、病院に行き、適切な治療をうけましょう。

以上を守って、是非大事なときにカゼをひかないようにしてください。

4) カゼ予防ガイドライン試案の実効性を検討するための介入調査について

永富 良一 和久 貴洋 伊藤 静夫

前章で紹介したカゼ予防ガイドライン試案「カゼから身を守る4ヶ条」の実効性を検討するためには、前年度同様、水海道市教育委員会の協力を得て、同市小学生5,6年生約800名を対象に、介入調査を実施しました。結果は現在集計中なので、今年度末に報告します。ここでは介入調査の概略を紹介します。

研究方法の概要：水海道市小学校高学年（5～6年）在籍者を対象に、ガイドライン冊子とチェックリスト配布による介入を行った群と行っていない群の、カゼ症状出現頻度の相違の有無を前年度調査と同様の日誌形式の症状チェックリストを1ヶ月間記録することにより明らかにすることを目的とする。

対象：水海道市内8小学校高学年（5～6年）在籍者。

ガイドライン冊子の配布および担任教諭あるいは養護教諭による説明、およびカゼ対策項目実施の有無を問うチェックリストを配布する群と、ガイドラインの配布あるいは説明を行わない群の2群に分けた。

群分け：8つの小学校を4校ずつ学校単位で2群にわけた。水海道市は中心部に川が流れており、この川をはさんで2地区に分けられる。小学校も両岸それぞれ4校づつになっているが、地域差をなくすために、それぞれの地区の4校をそれぞれ

2つに分けるようにした。群分けは、無作為抽選により行った。

調査期間：1998年2月2日～2月28日、4週間
調査方法の概要：ガイドライン（「カゼをひかないための4ヶ条」）の配布および担任あるいは養護教諭による説明、およびカゼ対策項目実施の有無を問うチェックリストを配布する群と、いずれも配布しない群の2群に学校単位に無作為抽選で割り当てを行う。両群の対象者に、毎日カゼ症状の有無を問うチェックリストをノート形式にしたものを作成し、ホームルームの時間を利用して記入する。ガイドライン実施群はカゼ対策実施の有無も同時にチェックする。カゼ対策実施の有無を、ガイドラインを配布しない対照群にチェックさせると、それ自体で、カゼ予防行動につながる可能性があるので、対照群には配布しなかった。またガイドライン解説の有無にかかわらず、すでに習慣として実施している対象者がいることも予想されることから、全対象者に調査開始時に、習慣調査のアンケートを実施する。また終了時にも同様の調査を行うことにより、介入した結果、習慣に変化があったかどうかを確認する。

以上が今回の調査の概略です。ご協力いただいた水海道市教育委員会、水海道市小学校教諭の先生方にあらためて厚く御礼申し上げます。

—カゼ予防ガイドライン試案の実効性を検討するための介入調査チェックリスト—

《 記 入 例 》

カゼ対策チェック

カゼ対策を行いましたか？つぎの中であてはまるものに○をつけてください

1月23日		1月24日		1月23日		1月24日	
金	土	金	土	金	土	金	土
学校以外のところに行った	○	塾や、病院、スポーツ少年団、買い物、友だちの家など	○	あてはまる日に○をつけてください（運動時間をかけてください）		23日は体育の授業だった。24日は	
学校や外出から帰って手を洗った	○	（その運動を何時間しましたか）	○	体育以外の運動をした	○	スポーツ少年団の練習日で、	
学校や外出から帰って顔を洗った	○	（その運動を何時間しましたか）	○	（その運動を何時間しましたか）	○	約2時間練習した	
学校や外出から帰ってうがいをした	○	（その運動を何時間しましたか）	○	体育の時間があり、運動した	○		
通学中や外出したときマスクをかけた	○						
昼食前に手を洗った	○	23日は病院に行くときマスクをかけるのを忘れてしまった。		つぎのようなことがありましたか？もししあつたら○をつけしてください			
昼食前に顔を洗った	○	23日学校で顔を洗わなかつた。		のどがいたかった。	○		
昼食前にうがいをした	○	23日は学校だったのでおやを食べなかつた		はなみずがでた、はながつまつっていた	○		
おやつを食べる前に手を洗った	○	おなががいたかった		せきやたんがでた			
おやつを食べる前に顔を洗つた	○	ねつがあつた（　度）		おなががいたかった			
おやつを食べる前にうがいをした	○	37		体のぐあいがわるかつた			
夕食前に手を洗つた	○	つかれていた		つかれていった	○		
夕食前に顔を洗つた	○	体がだるかった		体がだるかった			
夕食前にうがいをした	○	朝ごはんをたべなかつた		朝ごはんをたべなかつた			
運動したあとに水をのんだ	○						
運動したあと	○	つぎのことがあつた日に○をつけしてください					
すぐあたたかいものを着た	○	23日は、だるいので、学校が					
運動したあとすぐ汗をふいた	○	病院にいった日					
運動したあとマスクをかけた	○	くすりをのんだ日					
家族の誰かがカゼをひいている		学校を休んだ日					
カゼをひいている人がそばにいた		スポーツ少年団、剣道や柔道の道場、					
よく眠れなかった		スマッシュスクールなどの練習を休んだ日には○をつけないで					
ともだちのタオル、てぬぐい、コップなどをつかった		○		ください。			

カゼの症状チェック

1月23日		1月24日		1月23日		1月24日	
金	土	金	土	金	土	金	土
あてはまる日に○をつけてください（運動時間をかけてください）		23日は体育の授業だった。24日は					
体育以外の運動をした		スポーツ少年団の練習日で、					
（その運動を何時間しましたか）		約2時間練習した					
体育の時間があり、運動した							

5) 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—

報告者 和久 貴洋¹⁾ 香田 郡秀²⁾ 山田 優香³⁾
齋藤 実⁴⁾ 小沢 聰⁵⁾ 瀬口 典子⁵⁾
永富 良一⁶⁾

はじめに

競技スポーツにおいて、競技力と直接関わりのある全身持久力や筋力、パワー、スピードなどの体力要素については、これまでさまざまな視点から研究が行われ、それらの知見は競技現場に役立てられてきた。しかし、近年、競技スポーツにおける競技力の向上やコンディショニングにおいて、感染症に対する抵抗力を中心とする防衛体力の重要性が指摘されている。「ジュニア期のスポーツ活動と防衛体力に関する研究」では、フィールドワークとして、10~12歳の児童におけるスポーツ活動の実施状況と上気道感染症症状の有無を約2ヶ月間にわたり調査した。その結果、週に5日以上の高頻度でスポーツ活動に参加している児童では、上気道感染症症状の出現率が、週に4日以内の中~低頻度でスポーツ活動に参加している児童よりも高かった。今後はこのフィールドワークを競技スポーツの現場にも活用していく必要があると考えられる。

一方、剣道や柔道などの武道種目には、他の競技スポーツ種目と異なる伝統的な心身の鍛錬法がある。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はその代表例である。この寒稽古は、精神修養や体力強化などを目的として、現在も広く行われている。

我々は、先行研究¹⁾において、大学剣道部員の寒稽古中のコンディションの推移と寒稽古前後の全身持久力の変動について検討した。その結果、寒稽古においては部員の自覚的コンディションが改善されることはない。さらに、寒稽古後

には必ずしも持久力が改善されるわけではないことが示され、寒稽古では稽古計画や健康管理などさまざまな要因について配慮する必要があることが示唆された。

厳寒の環境条件下で激しいトレーニングが行われる寒稽古において、健康管理上の重要な課題として、カゼなどの感染症が挙げられる。剣道において、寒稽古とカゼに関しては、寒稽古中よりは寒稽古を終えた後にカゼをひくことが多いと経験的に考えられている。しかし、寒稽古が行われる時期における剣道実施者の上気道感染症の罹患頻度については、これまで検討されていない。本研究では、大学剣道選手を対象に寒稽古が行われる時期の上気道感染症症状の罹患頻度を明らかにすることを目的とした。

方 法

1. 対 象

本研究では、大学剣道選手14名、剣道以外の大学競技選手29名、および定期的なスポーツ活動を行っていない一般学生20名の計63名を対象とした(表1)。すべての対象は同一大学の学生である。剣道以外の競技選手における種目内訳は、バスケットボール11名、陸上競技6名、ハンドボール4名、バレーボール3名、競泳2名、バドミントン、スキー、弓道がそれぞれ1名である。

2. 寒稽古

本研究において、剣道選手は、1998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

1) 東京大学生命環境科学系 2) 筑波大学体育科学系 3)
明治製菓ザバス 4) 茨城県立医療大学 5) 筑波大学体育
研究科 6) 東北大学

表1 対象のプロフィール

	剣道選手 (n=14)	競技選手 (n=29)	一般学生 (n=20)
年齢(歳)	20.0±1.0	19.7±0.8	19.9±1.2
身長(cm)	168.3±9.6	171.3±8.5	167.2±8.4
体重(kg)	65.0±11.9	64.8±9.1	60.8±10.0

値は平均値±標準偏差

なく全力で打ちかかる「掛け稽古」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分間であった。本研究において、剣道以外の競技選手では、寒稽古のようなトレーニングは行われなかつた。

3. 感染症症状の調査

(1) 調査期間

本研究では1998年1月8日~1998年2月11日の35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。観察のペ日数は2,205日であった。

(2) 調査項目と方法

本研究では、質問紙法を用いて日頃のトレーニング時間(スポーツ活動時間)と自覚的な上気道感染症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・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。

なお、剣道選手については、全観察期間における症状の出現頻度のほかに、寒稽古前(寒稽古前の11日間;期間1)、寒稽古中(寒稽古中の10日間;期間2)、および寒稽古後(寒稽古後の14日間;期間3)の期間毎に症状の出現頻度を求めた。求めた出現頻度を期間日数で除して症状出現率を算出し、それを10日間当たりの出現頻度に換算した。

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、それより各症状の平均持続日数(日)を算出した。

4. 栄養摂取状況の評価

1998年2月4日~6日に食事摂取調査を行い、栄養摂取状況の評価を行った。調査方法は、3日間の食事調査シートを対象に配付し、その間に摂取したすべての食品を記録させた。得られた記録から、総エネルギー摂取量、三大栄養素摂取量、無機質摂取量、およびPFC比を求めた。

5. 鼻腔内温度

剣道選手のみを対象に、寒稽古前日および寒稽古中に赤外線式体温測定器(ファーストテンプ;日本シャーウッド社製)を用いて鼻腔内温度を測定した。測定は、ほぼ同一時刻(午後5時~6時)に行った。

6. 統計処理

統計処理には、factorial ANOVA, repeated measured ANOVA, Fischer PLSD, unpaired t-testを用いた。有意水準は5%とした。

結 果

本研究における上気道感染症症状の有症状日数を図1および表2に示した。本研究における上気道感染症症状のほとんどにおいて、剣道選手および剣道以外の競技選手は、一般学生よりも高い有症状日数を示した。剣道選手におけるのどの痛み、鼻水・鼻づまり、せき・たん、腹部のはり・もたれ、頭痛、および疲労感・倦怠感の有症状日数は、3群間で最も高値であった。特にのどの痛み、鼻水・鼻づまり、および疲労・倦怠感の有症状日数においては、剣道選手と一般学生の間に有

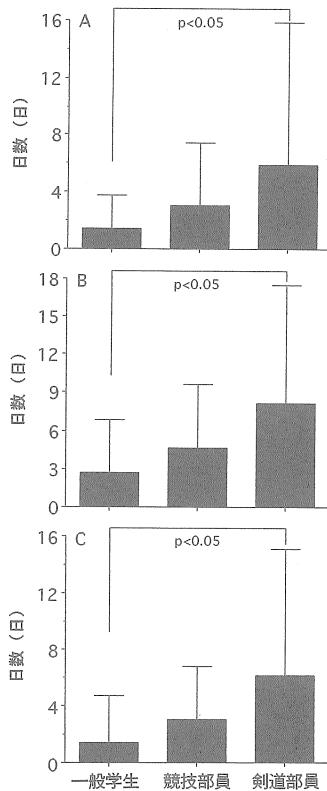


図1 上気道感染症症状の有症状日数

A ; のどの痛み, B ; 鼻水・鼻づまり, C ; 疲労・倦怠感, 平均値±標準偏差

表2 上気道感染症症状の有症状日数

	剣道選手 (n=14)	競技選手 (n=29)	一般学生 (n=20)
せき・たん (日)	4.9±6.5	3.8±6.0	1.5±3.3
吐き気・嘔吐 (日)	0.4±1.1	0.4±0.9	0.2±0.6
腹痛・下痢 (日)	1.2±1.8	1.3±2.6	0.3±1.3
腹がはる (日)	0.7±1.4	0.6±1.7	0.3±0.9
発熱 (日)	0.2±0.5	1.0±1.7	0.3±1.3
頭痛 (日)	1.4±3.0	0.9±1.7	0.6±1.6

値は平均値±標準偏差。

意な差が認められた（のどの痛み：剣道選手；5.92±9.93日，剣道以外の競技選手；3.03±4.41日，一般学生；1.40±2.37日，鼻水・鼻づまり：剣道選手；8.14±9.37日，剣道以外の競技選手；4.65±5.00日，一般学生；2.70±4.14日，疲労感・倦怠感：剣道選手；6.14±8.96日，剣道以外の競技選手；3.06±3.75日，一般学生；1.45±3.30日）。

本研究におけるすべての症状において，剣道選

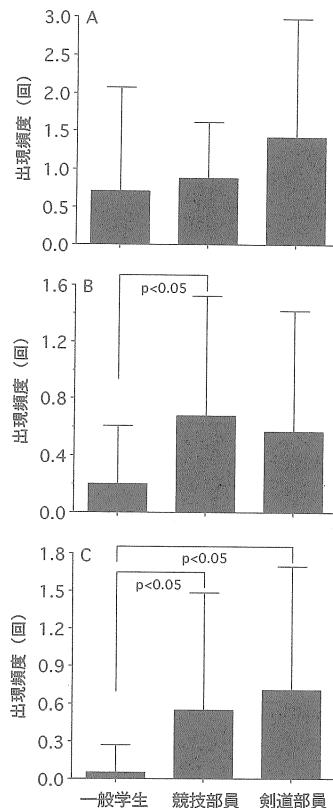


図2 上気道感染症症状の出現頻度

A ; 鼻水・鼻づまり, B ; せき・たん, C ; 腹痛・下痢, 平均値±標準偏差

表3 上気道感染症症状の出現頻度

	剣道選手 (n=14)	競技選手 (n=29)	一般学生 (n=20)
のどの痛み (回)	0.92±0.91	0.86±1.24	0.60±1.04
吐き気・嘔吐 (回)	0.14±0.36	0.31±0.54	0.20±0.41
腹がはる (回)	0.35±0.49	0.31±0.80	0.15±0.48
発熱 (回)	0.14±0.36	0.44±0.57*	0.10±0.30
頭痛 (回)	0.64±0.92	0.48±0.68	0.30±0.57
疲労・倦怠感 (回)	1.07±1.26	1.20±1.34*	0.45±0.82

値は平均値±標準偏差。 *p<0.05, **p<0.01 (vs 一般学生),
†p<0.05 (vs 競技選手)

手および剣道以外の競技選手は一般学生よりも高い出現頻度を示した（図2, 表3）。剣道選手におけるのどの痛み，鼻水・鼻づまり，腹痛・下痢，腹部のはり・もたれ，および頭痛の出現頻度は3群間の中で最も高値であった（鼻水・鼻づまり：剣道選手；1.42±1.55回，剣道以外の競技選手；0.87±0.75回，一般学生；0.70±1.38回）。腹痛・下痢の出現頻度は一般学生よりも有意に高

表4 期間別にみた剣道選手における上気道感染症症状の出現頻度

	期間1 (回／10日間)	期間2 (回／10日間)	期間3 (回／10日間)
のどの痛み	3.24±4.52	3.57±4.97	1.53±3.04
鼻水・鼻づまり	5.84±6.77	5.00±6.50	2.55±4.52
せき・たん	1.94±3.87	2.14±4.25	1.53±4.13
吐き気・嘔吐	0.64±2.42	0.71±2.67	0.51±1.90
腹痛・下痢	1.94±3.87	3.57±7.44	1.53±4.13
腹部のはり・もたれ	1.94±3.87	0.71±2.67	1.02±2.59
発熱	1.29±3.30	0.71±2.67	0.00±0.00
頭痛	1.94±3.87	2.14±4.25	1.53±4.13
疲労・倦怠感	3.24±6.77	2.85±4.68	3.06±4.61

値は平均値±標準偏差。

表5 上気道感染症症状の平均持続日数

	剣道選手 (n=14)	競技選手 (n=29)	一般学生 (n=20)
のどの痛み(日)	4.6±7.6*	2.2±2.9	1.2±2.0
鼻水・鼻づまり(日)	4.2±5.4	3.8±4.0	1.9±2.8
せき・たん(日)	4.7±6.4	3.0±4.8	1.5±3.3
吐き気・嘔吐(日)	0.4±1.1	0.4±0.8	0.2±0.6
腹痛・下痢(日)	1.0±1.4	1.0±1.8	0.3±1.3
腹がはる(日)	0.7±1.4	0.5±1.1	0.1±0.4
発熱(日)	0.3±0.7	0.9±1.3	0.4±1.3
頭痛(日)	1.0±2.4	0.8±1.1	0.4±0.8
疲労・倦怠感(日)	3.3±4.3**	1.8±1.8	0.9±1.6

値は平均値±標準偏差。 *p<0.05, **p<0.01 (vs 一般学生),

p<0.05 (vs 競技選手)

値であったが（腹痛・下痢：剣道選手；0.71±0.99回，剣道以外の競技選手；0.55±0.94日，一般学生；0.05±0.22日），それ以外には一般学生との有意な差は認められなかった。剣道以外の競技選手においては，せき・たん，腹痛・下痢，発熱，および疲労感・倦怠感の出現率は，一般学生よりも有意に高値であった（せき・たん：剣道選手；0.57±0.85回，剣道以外の競技選手；0.68±0.84日，一般学生；0.20±0.41日）。剣道以外の競技選手における発熱の出現率は，剣道選手のそれよりも有意に高値であった。

剣道選手における上気道感染症症状の出現頻度を期間別に検討したのが表4である。剣道選手における症状の出現頻度を期間別にみると，いずれの症状においても，寒稽古後である期間3における出現頻度は低く，寒稽古前（期間1）および寒稽古中（期間2）における出現頻度が高かった。

上気道感染症症状の平均持続日数については（表5），ほとんどの症状において剣道選手が最も高い平均持続日数を示した。剣道選手におけるのどの痛みと疲労感・倦怠感の平均持続日数は，一

表6 剣道選手，剣道以外の競技選手および一般学生における栄養摂取量

	剣道選手 (n=14)	競技選手 (n=29)	一般学生 (n=20)
総エネルギー (kcal)	2041±357	2390±642**	1936±536
タンパク質 (g/kg)	1.17±0.25	1.29±0.28**	1.02±0.27
脂質 (g)	77.1±18.8	85.9±27.8*	70.7±21.9
糖質 (g)	236±80	310±86***	255±78
カルシウム (mg)	358±189	549±237***	307±137
鉄 (mg)	9.8±5.4	12.0±5.0**	7.5±2.5
食塩 (g)	10.1±2.2	11.0±3.3*	9.1±2.6
ビタミンA (I.U.)	1267±1277	2456±2732	2187±3155
ビタミンB1 (mg)	0.90±0.52	0.90±0.43	0.72±0.25
ビタミンB2 (mg)	0.98±0.69	1.15±0.57**	0.70±0.29
ビタミンC (mg)	50±41	66±40**	34±28
PFC比 (%)			
糖質	52.6±5.7	54.3±4.6	54.7±4.5
脂質	33.9±4.4	32.3±1.9	32.8±3.8
タンパク質	13.4±1.7	13.3±1.9	12.4±1.5

値は平均値±標準偏差。 *p<0.05, **p<0.01 (vs 一般学生),

***p<0.01 (vs 剣道選手)

般学生のそれらよりも有意に高値であった。また，疲労感・倦怠感においては剣道以外の競技選手とも有意な差が認められた。剣道以外の競技選手における症状の平均持続日数もまた一般学生よりも高値を示したが，一般学生との有意な差は認められなかった。

剣道選手，剣道以外の競技選手，および一般学生の栄養摂取状況を表6に示した。剣道以外の競技選手の栄養摂取量は一般学生よりも有意に高値を示したが，剣道選手と一般学生との間には栄養摂取量に有意な差は認められなかった。PFC比には，3群間でいずれも有意な差は認められなかった。

剣道選手における寒稽古時の鼻腔内温度の変化を図3に示した。鼻腔内温度は，寒稽古中に上昇する傾向を示した。寒稽古前に比べて（24.7±3.3°C），寒稽古3日目（31.0±1.9°C）および寒稽古5日目（27.9±4.6°C）には有意な鼻腔内温度の上昇が認められた。

次に，寒稽古中に上気道感染症症状が認められた選手と認められなかつた選手で，寒稽古における鼻腔内温度の変動を比較した（図4）。症状が認められなかつた剣道選手に比べて，症状が認められた剣道選手では，鼻腔内温度は低いレベルで変動していた。

そこで，寒稽古中に感染症症状が認められた剣道選手と認められなかつた選手で寒稽古時の平均鼻腔内温度を比較したところ（図5），症状が認

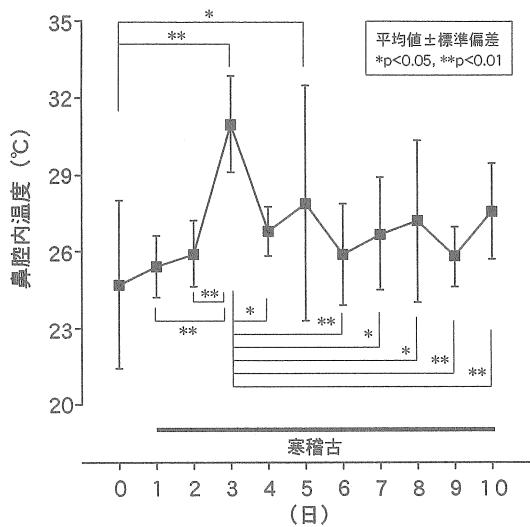


図3 寒稽古期間における剣道部員の鼻腔内温度の変化

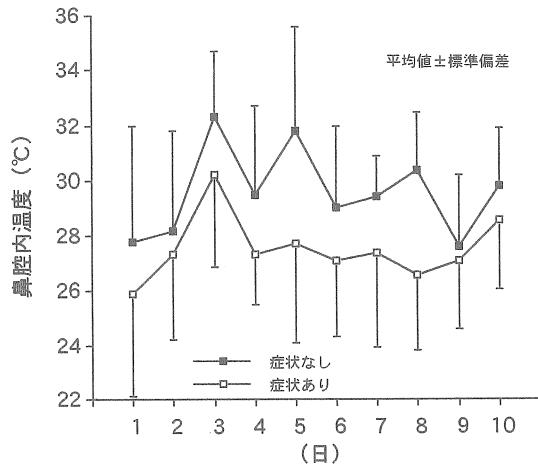


図4 寒稽古中に症状が認められた剣道選手と認められなかった選手における寒稽古中の鼻腔内温度の変動

められた選手の鼻腔内温度は、症状が認められなかった選手よりも有意に低値であった（症状あり； $27.0 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ 、症状なし； $29.2 \pm 3.3^{\circ}\text{C}$ ）。

考 察

本研究における上気道感染症症状のほとんどにおいて、剣道選手は最も高い有症状日数、出現頻度、および平均持続日数を示した。また、いくつ

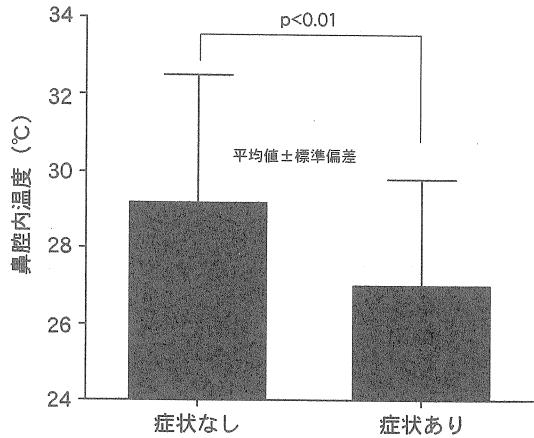


図5 寒稽古において症状が認められた剣道選手と認められなかった選手における平均鼻腔内温度

かの症状においては一般学生と有意な差が認められた。剣道選手における期間別の症状出現頻度は、寒稽古前および寒稽古中において高かった。剣道以外の競技選手の栄養摂取量は一般学生よりも有意に高値を示したが、剣道選手と一般学生との間には栄養摂取量に有意な差は認められなかつた。剣道選手における寒稽古時の鼻腔内温度は、寒稽古3日目および寒稽古5日目に寒稽古前日よりも有意に上昇した。しかし、寒稽古中に症状が認められた剣道選手の鼻腔内温度は、症状が認められなかった選手よりも低いレベルで変動し、寒稽古時の平均鼻腔内温度には両者に有意な差が認められた。

Douglas らは²⁾、大学競技選手における9週間のトレーニング期間中の上気道症状の発生頻度を一般学生と比較し、大学競技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ている。このほか、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がある^{3,4,5,6,7,8)}。本研究においても、大学競技選手における上気道感染症症状の有症状日数、出現頻度、および平均持続日数は一般学生よりも高かつた。しかし、剣道選手においてはさらに高い罹患率が示された。本研究において、剣道以外の競技選手では、寒稽古のようなトレーニングは行われていないことから、剣道選手における高い罹患率には寒稽古の影響が考えられる。本研究において、

寒稽古の時期における剣道選手の上気道感染症の罹患頻度は高いことが示された。

本研究において、剣道選手の上気道感染症の罹患率が高かった原因として、まず寒稽古に伴う免疫機能（防衛体力）の低下が挙げられる。本研究と同一大学剣道部の寒稽古において、剣道部員の唾液中分泌型免疫グロブリン A (sIgA) の変動を検討した秋本らの研究によれば⁹⁾、寒稽古中および寒稽古後に sIgA 分泌速度は有意に低下し、上気道感染症の感染防御に重要な役割を果たす口腔内局所免疫の低下が示唆されている。また、香田ら¹⁰⁾も、本研究と同一大学剣道部の寒稽古において、安静時好中球活性酸素産生能と安静時血中 IgA および IgM の有意な低下を観察し、免疫機能の低下を示唆している。剣道選手においては、寒稽古中の症状出現頻度が高かったという本研究の結果を考え合わせると、剣道選手における高い上気道感染症の罹患率には、寒稽古に伴う免疫機能の低下が関連していると考えられる。

このような寒稽古における免疫機能の低下の背景には、高強度トレーニングの繰り返し、寒稽古に伴うさまざまなストレス、あるいは栄養状態などの要因がある。まずトレーニング強度については、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、また上気道感染症の罹患率が高まることが報告されている^{2,3,4,5,6,7,8)}。我々は先行研究¹¹⁾において、本研究と同一大学剣道部における寒稽古のトレーニング強度を稽古中の心拍数から定量した。その結果、寒稽古におけるトレーニング強度は、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。通常、切り返しは約 70 % HRmax 強度で行われることが報告されている¹²⁾が、寒稽古においては切り返しは掛け稽古と同様にはほぼ全力に近い強度で行われていた。また寒稽古では、剣道の稽古法の中でも最も運動強度の高い掛け稽古の時間が、通常の稽古に比べて 3~4 倍に増えていた。このような高強度トレーニングの 10 日間にわたる繰り返しが、免疫機能の低下をもたらした可能性がある。

第 2 に寒稽古におけるさまざまなストレスの影響を考えられる。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免疫機能に影響を及ぼした可能性が考えられる。

第 3 に栄養状態の影響が考えられる。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⁾。本研究において、剣道選手の栄養摂取量には一般学生と有意な差は認められなかった。しかし、寒稽古において剣道選手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選手のエネルギー消費量は特に高いはずである。このような高いエネルギー消費量に対する栄養摂取量の不足あるいは栄養のアンバランスが免疫機能に影響を及ぼしている可能性は考えられる。

これらの他に、睡眠時間やトレーニング時間などの差も考えられる。これらの点についてさらに分析を進める必要がある。

一方、本研究において、寒稽古中に上気道感染症の症状が認められた剣道選手では、寒稽古中の鼻腔内温度は、症状が認められなかった選手よりも低いレベルで変動し、寒稽古中の平均鼻腔内温度には両者に有意な差が認められた。ウィルスを感染させた線維芽細胞を 37°C および 34°C の温度環境で培養した場合、34°C ではウィルスの細胞傷害性が増したことが報告されている¹⁵⁾。寒稽古における低鼻腔内温度と上気道感染症の罹患との関連性が示唆される。すなわち、低鼻腔内温度がウィルスの傷害性を増大させ、感染が成立しやすかった可能性である。しかし、本研究における鼻腔内温度の測定に関しては、外的環境条件や鼻腔内環境が必ずしもコントロールされていない。また本研究では、得られた測定値が鼻腔内温度を反映しているかについての検証実験を行っていない。鼻腔内温度と上気道感染症の罹患との関係については、今後さらなる検討が必要である。

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、寒稽古が行われる時期の剣道選手の上気道感染症症状の頻度は高く、特に寒稽古中の症状出現頻度が高率であることが示された。本研究の成績は、寒稽古の実施にあたっては、寒稽古前および寒稽古中の防衛体力の管理に対する配慮が重要であることを示唆している。寒稽古では、適切なトレーニング計画の立案に加えて、十分な栄養補給や休養、稽古前後の保温などの健康管理対策を積極的に行う必要があると考えられる。

ま　と　め

剣道において、1年の中で最も寒い季節の早朝に激しい稽古を行う寒稽古は精神修養や体力強化などを目的として、現在においても競技現場で広く行われている。寒稽古における健康管理では、かぜなどの感染症がキーファクターと考えられるが、寒稽古が行われる時期の上気道感染症の罹患頻度については、これまで検討されていない。本研究では、寒稽古が行われた時期の大学剣道選手の上気道感染症の罹患頻度を調査した。大学剣道選手14名、剣道以外の大学競技選手29名（バスケットボール、陸上競技、ハンドボール、バレーボール、競泳、バドミントン、スキー、弓道）、および定期的なスポーツ活動を行っていない一般学生20名を対象とした。剣道選手は、1998年1月18日～27日の10日間にわたり寒稽古を行った。対象は、1998年1月8日～1998年2月11日の35日間にわたり、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・嗽、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。また、3日間の食事調査から栄養摂取量を評価した。剣道選手は、寒稽古前日および寒稽古中に赤外線式体温測定器を用いてほぼ同一時刻の鼻腔内温度を測定した。本研究における上気道感染症症状のほとんどにおいて、剣道選手が最も

高い罹患率（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、いくつかの症状においては一般学生と有意な差が認められた。また、剣道選手における症状出現頻度は、寒稽古後よりも寒稽古前および寒稽古中において高値であった。剣道以外の競技選手の栄養摂取量は一般学生よりも有意に高値を示したが、剣道選手と一般学生との間には栄養摂取量に有意な差は認められなかった。剣道選手における寒稽古時の鼻腔内温度は、寒稽古3日目および5日目に寒稽古前日よりも有意に上昇した。寒稽古中に感染症症状が認められた剣道選手における寒稽古中の平均鼻腔内温度は、症状が認められなかった選手よりも有意に低値であった。寒稽古が行われる時期における大学剣道選手の上気道感染症の罹患頻度は高く、防衛体力の低下が示唆された。寒稽古の実施にあたっては、適切なトレーニング計画に加えて、栄養摂取や休養、保温などの健康管理対策を十分に行う必要があると考えられた。

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 susceptibility 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.: Respira-

- tory 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：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
- 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, 1998 (印刷中)
- 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) 永富良一ほか：カゼのメカニズムから考えるカゼ対策一大事な時にカゼをひかないようにするためにー平成 8 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」: 11-18, 1997

IV 基礎実験

1) 唾液難溶性分画によるライノウイルス細胞傷害活性の修飾（第2報）

餅田みゆき¹⁾, 永富 良一¹⁾

前年度報告したように、唾液難溶性分画にはライノウイルス細胞傷害活性を促進する効果があることがわかり、予備的な検討では、運動後にその効果が増強する可能性が示された。そこで今年度は実際のスポーツの現場で唾液を採取し、運動前後でライノウイルス細胞傷害活性に対する促進効果が変化するか否かを調べてみることにした。

材料と方法

A. 材料及び被験者

1. 細胞およびウィルス

細胞はヒト胎児肺由来線維芽細胞であるWI-38（財団法人ヒューマンサイエンス研究資源バンク、大阪）を用い、ウィルスはヒトライノウイルス14型（HRV）を使用した。HRVは、国立仙台病院で分離され、東北大学医学部付属病院老年内科で継代したものを作成された。HRVは実験期間内に同じロットのものを使用できるように分注し、使用時まで-80°Cにて保存しておいた。実験に用いたHRVは、保存してあったHRVを75cm² フラスコで培養してあるWI-38に感染させ継代し、単層で覆ったWI-38が100%傷害された状態のものを使用した。

2. 被験者

被験者は平成9年11月30日に行われた筑波マラソン（42.195 km）に参加した東北大学トライアスロン部所属の健常な学生7名（男性6名、女性1名、年齢20.17±0.98、身長172.83 cm±3.06、体重63.83 kg±4.83）とした。被験者は、マラソンやトライアスロンレース経験の少ない1,2年生を対象とした。

B. 方 法

1. 細胞培養

WI-38は10%FCS添加Minimum Essential Medium (MEM)培地（岩城硝子株式会社、千葉）を用い、75cm² 培養フラスコ（Becton Dickinson and Company, Bridgewater, NJ）にて37°C, 5%CO₂濃度のインキュベーターで培養した。継代はおよそ一週間でWI-38が単層になっていることを確認したのち、フラスコ内の培地を除去し、PBS (phosphate-buffered saline) で3回洗浄した。0.25%Trypsin-0.1%EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid) 溶液を加えて2分間37°Cで反応させた後、10%FCS添加MEM 10 mlを加え、ピペットティング操作で細胞をフラスコからはがした。細胞溶液は5×10⁻⁴ cell/mlに調整し、75cm² 培養フラスコに分注し引き続き培養した。ライノウイルスの細胞傷害活性の評価のために、WI-38継代時にフラスコから回収した細胞の一部をPBSで3回洗浄し、培地を無血清培地であるFIBROBLAST BASAL MEDIUM (FBM) (Clonetics, US & CAN) に再浮遊させ、細胞溶液を1×10⁻⁵ cell/mlに調整した。細胞溶液は96穴平底培養プレート (CORNING, NY) に、各wellあたり0.2 ml播種し、さらに5日間37°C, 5%CO₂濃度のインキュベーターにて培養した。

2. 唾液の採取と処理および難溶性分画の分離

(1) 唾液の採取

唾液の採取は、試合当日の起床後（結果においてはマラソン前とした。）と、マラソンレース後30分以内に行った。被験者は口腔内をデンタルリンス（サンスター株式会社、大阪）10 mlで30秒間洗浄後、飲料水で5回口腔内を洗浄をした。

1) 東北大学

その後、起床時は 15 分間、レース後は 20 分間 15 ml のポリエチレン製遠沈管（Becton Dickinson and Company, Bridgewater, NJ）に全唾液を採取した。唾液の採取にあたっては、被験者に対して 15 ml 遠沈管の開口部を口腔内に挿入し、座位を保持して採取するように指示した。採取した唾液は、直ちにドライアイスの入ったクーラーボックスに入れ、24 h 以内に -80°C の冷凍庫に移し、感染実験を行うままで保存した。

（2）唾液の処理

採取した全唾液は粘性が高いため、氷冷しながらポリトロンホモジエナイザー（Kinematica AG, Littau, Switzerland）を用いて 10 秒間粉碎した。これを 3 回繰り返し行った。

粉碎処理した唾液は、1.5 ml のマイクロチューブ（BIO PLASTICS CO., LTD, 大阪）に 0.5 ml ずつ分注し、10000 g, 4°C で 10 分間遠心した。遠心した後マイクロチューブより上清を除去し、沈殿した分画に PBS 1 ml を分注し、よく混和した後、再び 10000 g, 4°C で 5 分間遠心した。この洗浄操作を 3 回繰り返し行い、最終沈殿物を難溶性分画として用いた。

3. 唾液難溶性分画と HRV の処理

難溶性分画を沈殿させ上清を除去したマイクロチューブに、FBM で希釈した HRV 溶液をそれぞれ 100 μl 加えた。これをボルテックスミキサーで十分混和し、34°C, 5%CO₂ 濃度のインキュベーター内で 30 分間反応させた。30 分後難溶性分画を除去するために 10000 g, 4°C の条件にて 5 分間遠心した。遠心後上清を滅菌済みのウルトラフリー 0.45 μm メンブレンフィルターチューブ（Millipore Co., Bedford, MA）に移し、10000 g, 4°C, 5 分間遠心し、濾過滅菌を行った。コントロールとして用いる唾液処理を行わない HRV 溶液は、難溶性分画を加えないで同じ処理を行ったものを用いた。

C. HRV による細胞傷害効果の測定

HRV を WI-38 に感染させる前に、5 日間培養しておいた 96 穴平底培養プレートの各 well より培地を 100 μl 除去し、FBM を 100 μl 分注した。難溶性分画で処理した HRV 溶液を、各 well に

20 μl 分注した。実験は各条件いずれも triplicate で実施した。HRV は 1000 倍に希釈をしたものを使用した。コントロールには唾液処理を行わない HRV 溶液を用い、被験者におけるコントロールには HRV の入っていない難溶性分画で処理した溶液を用いた。細胞はウィルス感染させてから 5 日間、34°C, 5%CO₂ 濃度インキュベータにて培養し、5 日目に各 well における細胞傷害率を測定した。

1. HRV による細胞傷害の評価

細胞傷害の評価は、死細胞または細胞膜に傷害をうけた細胞から逸脱すると考えられる乳酸脱水素酵素（LDH）の上清中の活性を測定することによって行った。

測定用に用意してある 96 穴平底培養プレートに、感染培養後の各 well より上清を 100 μl ずつ測定用各 well に移し、LDH 酵素活性測定キット（宝酒造 BIOMEDICALS, 東京）を用いて測定を行った。測定では ELISA reader (EARAT 340; SLT LabInstrument Co., Austria) を用い、波長 405 nm (対照波長 630 nm) で吸光度を測定した。吸光度で得られた数値から以下の式より細胞傷害率を求めた。

細胞傷害率%

$$= \frac{\text{実験値} - \text{低コントロール}}{\text{高コントロール} - \text{低コントロール}} \times 100$$

D. 統計処理

得られた測定値は平均値及び標準偏差として表示した。マラソン前後における細胞傷害率の差の推計学的検定には、Wilcoxon の符号付順位検定を使用し、危険率 5%未満を有意水準とした。

結果

図 1 に、採取した唾液流出量をマラソン前後で比較したものを示す。マラソン前とマラソン後における唾液の採取時間が違うため、採取した全唾液流出量をマラソン前においては採取時間の 15 分で割った値を示し、マラソン後は採取時間 20 分で割った値を示した。この結果より、唾液流出量はマラソン前 (0.35 ml/min ± 0.14) よりもマラソン後 (0.17 ml/min ± 0.06) において有意に

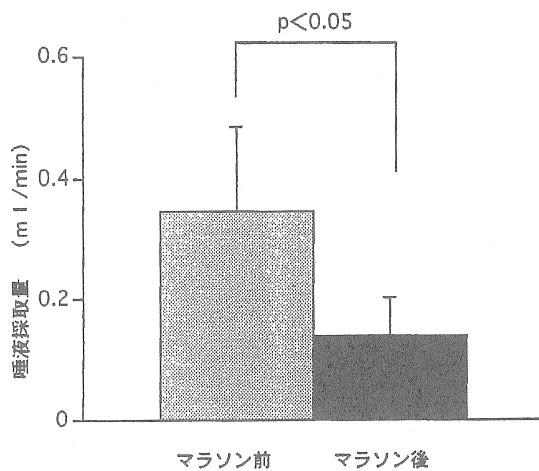


図1 マラソン前後における唾液採取量

マラソン前15分間、マラソン後20分に採取した全唾液量を一分間あたりの唾液採取量に換算し、マラソン前後で比較した。マラソン後の唾液採取量はマラソン前に比べ有意に低かった。

減少していた。

図2には、マラソン前後において、それぞれの唾液中の難溶性分画で処理したHRVによる細胞傷害率を示した。細胞傷害率はマラソン前 ($53.07\% \pm 22.07$) よりマラソン後 ($65.33\% \pm 23.90$) において有意に高くなることが明らかになった。

考 察

今回の結果はマラソン後の唾液難溶性分画の方が、前に採取した唾液難溶性分画よりライノウイルスによる纖維芽細胞細胞傷害活性を増強することが明らかになった。しかしその差は統計的に有意ではあるものの、わずかな差でしかった。生理学的には興味深い現象であるが、実際に個体の感染感受性の変化にどの程度関与するかは疑問である。むしろ前年度に報告した、纖維芽細胞の培養温度の方が細胞傷害活性に対する効果は大きいと考えざるを得ない。またマラソン後には唾液中の蛋白濃度は濃くなっていることが推測される。細胞傷害活性の増強効果は難溶性分画中の物質の濃度変化に起因しているかもしれない。

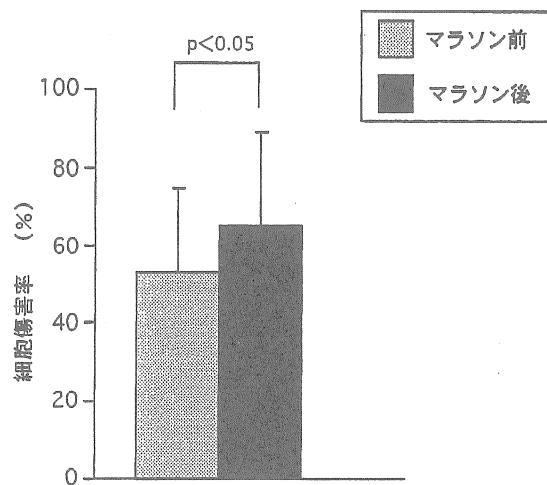


図2 HRV 細胞傷害効果に及ぼすマラソン前後の難溶性分画の影響

マラソン後の難溶性分画にて処理した場合、細胞傷害率はマラソン前のものより有意に高かった。

ライノウイルスはウイルスのウイルス受容体 (ICAM-1, CD 54) 結合位の3次元構造から IgA による中和を容易に逃れうることが知られている^{1,2)}。このことは特にライノウイルス感染症に限っていえば、感染感受性を変化させうる因子として、IgA 以外の要素を検討することが重要にであることに変わりはない。今年度は別な角度からライノウイルス感受性を変化させうる因子を検討したいと考えている。

文 献

- Smith, T. J., Chase E. S., Schmidt, T. J., et al. (1996) Neutralizing antibody to human rhinovirus 14 penetrates the receptor binding canyon. *Nature*, 383, 350-354.
- Smith, T. J., Olson, N. H., Cheng, R. H., et al. (1993) Structure of human rhinovirus complexed with Fab Fragments from a neutralizing antibody. *J Virology*, 67, 1148-1158.

2) 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

報告者 森口 覚¹⁾

はじめに

昨年度は LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴うマウスエイズモデルを用いて、ウイルス感染時からの運動トレーニングがエイズウイルスの増殖、進展に対して如何なる影響を及ぼすかについて検討した。その結果、運動トレーニングがウイルス増殖に伴う所属リンパ節の腫大や脾臓重量、脾細胞数の増加を抑制することを見出した。さらに、エイズ進展に伴い著明な低下を示す脾細胞の NK 活性や T 細胞マイトジエンに対する幼若化能が運動トレーニングにより改善されることを認めた。その機序として、運動トレーニングに伴う抗酸化物質（グルタチオン）の温存と高い抗酸化酵素活性 (SOD) の誘導とが関連することを明らかにした²⁾。一般に、運動トレーニングによりリンパ球やマクロファージ機能などの宿主免疫能の亢進することが報告されている⁴⁾。その中でウイルス増殖に関連する腫瘍壊死因子 (TNF-a) の産生もまた運動トレーニングの影響を受けることが見出されている^{2,5)}。TNF- α はウイルス感染細胞内での活性酸素の産生を高め、それにより I- κ B・NF- κ B の結合が解離し、ウイルス転写因子である NF- κ B 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助長することが知られている¹²⁾。この TNF- σ の産生が運動トレーニングによって高まり、その結果としてウイルス増殖を亢進する可能性が懸念される。そこで、本実験ではウイルス感染前からの運動トレーニングがエイズ進展に対して如何なる影響を及ぼすかについて検討するとともに、その機序を TNF- α 並びに抗ウイルス作用を有するサイトカインである IFN- γ の産生から解析した。また、運動トレーニングの強度や期間も宿主免疫系に対して強い

影響をあらわすことが知られており、一般に強い強度の一過性運動や短期間の運動では宿主免疫能は逆に抑制されることが見出されている^{8,13)}。そこで、運動トレーニングの頻度や 1 回当たりの運動時間の長短がマウスエイズの進展に対して如何に影響するかについても、本研究において検討したので報告する。

方 法

1. 実験動物及びウイルス感染と運動トレーニング

本研究は大きく 2 つの実験に分けられる。まず、実験 1 としては 4 週齢の C 57 BL/6 雌マウスを 34°C の温浴中で体重の 3% の負荷をかけ、遊泳運動を 30 分間、5 日間/週の割合で 2 週間実施後、LP-BM 5 レトロウイルス感染を行った。LP-BM 5 レトロウイルス感染はマウス腹腔内にウイルス (4.5 log₁₀PFU/ml) 浮遊液 0.1 ml を注射することにより行った。10 週間後、ネンブタール麻酔下で屠殺し、脾臓を無菌的に摘出し、以下の実験に供した。また、実験 2 では 4 週齢の C 57 BL/6 雌マウスに実験 1 と同様に LP-BM 5 レトロウイルスを腹腔内注射し、翌日から運動トレーニングを開始した。運動トレーニングとしては 34°C の温浴中で体重の 3% の負荷をかけた状態での遊泳運動を週当たり 1,3 並びに 5 回実施した。その他に、同様の条件で 15 分、30 分及び 60 分間、5 回/週の割合で運動を行う群を設定した。いづれの群もウイルス感染後 10 週目に屠殺され、脱血、脾臓を無菌的に摘出後、以下の実験に用いた。実験期間中、体重は週に 2 回測定され、固型食並びに飲料水は自由摂取とした。各群のマウスの数はいづれも 10 匹とした。

2. 脾臓重量と脾細胞数

LP-BM 5 レトロウイルスの進展、つまりマウスエイズの進展を知る一つの指標として脾臓重量

1) 徳島大学医学部栄養学科 実践栄養学教室

や脾細胞数の変化がある。そこで、本研究においても種々の運動トレーニング条件下における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実施した。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を単離した。単離された脾細胞は 0.2% の酢酸溶液により 100 倍希釈後、顕微鏡下にてその数を計測した。

3. 脾細胞の幼若化能

上述の如く単離された脾細胞は 1×10^5 ごと 96 ウエルの培養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 や ConA などの T 細胞マイトジエンあるいは B 細胞マイトジエンである LPS とともに 37°C の 5% CO₂ インキュベーター内で培養された。72 時間後、³H-thymidine (1 μ Ci/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より測定した。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. 末梢血中の T 細胞サブセット

既報⁹⁾の如く、FITC あるいは PE で標識されたマウスの CD 4 及び CD 8 モノクローナル抗体を用いて、フローサイトメーターにてリンパ球 10^4 個当たりの T 細胞サブセットの割合を測定した。得られた結果は CD 4/CD 8 として表された。

5. 脾細胞からのインターフェロン- γ (IFN- γ) 及び腫瘍壞死因子 (TNF- α) の產生

脾細胞を ConA と in vitro 48 時間培養した上清中のサイトカイン (IFN- γ , TNF- α) 濃度を ELISA 法により測定した。

結 果

実験 1. 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感染前運動トレーニングの影響

1) 体重変化：実験期間中の体重については図 1 に示す如く、運動トレーニングや LP-BM 5 レトロウイルス感染による影響はほとんどみられない

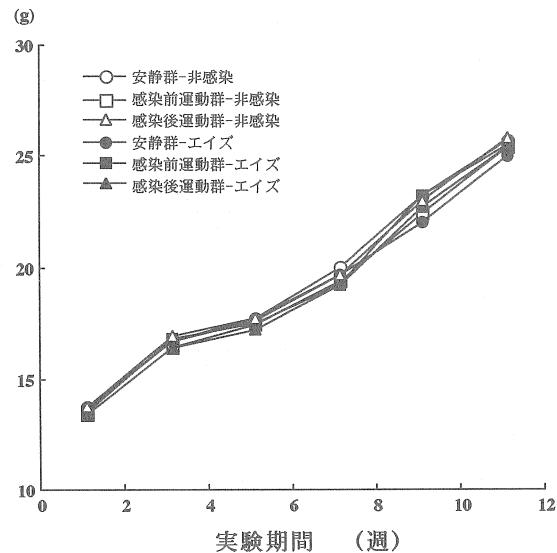


図 1 LP-BM 5 レトロウイルス感染後のマウスの体重変化

かった。また、食餌摂取量についても各群間に有意な差違を認めなかった。

2) 脾臓重量及び脾細胞数：LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う脾臓の腫大は運動トレーニングにより有意に抑制された。特に、感染前から運動トレーニングを実施した群においてその傾向を強く認めた（図 2）。また、同様にウイルス感染に伴う脾細胞数の増加に対しても運動トレーニングが強い抑制作用を示した（図 3）。

3) 脾細胞のマイトジエンに対する幼若化能：非感染群では運動トレーニングにより PHA 及び ConA に対する幼若化能の有意な上昇を認めたのに対し、LPS 刺激による脾細胞幼若化能に対してはほとんど影響を認めなかった（図 4）。一方、LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴い PHA 及び ConA などの T 細胞マイトジエンに対する反応性が著明な低下を示すのに対し、B 細胞マイトジエンである LPS に対する反応性は逆に著しい亢進を示した。運動トレーニングによりこれら変化が緩和されることを認めた。

4) 末梢血中の T 細胞サブセット：LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴うマウスエイズではヒトのエイズとは異なり、CD 8 シングルポジティブ T 細胞の割合が減少し、その結果として CD 4/

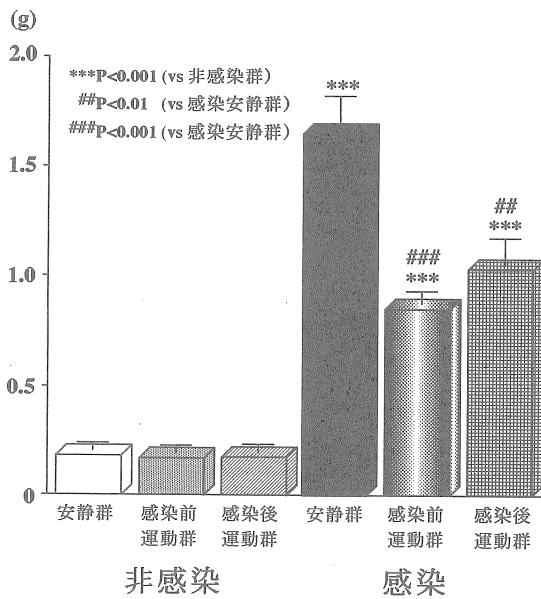


図2 LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う脾臓重量の変化

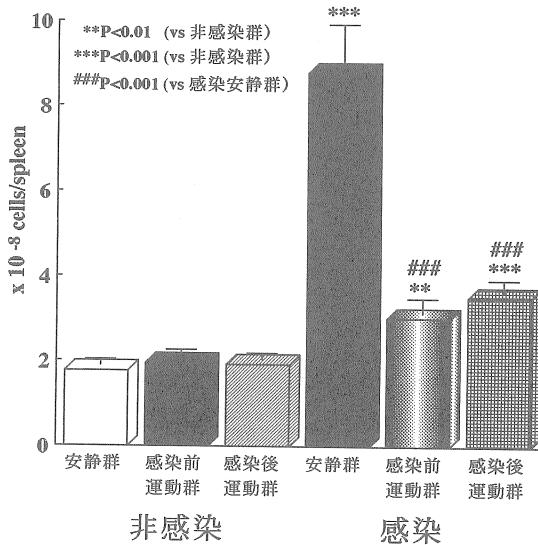


図3 LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う脾細胞数の変化

CD 8 は上昇することが知られている。本研究でも、安静群において非感染時に CD 4/CD 8 が 1.1 前後であったものが、ウイルス感染により 2.6 という著しい上昇を認めた(図5)。運動トレーニングはこの CD 4/CD 8 の上昇を明らかに抑制

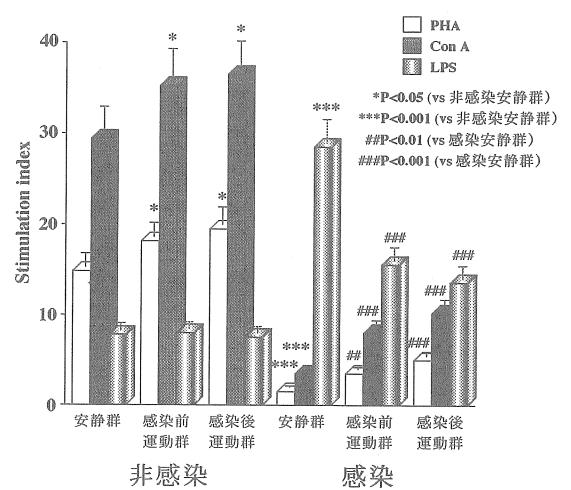


図4 LP-BM 5 レトロウイルス感染 11 週後の脾細胞の PHA, Con A 及び LPS に対する幼若化能

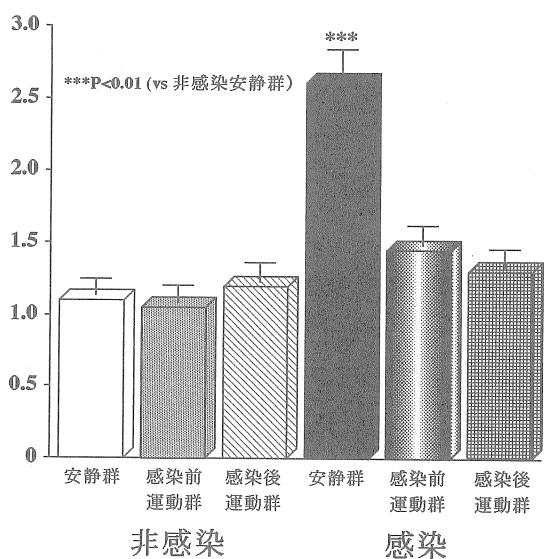


図5 LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う CD 4 及び CD 8 シングルポジティブ T 細胞比

した。しかし、運動トレーニングを感染前に実施した効果はみられなかった。

5) 脾細胞からの IFN- γ と TNF- α の産生：サイトカインの中で抗ウイルス作用を有するインターフェロン- γ の産生は運動トレーニングにより有意に亢進されるが、一方では、ウイルス感染により著明に抑制されることを認めた(図6)。運動トレーニング群においてもウイルス感染に伴い

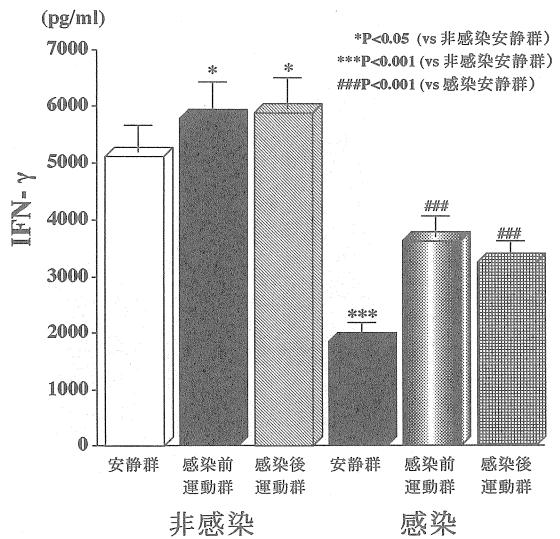


図6 LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う脾細胞からの IFN- γ 産生

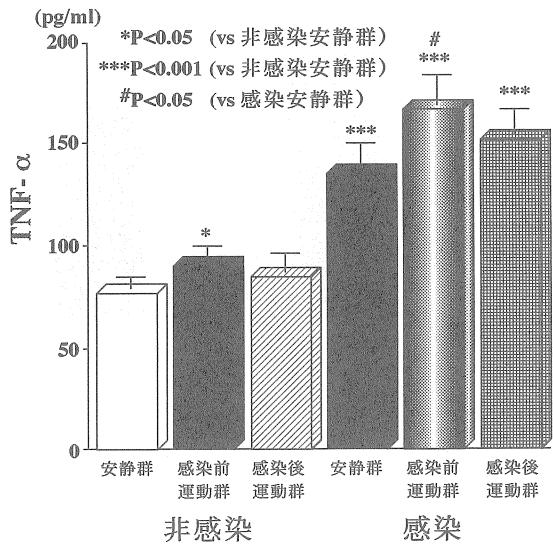


図7 LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う脾細胞からの TNF- α 産生の変化

IFN- γ 産生の著しい低下を認めたが、ウイルス感染の安静群に比べると有意に高い値を保持していた。脾細胞からの TNF- α 産生は感染前からの運動トレーニングにより安静群に比し有意に亢進されることを認めた(図7)。また、ウイルス感染によっても TNF- α の産生が高まる傾向を

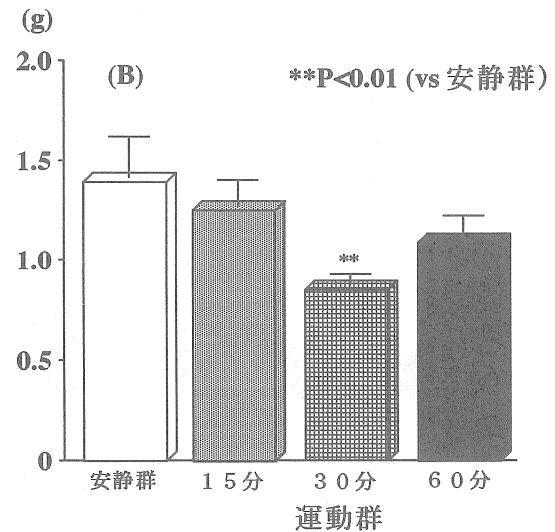
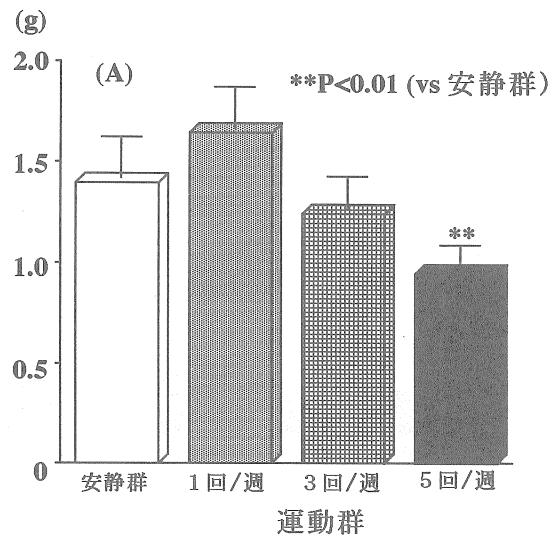


図8 LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う脾腫大に対する運動頻度(A)と運動時間(B)の影響

認め、特にそれは運動トレーニング群において顕著であった。

実験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頻度及び運動時間の影響

1)脾臓重量：LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴い脾臓重量は著明な増大を示すが、運動を週に5回行った群では安静群に比し脾臓重量増加の有意な抑制を認めたが、他の群では運動効果はみられず、週に1回の運動群では脾臓重量がむしろ安

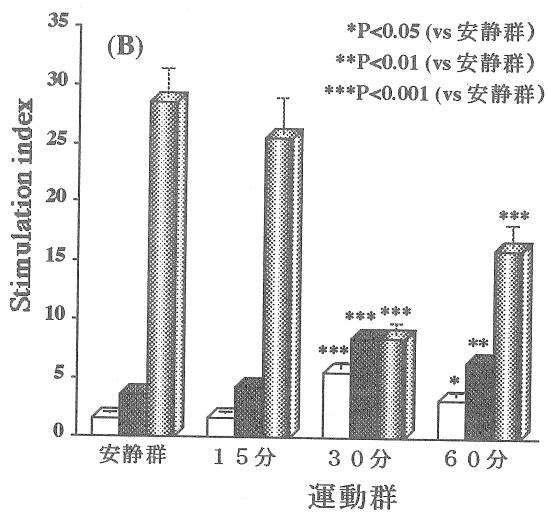
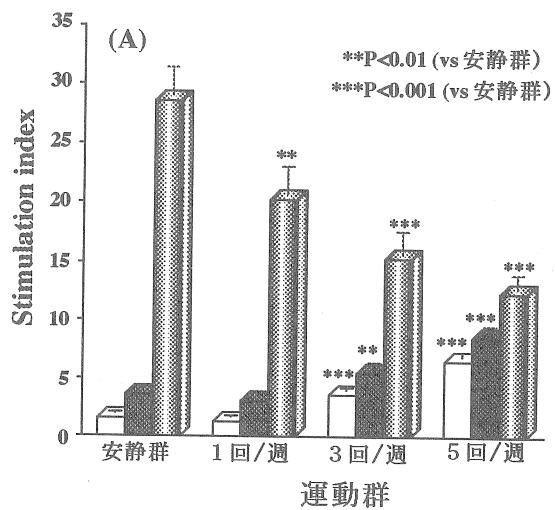


図9 LP-BM5 レトロウイルス感染に伴う脾細胞幼若化能に対する運動頻度(A)と運動時間(B)の影響

静群よりも重い傾向を認めた(図8A)。また、運動時間についても30分間の運動を行った群がウイルス感染に伴う脾臓の腫大を最も抑制しており、それより短かいあるいは長い運動を行ってもその効果はみられなかった(図8B)。

2)脾細胞の幼若化能：前述の如く、ウイルス感染に伴いT細胞マイトジエンに対する反応性は低下し、逆にB細胞マイトジエンに対する反応性は亢進する。週当たりの運動頻度が高いほどT細胞の幼若化能も保持されており、B細胞の

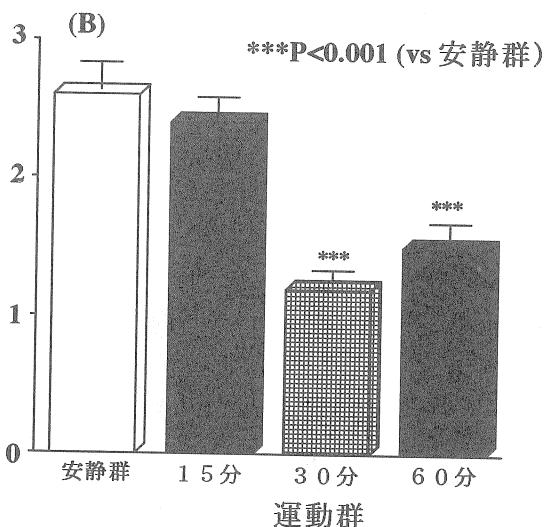
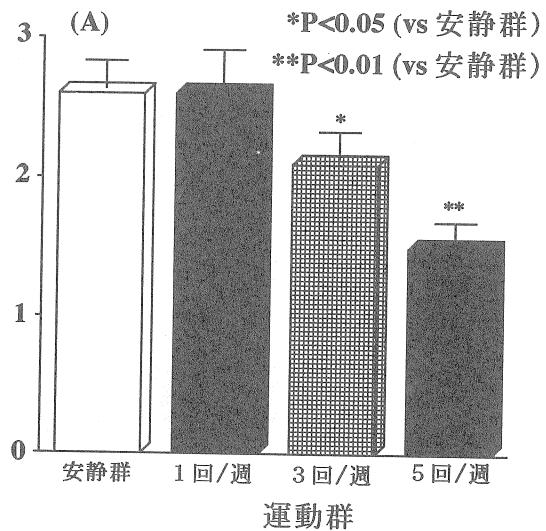


図10 LP-BM5 レトロウイルス感染に伴うCD4及びCD8シングルポジティブT細胞比の変化に対する運動頻度(A)と運動時間(B)の影響

過反応も防止された(図9)。一方、運動時間について、脾臓重量の変化と同様に1回30分間の運動が最も良く、それより長くてもそれ以上の効果はなく、むしろ運動効果が減じられる傾向を認めた。

3)末梢血中のCD4/CD8：末梢血中のT細胞サブセットのCD4/CD8はウイルス感染に伴い上昇することが知られている。本研究においても安静群では2.7程度までの上昇を認めたが、運動

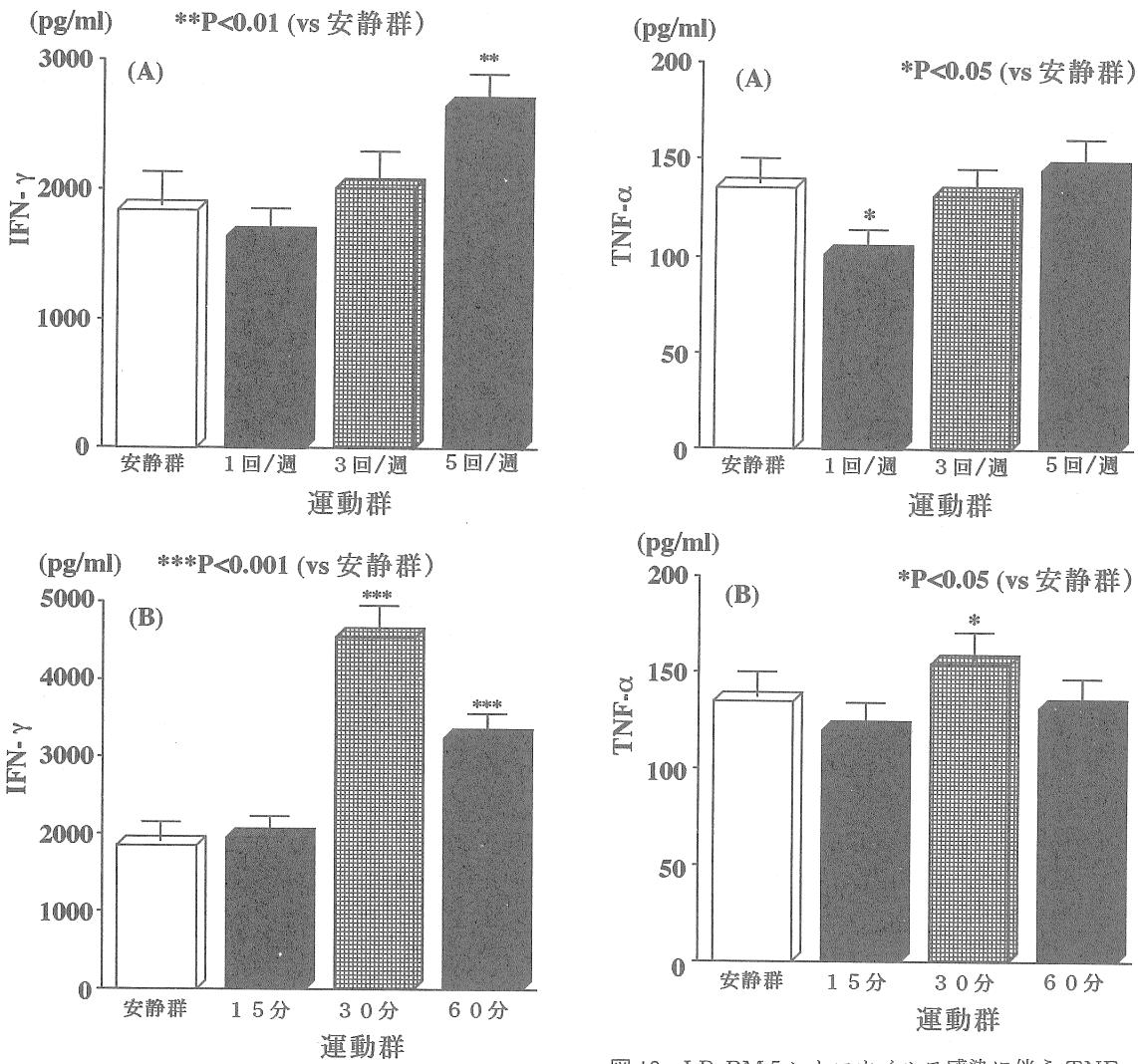


図 11 LP-BM 5 レトロウイルス感染に伴う脾細胞からの IFN- γ 産生に対する運動頻度(A)と運動時間(B)の影響

トレーニングに伴い減少する傾向にあり、運動頻度の高い群ほどそれは顕著であった(図 10 A)。また、運動時間については脾臓重量などの結果と同様に 15 分間の運動ではほとんど影響がみられなかつたが、運動を 30 ないし 60 分間行った群において CD 4/CD 8 は安静群に比し有意な低下を示した(図 10 B)。

4) 脾細胞からの IFN- γ の産生：ウイルス感染に伴う T 細胞機能の低下と相まって、活性化 T

細胞から產生され、抗ウイルス作用を有するサイトカインである IFN- γ の產生も著明に低下することが知られている。このウイルス感染による IFN- γ 產生の低下が運動トレーニングにより改善されることを見出した。特に、それは週当たり 5 回の運動群や 1 回当たり 30 ないし 60 分間の運動群において有意であった(図 11 A, B)。

5) 脾細胞からの TNF- α 产生：TNF- α はウイルス感染細胞において活性酸素の产生を促進し、ウイルス転写因子である NF- κ B の発現を高

め、その結果としてウイルス増殖を亢進することが知られている。この TNF- α 産生に対して運動頻度の差違はほとんど影響なく、むしろ最も回数の少ない週 1 回の運動群において TNF- α の産生が有意に抑制されることを認めた(図 12 A)。また、運動時間では運動を 30 分間行った群において TNF- α の有意な上昇を認めた(図 12 B)。

考 察

これまでの研究において運動トレーニングがマウスエイズの進展を抑制し、それが運動トレーニングに伴う抗酸化酵素スーパーオキシドディスクターゼ(SOD)活性の上昇とそれに伴うグルタチオンなどの抗酸化物質の温存によるこを見出し、報告している⁷⁾。しかし、一方ではウイルス感染や運動トレーニングに伴う免疫系の変化からこの機序を考察することが残されている。また、前回の実験においてはウイルス感染後から運動トレーニングを開始したが、本研究では感染 2 週間前から運動トレーニングを実施することにより、普段から定期的に運動を行うことがエイズ進展に対して如何なる影響を及ぼすかについて検討した。その結果、前回の実験結果と同様に運動トレーニングを行うことにより、マウスエイズの進展が有意に抑制されることを認めた。しかし、感染前から運動トレーニングを行っても脾臓重量、脾細胞の数や幼若化能等に若干の効果はみられたものの、安静群と感染後運動群間ほどの大きな差違はみられなかった。この結果は、エイズウイルス感染後においても初期であれば感染前から運動トレーニングを定期的に実施している場合とほぼ同程度のウイルス増殖に対する運動トレーニングの抑制効果が期待できることを示唆している。

また、運動トレーニングがウイルス増殖を抑制する機序として生体内で抗ウイルス作用を発揮する IFN- γ 産生の亢進が考えられる。そこで、ConA と in vitro, 48 時間培養した場合の脾細胞からの IFN- γ の産生について検討した。その結果、これまでの報告¹⁾と同じく運動トレーニングによりその産生が有意に亢進されることを認めた。さらに、ウイルス感染に伴う IFN- γ 産生の

低下も運動トレーニングにより軽減されることを見出し、この IFN- γ 産生の保持が運動トレーニングによるマウスエイズ進展の抑制と関連することが考えられる。しかし、この場合、IFN- γ 産生に対する作用は感染前から運動トレーニングを行ったものとウイルス感染後から運動を開始したものとの間に大きな差違はみられなかった。この結果は上述の脾臓重量などの結果とも一致するものであった。

また、一方ではウイルス増殖を高めるサイトカインとして活性化マクロファージなどから分泌される腫瘍壊死因子(TNF- α)が知られている⁶⁾。これまで、この TNF- α 産生に対する運動トレーニングの作用としてはその産生を上昇¹¹⁾あるいは低下させる³⁾といった相反する報告がみられる。おそらく運動の種類、強度並びに時間などの運動条件の相異が異なる結果を招いたと思われる。本研究では非感染時において、感染前からの運動トレーニングが TNF- α 産生を有意に亢進することを認めた。おそらく、これは運動トレーニングに伴うマクロファージの活性化と関連すると思われる。ウイルス感染により脾細胞からの TNF- α 産生の著しい上昇が誘導されたが、運動トレーニングはこの上昇を抑制せず、むしろさらに高い産生を誘導した。以上の結果から、脾臓重量、脾細胞数及び幼若化能や末梢血中の T 細胞サブセットの変化から考えると、運動トレーニングによりマウスエイズの進展が抑制されることは明らかであり、それは TNF- α 産生の抑制というよりはむしろ生体内で抗ウイルス作用を示す IFN- γ 産生の上昇と関連することが示唆された。

次に、実験 2 としてどの程度の頻度でどのくらいの時間運動を行えば、最も効率的にマウスエイズ進展が抑制されるかについて検討した。その結果、運動を週に 5 日間、毎日、継続して実施した群が最も強くマウスエイズの進展を抑制した。また、1 回当たりに運動時間としては 30 分間の運動によりウイルス増殖に伴う脾臓の腫大が最も抑制された。その他、脾細胞の幼若化能や末梢血中の T 細胞サブセットの変化についても同様に週 5 回あるいは 30 分間の運動がエイズに伴う免疫異常を最も改善した。この機序をサイトカイン産

生からみた場合、IFN- γ 産生についてはこれら結果と一致した変化を認めたのに対し、TNF- α 産生については異なる結果を得た。つまり、運動頻度については週5回の運動群においてもTNF- α 産生の低下はみられず、むしろ安静群に比し若干、上昇する傾向を認めた。さらに、週1回の運動によりTNF- α の有意な低下を認めた。これらの結果は運動頻度が少ない場合、宿主免疫系が抑制される可能性を示唆するものであり、運動がストレスとして作用していることが考えられる。また、運動時間については30分間の運動群においてTNF- α 産生の有意な上昇を認め、上述の運動トレーニング効果とは逆の結果であった。

以上、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の影響について、運動開始時期、運動頻度並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明らかにした。さらに、その機序を生体内でウイルス増殖に関与するサイトカイン(IFN- γ , TNF- α)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- κ Bの産生抑制というよりはむしろIFN- γ 産生の亢進を介してウイルス増殖を抑制している可能性が示唆された。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し、それがTNF- α 産生の抑制と関連することを見出し、報告している¹⁰⁾。つまり、運動トレーニングとビタミンEとではマウスエイズ進展を抑制する機序が異なることが考えられ、両者の併用によりマウスエイズ進展をさらに相乗的あるいは相加的に抑制することが可能かもしれない。そこで、次回は本研究と同様にLP-BM 5 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に加え、高ビタミンE食投与の影響について検討する予定である。

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) DeRijk, R., Michelson, D., et al.: Exercise and circadian rhythm-induced variations in plasma cortisol differentially regulate interleukin-1 beta (IL-1 beta), IL-6 and tumor necrosis factor alpha (TNF alpha) production in humans: high sensitivity of TNF alpha and resistance of IL-6. J. Clin. Endocrinol. Metab., 82 : 2182-2191, 1997.
- 3) Drenth, J. P. H., Van Uum, S. H. M., et al.: Endurance run increases circulating IL-6 and IL-1 α but downregulates ex vivo TNF- α and IL-1 β production. J. Appl. Physiol., 79 : 1497-1503, 1995.
- 4) Espersen, G. T., Elback, A., et al.: Effect of physical exercise on cytokines and lymphocyte subpopulations in human peripheral blood. APMIS, 98 : 395-400, 1990.
- 5) Horne, L., Bell, G., et al.: Interaction between cortisol and tumor necrosis factor with concurrent resistance and endurance training. Clin. J. Sport Med., 7 : 247-251, 1997.
- 6) Lehmann, C., Sprenger, H., et al.: Infection of macrophages by influenza A virus: characteristics of tumor necrosis factor-alpha (TNF alpha) gene expression. Res. Virol., 147 : 123-130, 1996.
- 7) 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.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 1 報—, 25-29, 1997.
- 8) Natelson, B. H., Zhou, X., et al.: Effect of acute exhausting exercise on cytokine gene expression in men. Int. J. Sports Med., 17 : 299-302, 1996.
- 9) Oka, T., Moriguchi, S., et al.: Alteration of energy substrates utilized by small and large thymocytes in resting and stimulating state. Nutr. Res., 16 : 841-850, 1996.
- 10) 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, 1997.
- 11) Rivier, A., Pene, J., et al.: Release of cytokine by blood monocytes during strenuous exercise. *Int. J. Sports Med.*, 15: 192-198, 1994.
 - 12) 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.
 - 13) Weinstock, C., Konig, D., et al.: Effect of exhaustive exercise stress on the cytokine response. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29: 345-354, 1997.

3) 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

報告者 新開 省二¹⁾

研究協力者 浅井 英典²⁾ 審 貴旺³⁾ 岡 敬三⁴⁾

緒 言

人の防御体力、とりわけその重要な部分を担っている免疫能にとって、ジュニア期のスポーツ活動はどのような意味をもつのであろうか。果たして、ジュニア期のスポーツ活動は、人の免疫能に好ましい影響をもたらすのであろうか。さらに、もし良い影響があるとして、それは成人期以降にも及ぶ長期的な効果として残るのであろうか。本研究では横断的調査を通じて、これらの疑問を明らかにすることを目的とした。ジュニア期は人のからだの成長期である。この時期のスポーツ活動が人のからだ、例えば神経系、筋骨格系、循環器系の発達に大きな影響を及ぼすことはよく知られている。これに対し、ジュニア期のスポーツ活動が免疫系に及ぼす影響についてはほとんど解明されていない。

人の免疫系は、からだの他の機能系とはやや異なる発達過程をたどる。免疫系は自然免疫系(innate immunity)と獲得免疫系(aquired immunity)に大きく分けられる。これらの機能はいずれも生後から思春期にかけ次第に発達しピークをむかえた後、中年期以降になんでも自然免疫系は維持されるが、獲得免疫系の機能は加齢とともに低下していく⁹⁾。これら免疫系をささえる臓器には、骨髄、胸腺、リンパ節、脾臓、さらには、消化管や肺などがある。これらの臓器の中で、胸腺は獲得免疫系、特にT細胞が担う機能に必須の臓器である。胸腺は生後まもない時期から退縮がはじまり、思春期以降は胸腺の重要な機能の一つであるナイーブT細胞の産生能はほぼ消失すると考えられている^{1,4)}。解剖学的には胸

腺の実質組織は中年期にはほとんど脂肪組織に置換されていることが明らかにされている¹¹⁾。そのため、多様な抗原に対応するナイーブT細胞のレパートリーの大部分は、すでに胎児期に準備され広く体内に配備されていると考えられている。しかし、生後も思春期頃までは胸腺によるナイーブT細胞の産生は続き、また、この間種々の外来抗原に暴露されることで、獲得免疫系が発達し、免疫系全体が強化されていくのである。

このようにジュニア期は免疫系の発達にとって大変重要な時期にあたる。したがってこの時期のスポーツ活動が、人の免疫系にどのような影響を与えるのかを解明することは、大変意義があることと思われる。ところで、人を対象としてスポーツ活動と免疫機能の関連を研究するスタイルには2つある。一つは、もともと運動習慣のない対象者を運動群と対照群の2群にわけ、その後運動群のみにスポーツを実施してもらしながら、これら2群を長期追跡して免疫機能の変化を調べる縦断的研究である。当然のことながら、研究は長期に渡り、また対象者のドロップアウトがおこりやすい難点がある。他方は、今までのスポーツ歴を調べ異なるスポーツ歴を有する対象群を抽出し、群間に免疫機能を比較する横断的研究である。この方法は対象者の募集が比較的容易であるが、スポーツ歴以外の要因を調整することが難しく、得られた結果は必ずしもスポーツ歴と免疫機能との因果関係を示しているわけではない。

本研究は後者の横断的研究法により、ジュニア期のスポーツ活動が人の防衛体力、特に免疫機能にどのような影響を与えるのかその手がかりを得ることを目的に実施したものである。まず、一般大学生からこれまでのスポーツ歴が異なる3群を抽出した。この3群について、風邪の罹患状況、身体的・体力的特徴、末梢血液の免疫機能を調

1) 愛媛大学医学部公衆衛生学 2) 愛媛大学教育学部保健体育学 3) 愛媛大学医学部公衆衛生学 4) 愛媛大学医学部実験実習機器センター

べ、結果を比較した。

対象および方法

1. 対象者

対象者の選択手順を図1に示した。まず、愛媛大学第1学年に開講している「保健体育実技」を受講した一般学生約200名に対し、「成長期のスポーツ活動と健康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、体力（筋力、持久力）の自己評価、過去一年間の風邪の罹患回数、既往歴を尋ね、最後に、本研究の主旨と内容を記述し、被験者として研究参加の可能性を尋ね、可能な場合は連絡先を記入してもらった。その結果、172名から研究参加の同意を得た。そこで、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. 現在もスポーツをしている群10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19名（運動中断群）を、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19名（対照群）を抽出した。この時点で、運動継続群に該当する人数が少なかったため、大学陸上部、バレー部、バスケット部の1年生にも同様

な手順でアンケートを配布、回収し、上記必要条件を満たしつつ研究参加の同意が得られた8名を運動継続群に追加した。

なお、以下の身体・体力測定までに、連絡不通、交通事故、あるいは拒否などにより、被験者数は若干減少し、運動継続群17名、運動中断群16名、対照群17名が研究に参加することになった。

2. 身体・体力測定

被験者の身体的特性を把握する目的で、身体計測と最大酸素摂取量の測定を行った。身体計測では、Martin anthropometerを用いて、身長、体重、胸囲、ウェスト、ヒップ、上腕・大腿周径を、栄研式皮下脂肪厚計を用いて身体7ヶ所の皮下脂肪厚を測定した。また、最大酸素摂取量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分ごとに30wattsづつ負荷を上げる漸増負荷法により実測した。

3. 採血

被験者には、採血の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12時前には就寝するよう指示した。採血当日、被験者は朝食を抜いて検査室に午前7:45~8:00に集合し、約15分の座位安静後、肘静脈より約25mlの末梢血を採取した。採血は合計5日に分けて行っ

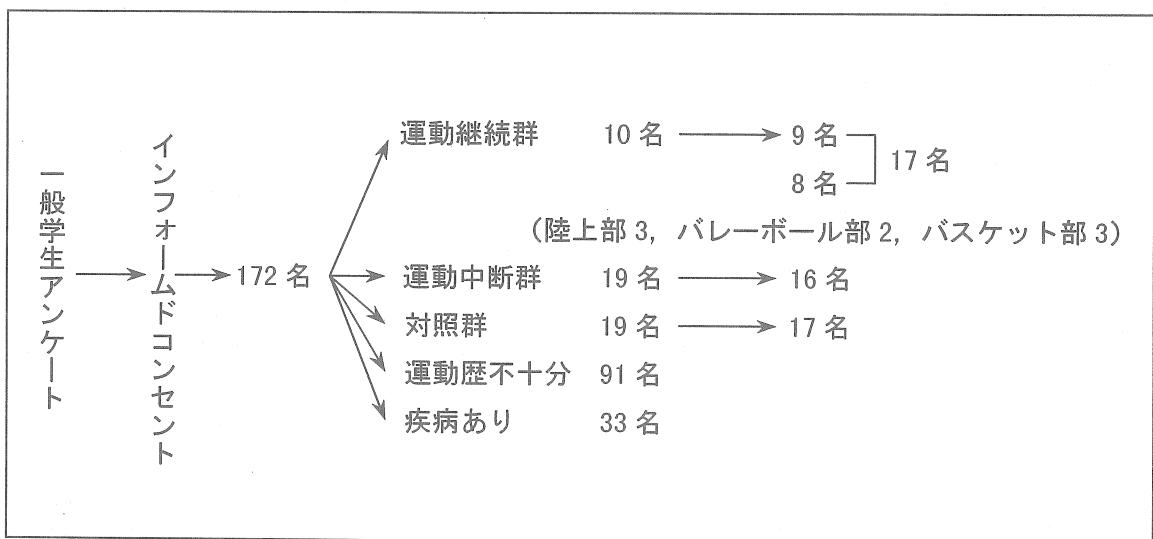


図1 対象者の選択

た。免疫学的検査の結果は測定日によりかなり変動することが予想されたため、3群間での測定日変動の影響を均等化する目的で、各採血日は各群の対象者数がほぼ等しくなるように人数配分した。

なお、採血にあたっては、体調、特に風邪、発熱や外傷の有無を問診した。

4. 血液学的検査

2 ml の EDTA 添加真空採血管に採血された血液について、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、被験者が SENIEUR admission criteria^{2,3)} に該当するかどうかを確かめるために、クエン酸処理した血液について赤沈（1時間値、2時間値）を、血清について、総蛋白、蛋白分画、肝機能、脂質（総コレステロール、中性脂肪、HDL-コレステロール）、尿素窒素、クレアチニン、尿酸を測定した。なお、これら血液学的検査は SRL 西日本(株)に依頼した。

その結果、運動継続群 1 名、運動中断群 2 名、対照群 1 名が SENIEUR criteria で除外され、最終的な被験者は、運動継続群 16 名、運動中断群 14 名、対照群 16 名となった。

5. 免疫学的検査

リンパ球サブセットは、EDTA 添加末梢血 100 μl を標識モノクローナル抗体 (mAb) 10 μl と混和し、暗室で 30 分間氷上インキュベーションした後、2 ml の塩化アンモニウム低張液を加え、赤血球を溶血させた。10 分間室温で静置後、遠心（4°C にて 400×g で 6 分間）と洗浄 [氷冷したリン酸緩衝液 (PBS) 2 ml にて] を合計 3 回繰り返し、最終的に白血球を PBS 0.3 ml 中に浮遊させた。用いた mAb とその組み合わせは次のとおりである。抗 CD 3 mAb (FITC)/抗 CD 56 mAb (PE), 抗 CD 45 RA mAb または抗 CD 45 RO mAb (FITC)/抗 CD 4 mAb (PE) または抗 CD 8 mAb (PE), 抗 CD 4 mAb (FITC)/抗 CD 25 mAb (PE), 抗 CD 19 mAb (FITC)/抗 CD 14 mAb (PE)。標識白血球浮遊液は FACSCalibur (Becton-Dickinson 社) で分析し、リンパ球全体に占める蛍光染色された細胞

(サブセット) の相対頻度を求めた。各サブセットの末梢血液中の絶対濃度は、総リンパ球濃度にこの相対頻度を乗じることで算出した。

さらに、ヘパリン添加末梢血約 18 ml から Lymphoprep (Nycomed 社) を用いた密度勾配遠心法により单核球浮遊液を調整し、これを用いて natural killer (NK) 細胞活性と phytohemagglutinin (PHA) および pokeweed mitogen (PWM) に対するリンパ球増殖能を調べた。NK 細胞活性は、10 % ウシ胎仔血清添加 RPMI 1640 培地 (10 % FCS-RPMI) に 2×10^6 細胞/ml 濃度に調整した单核球浮遊液 (Effector cells; E) と、Na₂⁵¹CrO₄ でラベルされた K 562 細胞 (1×10^5 /ml, Target cells; T) を、E/T 比が 20:1, 10:1, 5:1 になるようにマイクロカルチャープレート上で混和した後、CO₂ インキュベーター内で 4 時間温置し、上清中に遊離した⁵¹Cr を γカウンターにて計測した。活性は、% lysis = $100 \times (\text{test-spontaneous}) / (\text{total-spontaneous})$ で表現した。

また、マイトジエン刺激リンパ球増殖能は、10 % FCS-RPMI 中に 5×10^5 細胞/ml に調整された单核球浮遊液 200 μl を、20 μg/ml, 10 μg/ml の PHA, あるいは 10 μg/ml, 5 μg/ml の PWM 存在下で 66 時間温置した後、1 μCi の ³H-チミジンを加えさらに 6 時間温置後、細胞をガラスファイバーフィルター上にハーベストし、液体シンチレーションカウンターで計測した。

なお、NK 細胞活性は NK 細胞 (CD 3-CD 56+) により担われており、また、PHA あるいは PWM に反応するリンパ球は、それぞれ T 細胞 (CD 3+) あるいは T および B 細胞 (CD 19+) である。そこで、单核球浮遊液中の CD 3-CD 56+, CD 3+, CD 19+ 細胞濃度を標識 mAb とフローサイトメーターを用いて求め、上述のようにして得られたそれぞれの活性（未調整活性）を反応液中の機能担当細胞数で割り、per cell basis の調整活性としても表現した。

6. 統計学的方法

過去一年間の風邪の罹患回数については χ^2 検定と Wilcoxon の U 検定、身体特性および各種免疫検査のデータについては一要因分散分析と

Scheffé の多重比較法を用いて、それぞれ群効果の有意検定と各群間の比較を行った。なお、有意水準は 5 %とした。

結 果

1. スポーツ歴

運動継続群の過去のスポーツ歴（大学入学前）は、平均で 10.3 年（8~12 年）に及んでいた。スポーツ種目は、水泳、陸上競技、サッカー、テニス、バレー、野球、剣道などが多く、小学校以来一貫して同一種目を続けている者もいれば、小・中・高校とそれぞれ異なる種目にチャレンジしてきた者など様々であった。一方、運動中断群の過去のスポーツ歴（大学入学前）は、平均で 9.3 年（6~12 年）であり、運動継続群と同様にスポーツの種目は多岐にわたっていた。

2. 風邪の罹患状況

被験者 3 群における過去一年間の風邪の罹患についての回答状況を表 1 に示した。サンプルサイズが小さいため有意な差はなかったが、運動継続群は他の 2 群に比べ 0 回と回答した者の割合が多かった。なお、運動中断群と対照群の間で風邪の罹患の回答状況に差はなかった。

3. 身体特性

運動継続群は他の 2 群に比べ、身体 7 部位の皮下脂肪厚合計値が有意に小さく、体重当たりの最大酸素摂取量が有意に高かった（表 2）。運動継続群の体重当たりの最大酸素摂取量は、対照群や運動中断群のそれらより平均で 17 %、14 %だけ高かった。なお、運動中断群と対照群の間では、身体特性に有意な差はなかった。

4. 末梢血液中の総白血球および各分画の濃度

総白血球濃度については、運動中断群が他の 2 群に比べ高い傾向を示したが、白血球各分画の濃度には、3 群間で有意な差はなかった（表 3）。

5. 末梢血液中の主なリンパ球サブセットの濃度

今回は主なリンパ球サブセット、すなわち T 細胞（CD 3+CD 56-）、B 細胞（CD 19+），

表 1 過去一年間の風邪の罹患回数

	0回	1~3回	4回以上
運動継続群(n=17)	11 (64.7%)	6 (35.3%)	0 (0 %)
運動中断群(n=16)	7 (43.8%)	9 (56.3%)	0 (0 %)
対照群 (n=17)	7 (37.5%)	8 (50.0%)	2 (12.5%)

表 2 対象者の身体特性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	皮下脂肪厚(mm)	W/H比	最大心拍数(/分)	最大酸素摂取量(ml/kg/min)
運動継続群(n=16)	18.9±0.5	172.3±5.8	63.1±5.8	21.2±1.2	64±14	0.777±0.034	193±8	47.9±4.6
運動中断群(n=14)	19.1±0.7	170.3±4.8	64.7±9.3	22.3±3.2	101±47	0.793±0.043	195±9	42.0±5.3
対照群 (n=16)	19.5±0.7	172.5±8.7	62.4±8.9	21.0±2.5	97±43	0.794±0.039	198±8	40.9±6.0
有意差(p値)	0.028	ns	ns	ns	0.015	ns	ns	0.001

データは、平均±標準偏差として表した。BMI、body mass index；皮下脂肪厚、身体7ヶ所の皮下脂肪厚の合計；W/H比、ウェスト/ヒップ比。

表 3 末梢血液中の総白血球および各分画の濃度

	総白血球(μl ⁻¹)	好中球(μl ⁻¹)	リンパ球(μl ⁻¹)	単球(μl ⁻¹)	好酸球(μl ⁻¹)	好塩基球(μl ⁻¹)
運動継続群(n=16)	5210±1130	2520±700	2250±560	230±140	170±120	40±20
運動中断群(n=14)	6180±1280	3020±780	2610±790	270±100	230±130	50±20
対照群 (n=16)	5380±970	2740±780	2200±520	250±100	160±70	40±30
有意差(p値)	0.055	ns	ns	ns	ns	ns

データは平均±標準偏差。

表4 末梢血液中のリンパ球サブセットの濃度 (μl^{-1})

	CD3+CD56-細胞	CD3+CD56+細胞	CD3-CD56+細胞	CD4+細胞	CD8+細胞	CD19+細胞
運動継続群(n=16)	1410±350	110±60	370±220	830±220	490±150	220±90
運動中断群(n=14)	1650±570	120±80	380±200	940±400	560±250	290±110
対照群 (n=16)	1320±320	90±50	370±180	780±260	430±140	260±90
有意差(p値)	ns	ns	ns	ns	ns	ns

データは平均±標準偏差。

表5 CD 4+細胞と CD 8+細胞におけるナイーブ、メモリー細胞および活性化 CD 4+細胞の濃度 (μl^{-1})

	CD45RA+CD4+細胞	CD45RO+CD4+細胞	CD45RA+CD8+細胞	CD45RO+CD8+細胞	CD25+CD4+細胞
運動継続群(n=16)	630±210	450±140	430±150	180±100	260±100
運動中断群(n=14)	770±370	450±200	480±240	190±110	270±130
対照群 (n=16)	620±240	430±150	380±150	150±70	240±60
有意差(p値)	ns	ns	ns	ns	ns

データは平均±標準偏差。

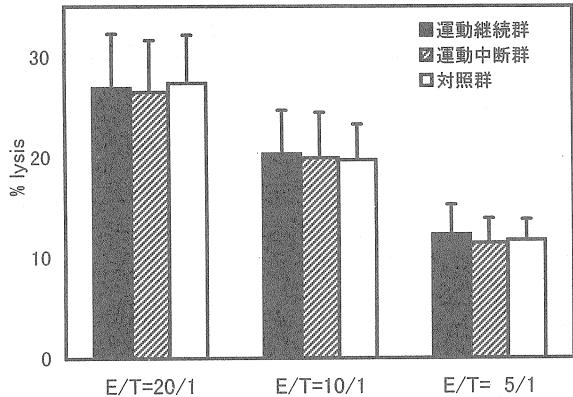


図2-a NK 細胞(未調整) 活性の比較

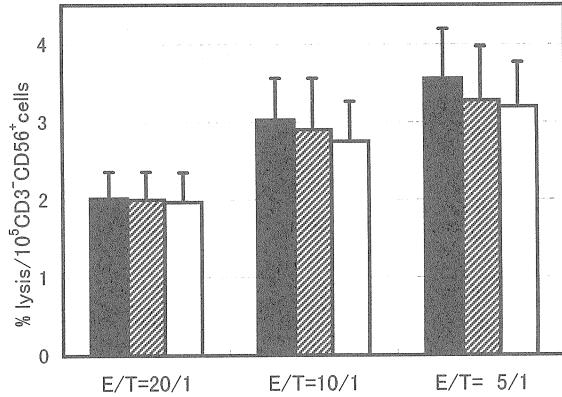


図2-b NK 細胞(調整) 活性の比較

NK 細胞 (CD 3- CD 56+), ヘルパー T 細胞 (CD 4+), 細胞障害性 T 細胞 (CD 8+), MHC 非拘束細胞障害性 T 細胞 (CD 3+CD 56+) の濃度を測定した (表4)。いずれのサブセットの濃度も 3 群間で有意な差を認めなかった。

さらに、ヘルパー T 細胞 (CD 4+), 細胞障害性 T 細胞 (CD 8+) を、CD 45 RA 抗原を有する “ナイーブ” 細胞と CD 45 RO 抗原を有する “メモリー” 細胞に分けて比較してみたが、いずれも 3 群間に有意な差はなかった (表5)。また、

活性化ヘルパー T 細胞 (CD 25+CD 4+) の濃度にも有意差を認めなかった。

6. NK 細胞活性

NK 細胞活性は、未調整活性でも、per cell basis であらわした調整活性でも、3 群間に有意差はなかった (図2-a, b)。

7. マイクログン刺激リンパ球増殖能

PHA および PWM に対するリンパ球反応性についても、未調整活性、調整活性いづれにおいても、運動継続群、運動中断群、対照群の間で有意

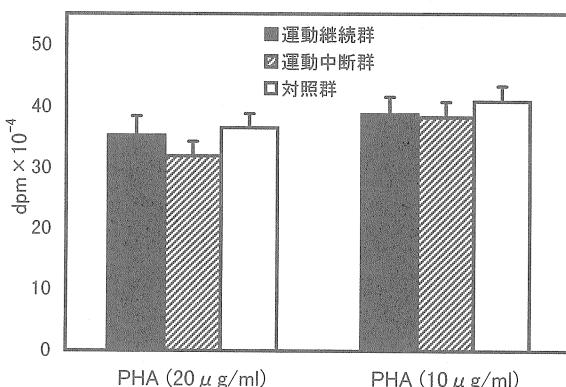


図 3-a PHA 刺激リンパ球増殖能
(未調整活性) の比較

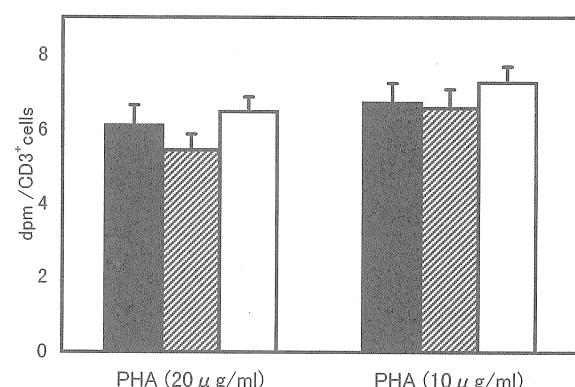


図 3-b PHA 刺激リンパ球増殖能
(調整活性) の比較

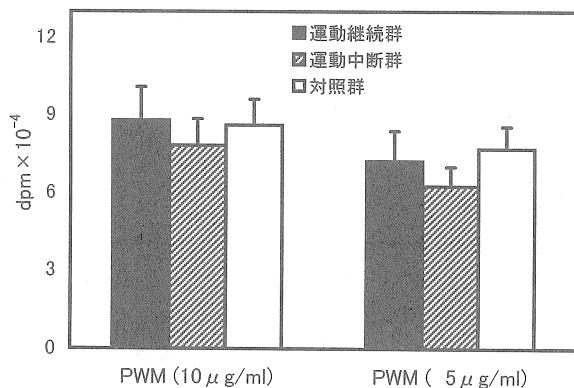


図 4-a PWM 刺激リンパ球増殖能
(未調整活性) の比較

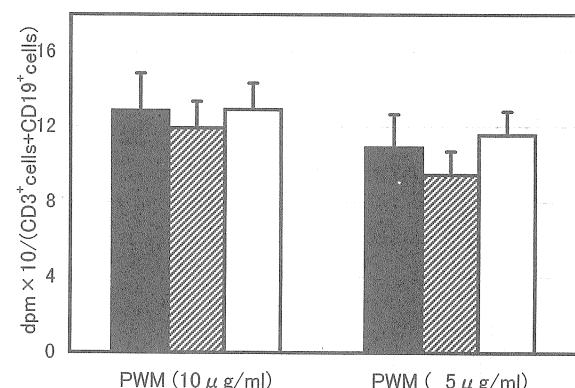


図 4-b PWM 刺激リンパ球増殖能
(調整活性) の比較

な差を認めなかった(図 3-a, b および図 4-a, b)。

考 察

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、過去一年間の風邪の罹患回数、身体的・体力的特徴、および末梢血液の各種免疫機能を比較し、ジュニア期のスポーツ活動が生体防御能に及ぼす影響を明らかにしようとした。過去一年間の風邪の罹患回数については、運動継続群のそれが他の2群に比べて少なかつたが、運動中断群と対照群の間に差はなかつた。このことは、ジュニア期のスポーツ活動の有無よりも、現在スポーツをつづけているか否かが、風邪の罹患に影響する要因であることを

示唆していると考えられる。ただ、サンプルサイズが小さいので明確には結論できないため、今後、アンケートの人数を増やしてさらに検討する必要がある。

身体的・体力的特徴としては、運動継続群は他の2群に比べて、身長と体重には差がなかつたが、皮下脂肪厚(身体7ヶ所の合計)が有意に小さかつた。すなわち、運動継続群は体脂肪量が少なく、除脂肪量が多い特徴があつた。さらに、体重当たりの最大酸素摂取量が他の2群に比べ有意に高く、有酸素的作業能が優れていることがわかつた。しかし、運動中断群は全ての項目において対照群のそれとほぼ等しかつた。このことは、運動を中止して1~2以上年経過すると、ジュニア期のスポーツ活動の身体・体力面への効果は消失

してしまう可能性を示唆していると考えられる。

さて、今回検討した末梢血液の免疫機能すべての項目において、これら3群間に有意な差を認めなかつた。免疫担当細胞の数的評価では、総白血球やその分画のみならず、10種類のリンパ球サブセットや活性化ヘルパーT細胞の濃度を測定したが、いずれも差がなかつた。同様に、免疫担当細胞の機能として、NK細胞活性とPHAおよびPWMに対するリンパ球反応性を評価したが、3群間に有意差はなかつた。これらの結果は、現在大学に在籍している学生の安静時末梢血免疫能には、ジュニア期のスポーツ活動のみならず、現在のスポーツ活動も影響していないことを意味している。

ジュニア期のスポーツ活動と免疫機能に関する研究は、国内外で本研究が初めてである。しかし、スポーツ・運動習慣の有無、あるいは有酸素的体力と免疫能との関連については、すでにいくつかの先行研究がある。若年者を対象にした研究では、まず、Pedersenら⁷⁾は27人の男子自転車競技選手(19~28歳)は、習慣的なスポーツ活動をしていない15人の対照者(20~29歳)に比べ、末梢血中CD16+NK細胞比率が高く(中央値17 vs 11%), NK細胞活性が高い(同38.1 vs 30.3%)ことを報告している。次に、Rhindら⁸⁾は男子大学生で鍛錬者7名(平均年齢21.9歳,)と非鍛錬者6名(同23.4歳)の末梢血中NK細胞濃度を比較し、CD16+細胞およびCD56+細胞濃度とも鍛錬者の方が高い(320 vs 160個/mm³, 410 vs 210個/mm³)ことを報告した。高齢者を対象にした研究には、Niemanら⁹⁾およびShinkaiら¹⁰⁾のものがある。前者は、州あるいは国レベルの体力的に優れた高齢女子選手12名(平均年齢72.5歳)のNK細胞活性とPHA反応性が、対照群のそれより56%, 54%も高かったことを報告している。後者は、平均で17年間のランニング歴のある男子ランナー17名(同63.8歳)のPHAおよびPWM反応性は高く(それぞれ対照群19名のそれに比べ+44%, +51%), また、IL-2, IFN-γおよびIL-4の産生能が高いことを認めている。このように、これまでの横断研究では、鍛錬者の安静時末梢血免疫能は

非鍛錬者のそれより優れているという報告が多い。

今回のデータはこれら先行研究の結果と矛盾するものであった。その原因は何に由来するのであろうか。先行研究での鍛錬者は比較した対照者に比べ、体重当たりの最大酸素摂取量で表される有酸素的作業能が非常に高いのが特徴である。Pedersenらの場合は平均で33%, Rhindらは46%, Niemanらは67%, そしてShinkaiらは32%も高い集団であった。それに対し、本研究の運動継続群のそれは、対照群に比べ17%だけ高いレベルにとどまっていた。こうした対象者の体力水準、あるいはそれに関連した運動期間、頻度、強度などの違いが、末梢血免疫能に差をもたらすか否かを左右することは十分考えられる。すなわち、体力水準をかなり高くあげるような運動でなければ、安静時末梢血免疫能にはメリットが生じないのかもしれない。

今回、運動継続群においては過去一年間の風邪(いわゆる上気道感染)の罹患回数が他の2群に比較して少なかったにもかかわらず、安静時末梢血の免疫機能には変化を認めなかつた。とりわけ、ウイルス感染防御に関わっているとされるNK細胞活性にも差はなかつたことは、上気道感染の罹患と今回測定した末梢血免疫機能のレベルの間には直接的な関連がないことを示している。言い換えれば、上気道感染に対する生体防御能の指標としては、今回用いた末梢血免疫機能のパラメータを用いることはできないようである。上気道感染に対する感受性と末梢血免疫能との乖離については、他の研究者⁵⁾も報告している。上気道感染の罹患には、環境的要因と宿主側要因が関連する。宿主側要因は広義の生体防御能であり、この高低が大きく関わっていることは論を待たない。しかし、生体防御能に関わる要因は多様であり、上気道粘膜の性状、上気道の局所免疫能、さらには全身性の免疫能が関与する。すなわち、安静時の末梢血免疫能の高低が上気道感染を規定する唯一の宿主要因ではないのである。したがって今後は、上気道感染に対する感受性を反映する生体側の免疫指標は何であるのか、それがスポーツ活動によってどのような影響を受けるのかを解明

していくことが必要であろう。

本研究の結果を総括すると、小学校時期から大学初期までほぼ一貫してスポーツに取り組んでいる大学生は、体脂肪量が少なく除脂肪量が多く、体重当たりの最大酸素摂取量が高い身体特性があり、生体防御能との関連では風邪の罹患が少ない傾向がみられた。しかし、これらのメリットは過去（ジュニア期）のスポーツ活動によるものというよりは、現在も習慣的なスポーツ活動をしていくことによりもたらされていた。さらに、今回調べた末梢血免疫機能には、ジュニア期のスポーツ活動による影響も、現在のスポーツ活動による影響もいずれも現れていた。

文 献

- 1) George, A. J. T. and M. A. Ritter : Thymic involution: Obsolescence or good house-keeping? *Immunol. Today.* 17: 267-272, 1996.
- 2) Ligthart, G. J., et al. : Admission criteria for immunogerontological studies in man: The SENIEUR protocol. *Mech. Ageing Dev.* 28: 47-55, 1984.
- 3) Ligthart, G. L., et al. : Necessity of the assessment of health status in human immunogerontological studies: Evaluation of the SENIEUR protocol. *Mech. Ageing Dev.* 55: 89-105, 1990.
- 4) Mackall, C. L., et al. : Age, thymopoiesis, and CD 4+T-lymphocyte regeneration after intensive chemotherapy. *N. Engl. J. Med.* 332: 143-149, 1995.
- 5) Nieman, D. C., et al. : The effects of moderate exercise training on natural killer cells and acute upper respiratory tract infections. *Int. J. Sports Med.* 11: 467-473, 1990.
- 6) Nieman, D. C., et al. : Physical activity and immune function in elderly women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25: 823-831, 1993.
- 7) Pedersen, B. K., et al. : Natural killer cell activity in peripheral blood of highly trained and untrained persons. *Int. J. Sports Med.* 10: 129-131, 1989.
- 8) Rhind, S. G., et al. : Differential expression of interleukin-2 receptor alpha and beta chaines in relation to natural killer cell subsets and aerobic fitness. *Int. J. Sports Med.* 15: 911-918, 1994.
- 9) Shinkai, S., et al. : Aging, exercise, training, and the immune system. *Exerc. Immunol. Rev.* 3: 68-95, 1996.
- 10) Shinkai, S., et al. : Physical activity and immune senescence in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27: 1516-1526, 1995.
- 11) Steinman, G. G., et al. : The involution of the ageing human thymic epithelium is independent of puberty: A morphometric study. *Scand. J. Immunol.* 22: 563-575, 1985.

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

報告者 赤間 高雄¹⁾

研究協力者 林 栄輔²⁾ 秋本 崇之¹⁾

目的

ジュニア期のスポーツ活動は心身の成長を目的に行われることが多く、スポーツ活動の効果として「体力がついて丈夫になった」と感じる保護者が多い⁵⁾。この体力には行動体力ばかりでなく防衛体力が含まれると思われ、スポーツ活動の効果を判断するには防衛体力を評価することが必要である。また、ジュニア期のスポーツ活動は集団として指導者のもとで行われることが多く、指導者は選手のコンディションを評価してスポーツ活動を行わせることが求められる。防衛体力は選手のコンディションの重要な要素であり、この点からもジュニア期のスポーツ活動においては選手の防衛体力を適切に評価することが望ましいと思われる。

しかし、実際に防衛体力を測定することは容易ではない⁶⁾。防衛体力のうち、細菌やウイルスなどの生物的ストレス（感染症）に対する抵抗力は免疫系が担っている。最も一般的な感染症は上気道感染症（かぜ）である。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、このこと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⁷⁾。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) が重要な役割をはたしている^{2),3),4)}。成人においては、唾液中の sIgA がスポーツ活動に伴って変動し、このことが上気道感染症罹患率の変化の一因になっている可能性が考えられている³⁾。したがって唾液中の sIgA はスポーツ活動に伴う防衛体力の変化を示す有力な指標の 1 つと考えられている。

唾液の採取量や唾液中の sIgA はスポーツ活動

以外にも様々な因子によって影響をうける。我々は、採取時の条件を一定にすることによって、成人スポーツ選手において信頼性のある唾液検体を採取することが可能であることを報告してきた¹⁾。唾液中の sIgA はジュニア期のスポーツ選手においても防衛体力の変化を示す指標になりうると考えられるが、ジュニア期の選手で成人と同様に信頼性のある唾液検体の採取が可能であるとはかぎらない。そこで今回は、とくに唾液の採取が困難と思われる小学生期の選手において実際に唾液を採取して唾液中の sIgA を測定し、ジュニア期のスポーツ選手の唾液採取の実施上の問題点を明らかにすることを目的とした。

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 年生と 6 年生を対象とした。このクラブのジュニアチームは、年間の活動期間を 4 月から 7 月初旬までの前期と 9 月から 12 月初旬までの後期に限定して活動しており、原則的に毎週 1 回 1 時間半の練習と年間 5~6 回の対外試合を行っている。なお、対象者の保護者には事前に調査研究の趣旨を書面で説明し、参加の同意を得た場合には同意書に署名の上、対象者のスポーツ活動歴等に関するアンケート調査に記入してもらった（図-1）。

(2) 唾液の採取

唾液の採取は、1997 年度前期の第 1 週目、第 3 週目（練習）、第 7 週目（練習）、第 8 週目（試合）、第 14 週目（練習）、および第 14 週目（試合）に行った。

唾液の採取方法は、基本的には先に我々が報告した方法⁴⁾にもとづいて行った（図-2）。まず、蒸留水 30 ml で 3 回、口腔内を十分にゆすぎ、

1) 筑波大学 2) 茨城県立医療大学

どちらかを○で囲んで下さい。
今回の調査に協力していただけますか。（はい、いいえ）

ご父兄の氏名：_____

記入日：平成9年 月 日
はいと答えて頂いた方、以下の質問にお答え下さい。

お子さんの氏名：_____ 学校名：_____ 小学校
学年：_____ 年生

ツクバリアンズに入ったのはいつですか（幼稚園の時、小学 年生の時）
ツクバリアンズ以外にスポーツ活動を行っていますか（はい、いいえ）

はいと答えた方、その種目は何ですか？ いつから始めましたか？
例：水泳 → (幼稚園の時、小学 1 年生の時 から)
1. → (幼稚園の時、小学 年生の時 から)
2. → (幼稚園の時、小学 年生の時 から)
3. → (幼稚園の時、小学 年生の時 から)

週に何回練習しますか？ 一回の練習は何時間ですか
例：1 日 → (1.5 時間)
1. 日 → (時間)
2. 日 → (時間)
3. 日 → (時間)

ツクバリアンズJrに入った動機をお答え下さい。

お手数ですが、この用紙を4月5日（土）メディカルチェックの時に忘れずにご持参下さい
ますようお願い致します。

図-1 同意書兼調査用紙

唾液採取の手順

1. コップに用意してある水を口に含んで、充分に口をゆすぐ。
↓
2. 1. の操作を3回繰り返す。
↓
3. 座った状態で5分間、安静を保つ。
↓
4. 安静を保っている間にアンケート用紙に記入し、容器に名前を書く。
↓
5. 口に溜まった唾液を飲み込んだ後、採取容器の最上部のキャップを外し、容器を逆さまにして中の綿を口の中に入れる。
↓
6. メトロノームの音に合わせて、1分間に60回、綿を噛む。
↓
7. 口に溜まった唾液を綿に吸いとらせるようにして、綿に手を触れず容器の中に戻す。

図-2 唾液採取の手順

なまえ：_____ きょうの日づけ 月 日
きょうのからだのちょうしは、（よい・ふつう・わるい）
きょうのやるきは、（やるきまんまん・ふつう・やるきなし）
きのうは何時にねて、けさは何時におきましたか？
(時 分ころにねて、 時 分ころにおきた)
きょうは何時に食しましたか？
朝ごはん (時 分ころ) 昼ごはん (時 分ころ)
きょう、ツクバリアンズの練習のまえに何か運動をしましたか？
(はい・いいえ)
『はい』と答えた人、あてはまるものを○でかこんで、何をどれくらいやつたかを書いてください。
体育の授業 何を () (時間 分くらい)
スポーツ 何を () (時間 分くらい)
クラブ 何を () (時間 分くらい)
その他 何を () (時間 分くらい)
今、かぜをひいていますか？（はい・いいえ）
ほかにからだのぐあいのわるいところがあつたら、書いてください。

図-3 チェックシート

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せた。この間、その日のコンディションに関するアンケートの記入(図-3)、および容器への記名を行わせた。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あわせ、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とらせ唾液を採取した。試料は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°Cで冷凍保存した。

(3) 測定

唾液中のsIgAは以前に報告した方法で測定した³⁾。すなわち抗secretory component(SC)抗体と抗sIgA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。

(4) 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)を求めた。さらに、唾液

中 sIgA 濃度 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) と唾液分泌速度から 1 分間の sIgA 分泌量 (sIgA 分泌速度 $\mu\text{g}/\text{min}$) を算出した。

各測定値は平均値土標準偏差で表した。個人差および長期的変動の分析には繰り返しを考慮した二元配置分散分析法を用いた。また、スポーツ活動の前後における分析には対応のある *t* 検定を用いた。小学生と成人での比較には Mann-Whitney's U 検定を用いた。有意水準は 5%未満 ($p<0.05$) および 1%未満 ($p>0.01$) とした。

結 果

(1) 唾液採取の実施人数

唾液は、1997 年度前期の第 1 週目に計 11 名 (6 年生 5 名, 5 年生 6 名), 第 3 週目 (練習) に計 7 名 (6 年生 3 名, 5 年生 4 名), 第 7 週目 (練習) に計 11 名 (6 年生 3 名, 5 年生 8 名), 第 8 週目 (試合) に 9 名 (6 年生 4 名, 5 年生 5 名),



写真-1

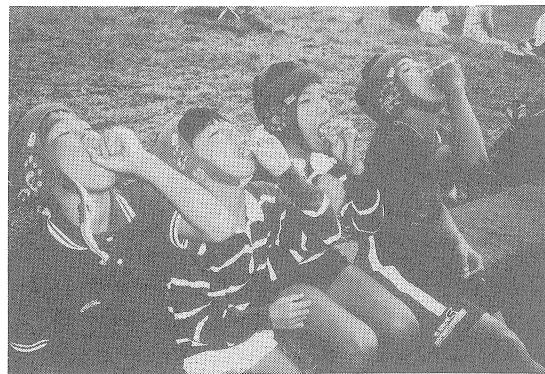


写真-2

第 14 週目 (練習) に 9 名 (6 年生 3 名, 5 年生 6 名), 第 14 週目 (試合) に計 7 名 (6 年生 3 名, 5 年生 4 名) から採取することができた。唾液の採取は 1~5 人のグループで行い, 1 グループに 2 名の監督者が付いて採取を指導した (写真-1, 2)。

(2) 唾液採取実施上の問題点

唾液採取に際しては各手順ごとにいくつかの問題点があった。

唾液採取前は 2 時間程度飲食を制限することが望ましいが、今回は食事から唾液採取までの時間は平均で 1.7 時間であった。

口腔内の洗浄では、うがい用に用意した水を飲む者がいた。また、5 分間の座位安静では継続して座位を保つことが困難だった。

採取容器 (SALIVETTE) の取り扱いでは、綿を口の中にうまく運べなかったり、口から容器にうまく戻せずに手を使おうとする場合があった。綿の咀嚼ではタイミングはメトロノームのリズムにあわせて行うことができたが、回数は監督者がカウントしなければならなかった。綿の噛み方や唾液の綿への吸いとらせ方には、入念に行う者から簡単に行う者まで個人差があった。

(3) 唾液分泌速度

スポーツ活動前における唾液分泌速度の変動を図-4 に示す。1997 年度前期の第 1 週目の全対象者のスポーツ活動前における唾液分泌速度は、 $1.03 \pm 0.53 \text{ ml}/\text{min}$ (6 年生: $1.25 \pm 0.56 \text{ ml}/\text{min}$, 5 年生: $0.88 \pm 0.49 \text{ ml}/\text{min}$), 第 3 週目は $1.15 \pm 0.42 \text{ ml}/\text{min}$ ($1.28 \pm 0.54 \text{ ml}/\text{min}$, 1.06 $\pm 0.36 \text{ ml}/\text{min}$), 第 7 週目は $1.30 \pm 0.38 \text{ ml}/\text{min}$ ($1.52 \pm 0.21 \text{ ml}/\text{min}$, $1.18 \pm 0.41 \text{ ml}/\text{min}$), 第 8 週目は $1.34 \pm 0.36 \text{ ml}/\text{min}$ ($1.43 \pm 0.35 \text{ ml}/\text{min}$, $1.28 \pm 0.40 \text{ ml}/\text{min}$), 第 14 週目 (練習) は $1.11 \pm 0.38 \text{ ml}/\text{min}$ ($1.32 \pm 0.18 \text{ ml}/\text{min}$, $1.01 \pm 0.42 \text{ ml}/\text{min}$), 第 14 週目 (試合) は、 $1.06 \pm 0.42 \text{ ml}/\text{min}$ ($1.06 \pm 0.27 \text{ ml}/\text{min}$, $1.07 \pm 0.55 \text{ ml}/\text{min}$) であった。

スポーツ活動前の唾液分泌速度は対象者間では有意な差を認めた ($p<0.01$)。しかし、スポーツ活動前の唾液分泌速度の日差変動は有意ではなかった。

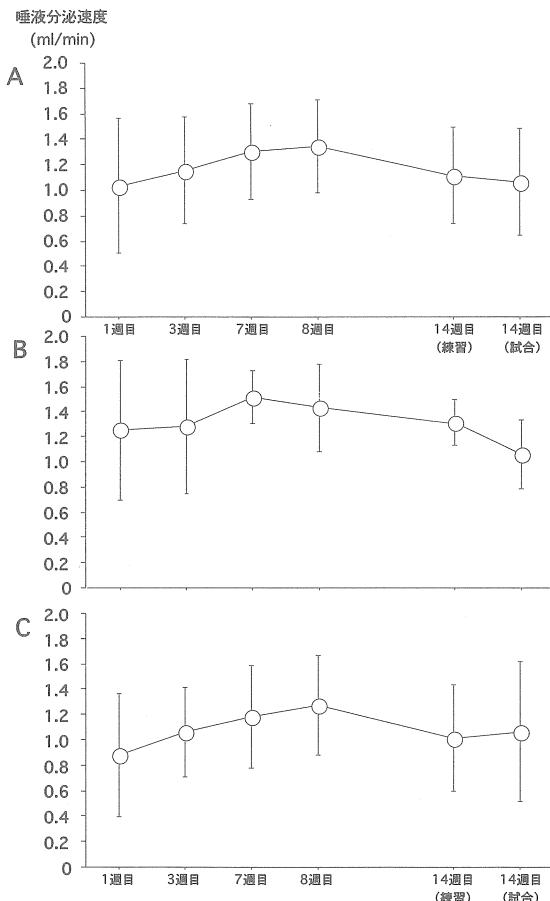


図-4 スポーツ活動前の唾液分泌速度の変動
A:全対象者, B:6年生, C:5年生 (mean±SD)

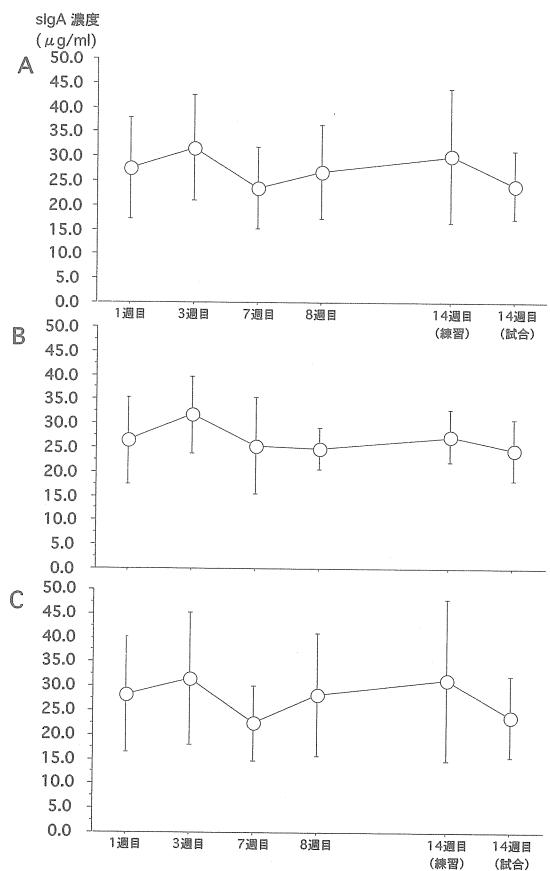


図-5 スポーツ活動前の唾液中 sIgA 濃度の変動
A:全対象者, B:6年生, C:5年生 (mean±SD)

(4) 唾液 sIgA 濃度

スポーツ活動前における唾液 sIgA 濃度の変動を図-5 に示す。1997 年度前期の第 1 週目の全対象者のスポーツ活動前における唾液 sIgA 濃度は、 $27.54 \pm 10.35 \mu\text{g}/\text{ml}$ (6 年生： $26.40 \pm 8.89 \mu\text{g}/\text{ml}$, 5 年生： $28.36 \pm 11.91 \mu\text{g}/\text{ml}$)、第 3 週目は $31.66 \pm 10.70 \mu\text{g}/\text{ml}$ ($31.73 \pm 8.01 \mu\text{g}/\text{ml}$, $31.61 \pm 13.64 \mu\text{g}/\text{ml}$)、第 7 週目は $23.48 \pm 8.22 \mu\text{g}/\text{ml}$ ($25.30 \pm 9.95 \mu\text{g}/\text{ml}$, $22.43 \pm 7.72 \mu\text{g}/\text{ml}$)、第 8 週目は $26.72 \pm 9.53 \mu\text{g}/\text{ml}$ ($24.81 \pm 4.25 \mu\text{g}/\text{ml}$, $28.26 \pm 12.71 \mu\text{g}/\text{ml}$)、第 14 週目 (練習) は $29.96 \pm 13.65 \mu\text{g}/\text{ml}$ ($27.30 \pm 5.42 \mu\text{g}/\text{ml}$, $31.29 \pm 16.73 \mu\text{g}/\text{ml}$)、第 14 週目 (試合) は、 $24.06 \pm 6.97 \mu\text{g}/\text{ml}$ ($24.43 \pm 6.34 \mu\text{g}/\text{ml}$)、

$23.78 \pm 8.37 \mu\text{g}/\text{ml}$ であった。

スポーツ活動前の唾液 sIgA 濃度は対象者間では有意な差を認めた ($p < 0.01$)。また、スポーツ活動前の唾液 sIgA 濃度の日差変動の変動についても有意な差を認めた ($p < 0.05$)。

(5) 唾液 sIgA 分泌速度

スポーツ活動前における唾液 sIgA 分泌速度の変動を図-6 に示す。1997 年度前期の第 1 週目の全対象者のスポーツ活動前における唾液 sIgA 分泌速度は、 $27.78 \pm 13.75 \mu\text{g}/\text{min}$ (6 年生： $31.72 \pm 13.27 \mu\text{g}/\text{min}$, 5 年生： $24.97 \pm 14.39 \mu\text{g}/\text{min}$) 第 3 週目は $37.13 \pm 19.17 \mu\text{g}/\text{min}$ ($42.01 \pm 21.65 \mu\text{g}/\text{min}$, $33.46 \pm 19.51 \mu\text{g}/\text{min}$)、第 7 週目は $29.16 \pm 10.59 \mu\text{g}/\text{min}$ ($36.91 \pm 11.15 \mu\text{g}/\text{min}$, $24.73 \pm 7.87 \mu\text{g}/\text{min}$)、第 8 週目は $34.34 \pm 11.15 \mu\text{g}/\text{min}$ ($38.91 \pm 11.15 \mu\text{g}/\text{min}$, $24.73 \pm 7.87 \mu\text{g}/\text{min}$)、

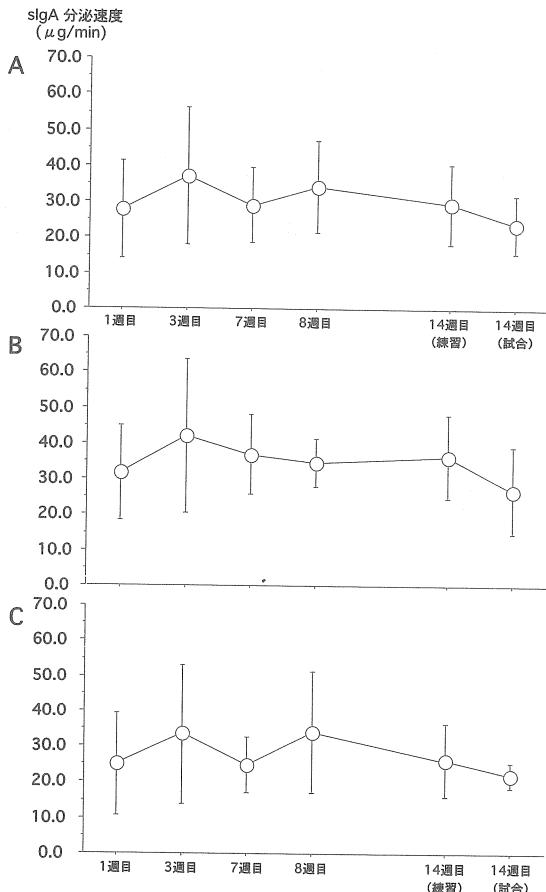


図-6 スポーツ活動前の sIgA 分泌速度の変動
A：全対象者，B：6 年生，C：5 年生 (mean±SD)

$12.75\mu\text{g}/\text{min}$ ($34.67 \pm 6.71\mu\text{g}/\text{min}$, $34.08 \pm 17.07\mu\text{g}/\text{min}$), 第 14 週目 (練習) は $29.58 \pm 11.24\mu\text{g}/\text{min}$ ($36.40 \pm 11.67\mu\text{g}/\text{min}$, $26.17 \pm 10.27\mu\text{g}/\text{min}$), 第 14 週目 (試合) は, $24.04 \pm 7.99\mu\text{g}/\text{min}$ ($26.97 \pm 12.22\mu\text{g}/\text{min}$, $21.85 \pm 3.59\mu\text{g}/\text{min}$) であった。

スポーツ活動前の唾液 sIgA 分泌速度は対象者間では有意な差を認めた ($p < 0.01$)。しかし、スポーツ活動前の唾液 sIgA 分泌速度の日差変動は有意ではなかった。

(6) 唾液総タンパク濃度

スポーツ活動前における唾液総タンパク濃度の変動を図-7 に示す。1997 年度前期の第 1 週目の全対象者のスポーツ活動前における唾液総タンパク濃度は, $0.69 \pm 0.21\text{ mg}/\text{ml}$ (6 年生 : $0.73 \pm$

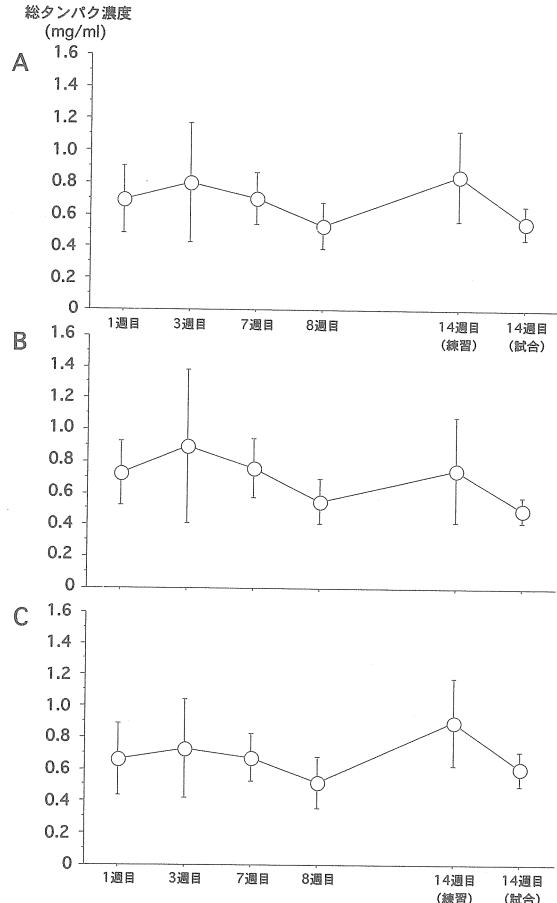


図-7 スポーツ活動前の総タンパク濃度の変動
A：全対象者，B：6 年生，C：5 年生 (mean±SD)

$0.20\text{ mg}/\text{ml}$, 5 年生 : $0.66 \pm 0.23\text{ mg}/\text{ml}$), 第 3 週目は $0.80 \pm 0.37\text{ mg}/\text{ml}$ ($0.90 \pm 0.49\text{ mg}/\text{ml}$, $0.73 \pm 0.31\text{ mg}/\text{ml}$), 第 7 週目は $0.70 \pm 0.16\text{ mg}/\text{ml}$ ($0.76 \pm 0.19\text{ mg}/\text{ml}$, $0.67 \pm 0.15\text{ mg}/\text{ml}$), 第 8 週目は $0.53 \pm 0.14\text{ mg}/\text{ml}$ ($0.55 \pm 0.14\text{ mg}/\text{ml}$, $0.52 \pm 0.16\text{ mg}/\text{ml}$), 第 14 週目 (練習) は $0.85 \pm 0.29\text{ mg}/\text{ml}$ ($0.75 \pm 0.33\text{ mg}/\text{ml}$, $0.90 \pm 0.28\text{ mg}/\text{ml}$), 第 14 週目 (試合) は, $0.56 \pm 0.10\text{ mg}/\text{ml}$ ($0.50 \pm 0.08\text{ mg}/\text{ml}$, $0.60 \pm 0.11\text{ mg}/\text{ml}$) であった。

スポーツ活動前の唾液総タンパク濃度は対象者間では有意な差を認めた ($p < 0.01$)。また、スポーツ活動前の唾液総タンパク濃度の日差変動の変動についても有意な差を認めた ($p < 0.01$)。

(7) スポーツ活動前の成人の唾液と小学生の唾液の比較

成人男性 20 名を対象として、5 日間連続して同じ時刻に唾液を採取した際の唾液分泌速度の日差変動を図-8 に示す。唾液分泌速度は 1 日目から $2.03 \pm 0.20 \text{ ml/min}$, $1.98 \pm 0.13 \text{ ml/min}$, 2.

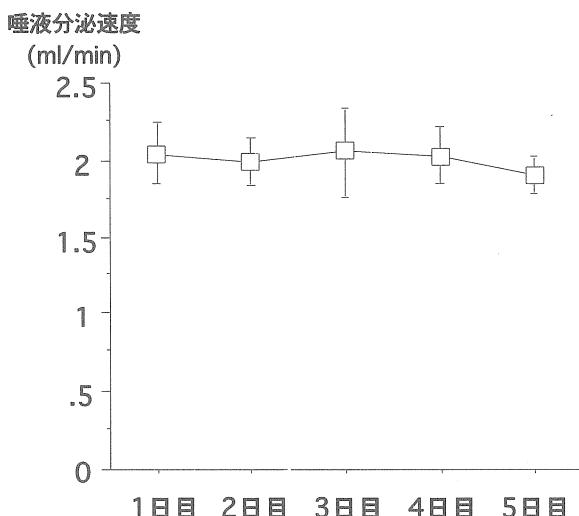


図-8 唾液分泌速度の日差変動

20 名の成人男性から 5 日間連続して同一時刻に唾液を採取した。唾液分泌速度に有意な日差変動は認められなかった。

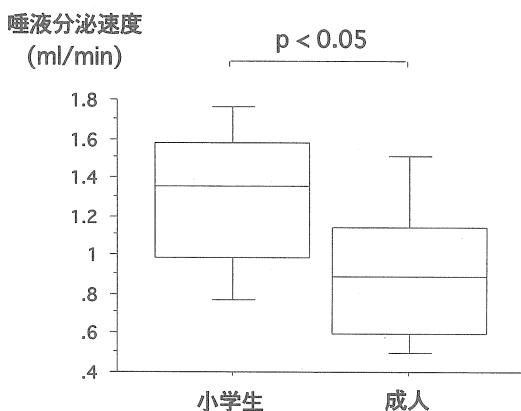


図-9 安静時唾液分泌速度の小学生と成人での比較
小学生 (n=11) および成人 (n=16) の安静時唾液を採取した。図は上から 90, 75, 50, 25, 10 パーセンタイルを示す。差の検定には Mann-Whitney's U test を用いた。

$0.5 \pm 0.82 \text{ ml/min}$, $1.99 \pm 0.20 \text{ ml/min}$, $1.89 \pm 0.12 \text{ ml/min}$ であり、有意な日差変動を認めなかった。

小学生と成人の安静時唾液分泌速度の比較を図-9 に示す。安静時唾液分泌速度は小学生で $1.35 \pm 0.82 \text{ ml/min}$, 成人で $1.05 \pm 0.75 \text{ ml/min}$ であり、有意な差が認められた。

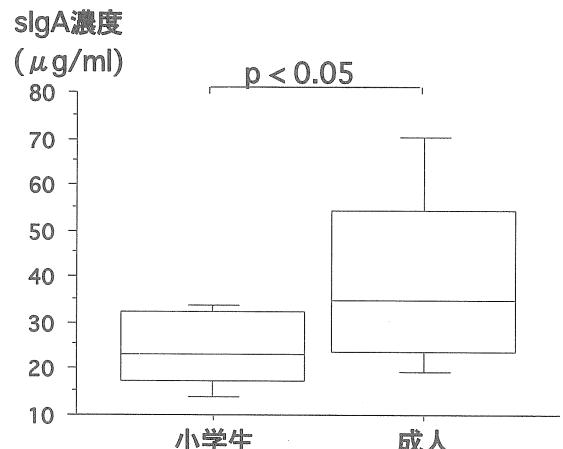


図-10 安静時唾液中 sIgA 濃度の小学生と成人での比較

小学生 (n=11) および成人 (n=16) の安静時唾液を採取した。図は上から 90, 75, 50, 25, 10 パーセンタイルを示す。差の検定には Mann-Whitney's U test を用いた。

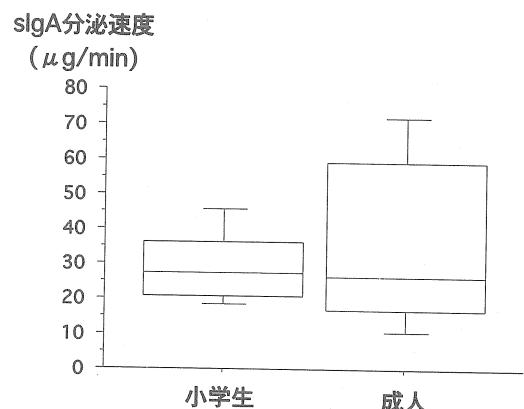


図-11 安静時 sIgA 分泌速度の小学生と成人での比較

小学生 (n=11) および成人 (n=16) の安静時唾液を採取した。図は上から 90, 75, 50, 25, 10 パーセンタイルを示す。差の検定には Mann-Whitney's U test を用いた。

$30 \pm 0.38 \text{ ml/min}$, 成人で $0.91 \pm 0.10 \text{ ml/min}$ であった。安静時唾液分泌速度は小学生において有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

小学生と成人の安静時唾液中 sIgA 濃度の比較を図-10 に示す。安静時唾液中 sIgA 濃度は小学生で $23.48 \pm 8.22 \text{ ml/min}$, 成人で $39.76 \pm 19.35 \text{ ml/min}$ であった。安静時唾液中 sIgA 濃度は小学生において有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

小学生と成人の安静時 sIgA 分泌速度の比較を図-11 に示す。安静時 sIgA 分泌速度は小学生で $29.16 \pm 10.6 \text{ ml/min}$, 成人で $35.94 \pm 24.50 \text{ ml/min}$ であった。安静時 sIgA 分泌速度には 2 群間の差を認めなかった。

(8) スポーツ活動による小学生の唾液の変化

1997 年度前期の第 14 週目の練習前後における唾液分泌速度の変動を図-12 に示す。スポーツ活動前の唾液分泌速度は $1.11 \pm 0.38 \text{ ml/min}$, スポーツ活動後は $0.77 \pm 0.29 \text{ ml/min}$ であった。唾液分泌速度はスポーツ活動前と比較してスポーツ活動後に有意に低下した ($p < 0.05$)。

1997 年度前期の第 14 週目の練習の前後における唾液 sIgA 濃度の変動を図-13 に示す。スポーツ活動前の唾液 sIgA 濃度は $29.96 \pm 13.65 \mu\text{g}/\text{ml}$, スポーツ活動後は $25.11 \pm 10.77 \mu\text{g}/\text{ml}$ であった。唾液 sIgA 濃度はスポーツ活動前と比較し

てスポーツ活動後に有意に低下した ($p < 0.05$)。

1997 年度前期の第 14 週目の練習の前後における唾液 sIgA 分泌速度の変動を図-14 に示す。スポーツ活動前の唾液 sIgA 分泌速度は $29.58 \pm 11.24 \mu\text{g}/\text{min}$, スポーツ活動後は $18.08 \pm 8.32 \mu\text{g}/\text{min}$ であった。唾液 sIgA 分泌速度はスポーツ活動前と比較してスポーツ活動後に有意に低下した ($p < 0.01$)。

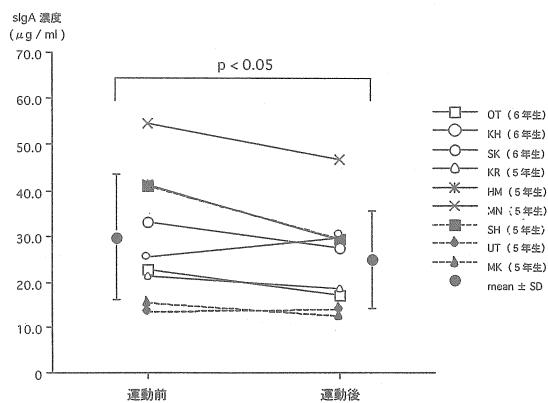


図-13 スポーツ活動前後における唾液 sIgA 濃度の変動

14 週目の練習の前後に計 9 名 (6 年生 3 名, 5 年生 6 名) から唾液を採取した。差の検定には対応のある t 検定を用いた。

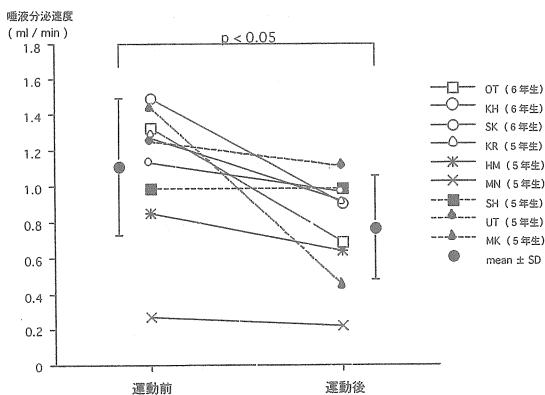


図-12 スポーツ活動前後における唾液分泌速度の変動

14 週目の練習の前後に計 9 名 (6 年生 3 名, 5 年生 6 名) から唾液を採取した。差の検定には対応のある t 検定を用いた。

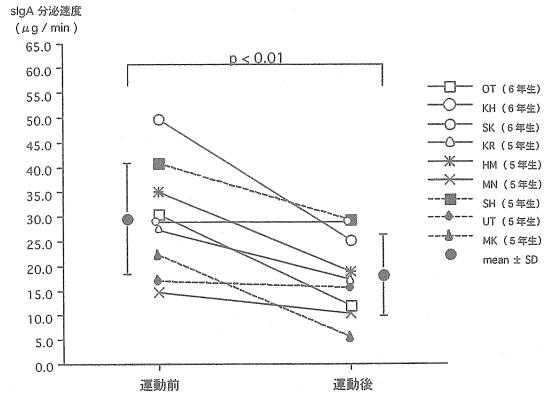


図-14 スポーツ活動前後における sIgA 分泌速度の変動

14 週目の練習の前後に計 9 名 (6 年生 3 名, 5 年生 6 名) から唾液を採取した。差の検定には対応のある t 検定を用いた。

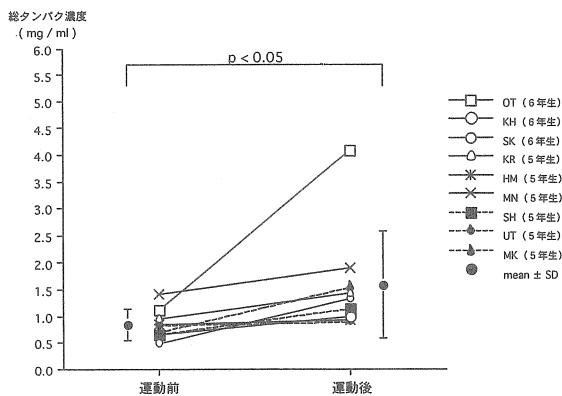


図-15 スポーツ活動前後における唾液中総タンパク濃度の変動

14週目の練習の前後に計9名(6年生3名, 5年生6名)から唾液を採取した。差の検定には対応のあるt検定を用いた。

1997年度前期の第14週目の練習の前後における唾液総タンパク濃度の変動を図-15に示す。スポーツ活動前の唾液総タンパク濃度は 0.85 ± 0.29 mg/ml、スポーツ活動後は 1.59 ± 0.99 mg/mlであった。唾液総タンパク濃度はスポーツ活動前と比較してスポーツ活動後に有意に増加した($p < 0.05$)。

考 察

今回の研究により、小学生を対象として唾液を採取できることがわかった。唾液の採取時に監督者がきめ細かく十分に指導することによって、基本的には成人と同様な唾液採取方法が実施可能であった。

採取した唾液で測定した唾液分泌速度は日差変動を認めなかった。これは唾液の採取量に再現性があることを示すと考えられ、採取方法自体は小学生が対象であっても適当な方法であると考えられる。

しかし、唾液sIgA濃度と唾液総タンパク濃度は日差変動を示した。唾液sIgAの変動要因としてはいろいろな因子が知られているが、とくに唾液採取前の飲食は大きな影響を及ぼす。今回の研究では、練習開始時刻の関係で食事から唾液採取までの間隔が必ずしも十分とはいえない。

また、唾液採取前の水による口腔内の洗浄が不十分であった可能性も考えられる。

小学生と成人の安静時唾液を比較すると、唾液分泌速度は小学生が有意に高値を示し、唾液sIgA濃度は成人が有意に高値を示した。唾液sIgA分泌速度に換算すると両群間に有意な差はなかった。唾液sIgAの分泌量は小学生と成人とは同じだが、小学生は唾液分泌量が多いために、唾液sIgA濃度が低いのではないかと考えられる。

スポーツ活動によって唾液分泌速度は有意に低下し、唾液総タンパク濃度は有意に上昇したのにに対して、唾液sIgA濃度は有意に低下した。これは、成人が比較的強い運動を行った場合の唾液の変化と同じである。この結果は、ジュニア期のスポーツ選手においても唾液中のsIgAがスポーツ活動によって変化することを示唆すると思われ、今後のさらに詳細な検討によって、唾液sIgAがジュニア期の防衛体力の指標になりうると考えられる。

文 献

- 赤間高雄, 秋本崇之たち: スポーツ活動が口腔局所免疫能に与える影響—唾液採取法の検討—. 平成7年度日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告. No. IXスポーツ活動が免疫に与える影響に関する研究—第2報—. 7-17, 1995.
- 秋本崇之, 香田泰子たち: 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, 1996.
- 秋本崇之, 赤間高雄たち: 持久性ランニングによる口腔局所免疫能の変動. 体力科学, 47: 53-61, 1997.
- 秋本崇之, 赤間高雄たち: 高強度トレーニングによる唾液中分泌型IgAの変動. 体力科学, in press.
- 青木 剛, 浅見俊雄たち: 小学生のスポーツ活動に関する調査研究報告書. 小学生のスポーツ活動に関する調査研究協力者会議, 1995.
- 河野一郎: 運動と免疫. 体力科学, 41: 139-146, 1992.
- Nieman D. C.: Exercise, upper respiratory infection, and the immune system., Med. Sci. Sports Exercise, 26: 128-139, 1994.

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

報 告 者 村田 光範¹⁾

研究協力者 杉原 茂孝¹⁾ 金 恵淑¹⁾ 池崎 綾子¹⁾ 本間 哲¹⁾
星 浩信²⁾ 八田 光弘²⁾

は じ め に

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^{2,3,8,11-13)}。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。また液性免疫においても Th 1 タイプのサイトカインは、補体結合能や Fc レセプター結合能の強い IgG 2a や IgG 3 へのクラススイッチを促進する。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⁵⁻⁷⁾。例えば、気管支喘息の小児では末梢血中に Th 2 タイプの CD 4⁺ T 細胞が有意に多い。また HIV 感染後、病期の進行に伴って Th 1 タイプが減少し、逆に Th 2 タイプの細胞が増加することが報告されている。このような Th 1/Th 2

バランスの変動は個々の免疫応答に重大な影響を与えると考えられており、今後さらに様々な分野で研究が進められることが予測される。

新聞らは急性運動に伴う副腎皮質ステロイドホルモン（コルチゾール）の分泌パターンと、CD 4, CD 8, CD 16, CD 19 等各種リンパ球サブセットの変動について詳細な解析を行い、急性運動によってもたらされるコルチゾールの分泌が、運動後の T 細胞を主体とするリンパ球濃度の低下を引き起こし、一過性の免疫抑制状態の一因となるという興味深い報告を行っている^{9,10)}。

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、これまでに運動に関連した報告はみられない。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。そこで今回、我々はリンパ球細胞内サイトカイン染色法を用いて、各種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。

方 法

1. 対 象

今回は、実験条件の検討のために、生来健康な 20 代の女性 3 名と男性 1 名を対象とした。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

被験者の肘静脈よりヘパリン加血を 10-15 ml 採取し、Hank's BSS を同量入れて 2 倍希釀後、Ficoll-Paque の上に希釀血液を重層して比重遠心法 (1500 rpm, 30 分間遠心) で PBMC を分

1) 東京女子医科大学附属第二病院小児科

2) 東京女子医科大学日本心臓血管研究所

離した。5 ml ピペットで PBMC 層を採取し、洗浄 2 回後、0.2% トリパンブルーを用いて細胞数をカウントした。

3. インビトロ刺激によるサイトカインの產生誘導^{5,6)}

得られた細胞を 5 ml の complete medium (RPMI 1640 with 10% Fetal Calf Serum (FCS), 2 mM L-glutamine, 1 mM HEPES) に再浮遊させ、小フラスコに入れた。インビトロでリンパ球を刺激するため、Phorbol 12-Myristate 13-Acetate (PMA) (Sigma) 50 ng/ml, Calcium Ionophore A 23187 (Sigma) 250 ng/ml を加えた。また、細胞内トランスポート阻害剤の monensin (GolgiStop™ 3.4 μl/5 ml medium) を加えた。37°C, 5%CO₂ で培養を行なった。今回、至適培養時間についても検討を行なった (表 1)。

4. 細胞質内サイトカインの染色^{5,6)}

Pharmingen 社製 Cytofix/Cytoperm Plus™ Cytostain™ kit (Cat No. 2076 KK) を用いて染色を行なった。各 Eppendorf tube に約 0.5-1.0 × 10⁶ 個の細胞を入れて、Staining buffer (Dulbecco's PBS without Mg²⁺ or Ca²⁺ に 1% heat-inactivated FCS と 0.1% Sodium azide を加えたもの) 0.5 ml で洗浄 (2000 rpm (420 G), 2 分間) 2 回行なった。

細胞表面マーカーの染色には、FITC 標識抗 CD 4 (Leu 3 a) 抗体 (Becton Dickinson), FITC 標識抗 CD 8 (Leu 2 a) 抗体 (Becton Dickinson), Biotin 標識抗 CD 5 (Leu 1) 抗体 (Becton Dickinson) を用いた。各抗体を加え、4°Cで 40 分間 (遮光する) incubate した。

Staining Buffer 0.5 ml で洗浄 2 回。但し、Biotin 標識抗 CD 5 (Leu 1) 抗体の tube には Avidin-FITC (Becton Dickinson) を加え 4°C, 10 分間更に incubate した。

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 体 (4 S. B 3) (Pharmingen), および PE 標識抗ヒト IL-4 抗体 (MP 4-25 D 2) (Pharmingen) を用い、コントロールとしては PE 標識抗マウス IgG1 抗体 (MOPC-21) (Pharmingen) を用いた。各抗体を加え、4°C, 30 分間 (遮光する) incubate した。Perm/Wash buffer™ 0.5 ml で洗浄 2 回後、Staining Buffer に再浮遊して保存し、EPICS Elite Flow Cytometer 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 5000 個細胞を解析した。

5. 急性運動負荷の影響の検討

自転車エルゴメーター運動を 60 分間施行させた。運動負荷前 (8:00 AM), 終了直後 (9:00 AM), および終了後 2 時間 30 分 (11:30 AM) に採血し検査を行なった。

今回は、諸条件の設定に時間を要したため、一例の検討にとどまる。

被験者は生来健康な 26 才の女性 (身長 161.0 cm, 体重 50.0 kg) で、問診、診察で健常であることを確認した。

1) 運動強度の設定：有酸素的運動の最大下強度の負荷をかけることを目標に運動強度の設定をおこなった。まず、嫌気性代謝閾値 (AT) レベルの運動強度をもとめる予測式¹⁴⁾ を用いて負荷量を算出した。

$$W = -0.436 \times \text{年齢} + 0.236 \times \text{身長} + 0.368 \times \text{体重} + 24.9$$

の式に各値を代入すると、

$$W = 72.3 \text{ (Watt)}$$

となった。

次に、計算上の負荷量の妥当性を検討するためには、準備段階の検査として、実際に被験者に 70 W でペダリングを行ってもらったところ、定常状態での心拍数が 140 bpm 前後であり、自覚的な運動強度は Borg's category scale で 12~13 (ややきつい) であることを確認した。この値は AT レベルでの運動強度における心拍数の指標 (165-年齢) にほぼ一致していた⁴⁾。さらに自覚的な運動強度の指標である Borg's category scale で 12~13 であることは AT レベルで

の運動強度であることを示唆した¹⁵⁾。従って、70 W の運動強度は、被験者の嫌気性代謝閾値 (AT) レベルの運動負荷、換言すれば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。

2) 検査方法：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 20.5°C であった。エルゴメータ STB 1200 (日本光電) を使用し、20~40 W で 3 分間のウォームアップを行った後、70 W でペダリングを開始した。回転数は毎分 60 回を維持するように指導し、心拍数が 140 bpm 前後、自覚的な運動強度が Borg's category scale で 12~13 となるように、負荷量を 65~75 W に適宜増減しながら 60 分間ペダリングを行わせた。

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質内サイトカインの染色を行なった。

結果

1. 末梢血リンパ球のサイトカイン産生に及ぼすインビトロ刺激時間の検討

IFN- γ と IL-4 産生の至適条件を決定するために、表 1 に示すように、4 時間、6 時間、8 時間、および 11 時間の各培養後に細胞を回収し、CD 5 と細胞質内 IFN- γ , IL-4 の染色を行なった。そ

表 1 末梢血リンパ球のサイトカイン産生に及ぼすインビトロ刺激時間の検討

インビトロ刺激時間	細胞回収率 (%)	% Positive Cells		
		CD5 ⁺	IFN- γ /CD5 ⁺	IL-4/CD5 ⁺
4h	89	72.5	26.9	2.6
6h	42	77.5	26.6	2.1
8h	52	76.2	28.2	2.5
11h	47	70.9	28.8	1.6

PMA 50ng/ml, A23187 250ng/ml, GolgiStop 3.4μl の存在下、8.5 X 10⁶個／5ml フラスコで培養を行なった。

染色後、EPICS Elite Flow Cytometer を用いて解析を行なった。Forward Scatter と Side Scatter によってリンパ球分画に gate をかけ 5000 個細胞を解析した。

の結果、細胞の回収率は 4 時間の培養が最も良好であり、6 時間以後は 42~52% へとやや低下した。また、CD 5 陽性細胞中の IFN- γ 産生細胞の比率は 4~11 時間を通して 26.6~28.8% と特に増加傾向はなく、IL-4 産生細胞の比率も 1.6~2.6% と特に変化がみられなかった。そこで以後の実験では、インビトロ刺激時間は 4 時間とした。

2. 正常コントロールの末梢血リンパ球のインビトロ刺激後の細胞表面抗原および細胞質内サイトカインの検討

表 2,3 に示すように 2 人の 20 代女性について、細胞表面抗原 (CD 4, CD 8, CD 5) と細胞質内サイトカイン (IFN- γ , IL-4) の染色を試みた。PMA と Calcium Ionophore A 23187 によるインビトロ刺激後も CD 8 と CD 5 は染色されたが、CD 4 抗原は染色されなかった。即ち、CD 4 抗原は細胞表面から全く消失していた。この PMA と Calcium Ionophore 刺激後の CD 4 抗原の消失は、すでに認められている現象であり¹¹⁾、CD 4 と細胞質内サイトカインの二重染色は困難と考えられた。そこで、CD 8, CD 5 と細胞質内サイトカイン (IFN- γ , IL-4) の二重染色の結果を図 1 に示す。Donor 1 では、CD 5 陽性細胞中の 28.7

表 2 正常コントロール末梢血リンパ球のインビトロ刺激後の細胞質内サイトカインおよびリンパ球表面抗原の染色

	% Positive Cells				
	IFN- γ	IL-4	CD5	CD8	CD5-CD8 (CD4)
Donor 1	23.9	2.2	63.2	24.7	38.5
Donor 2	16.2	1.8	54.0	18.2	35.8

Donor 1 は、29歳女性(IA)。Donor 2 は、21歳女性(TK)。

末梢血リンパ球のインビトロ刺激および染色の方法は本文中方法の項を参照のこと。

染色後、EPICS Elite Flow Cytometer を用いて解析を行なった。Forward Scatter と Side Scatter によってリンパ球分画に gate をかけ 5000 個細胞を解析した。

表 3 正常コントロール末梢血リンパ球のインビトロ刺激後の細胞質内サイトカインの二重染色による解析

	% Positive Cells				
	IFN- γ /CD5 ⁺	IFN- γ /CD5 ⁻	IFN- γ /CD8 ⁺	IL-4/CD5 ⁺	IL-4/CD8 ⁺
Donor 1	28.7	21.5	28.2	1.7	2.4
Donor 2	17.7	14.6	38.8	2.5	0.5

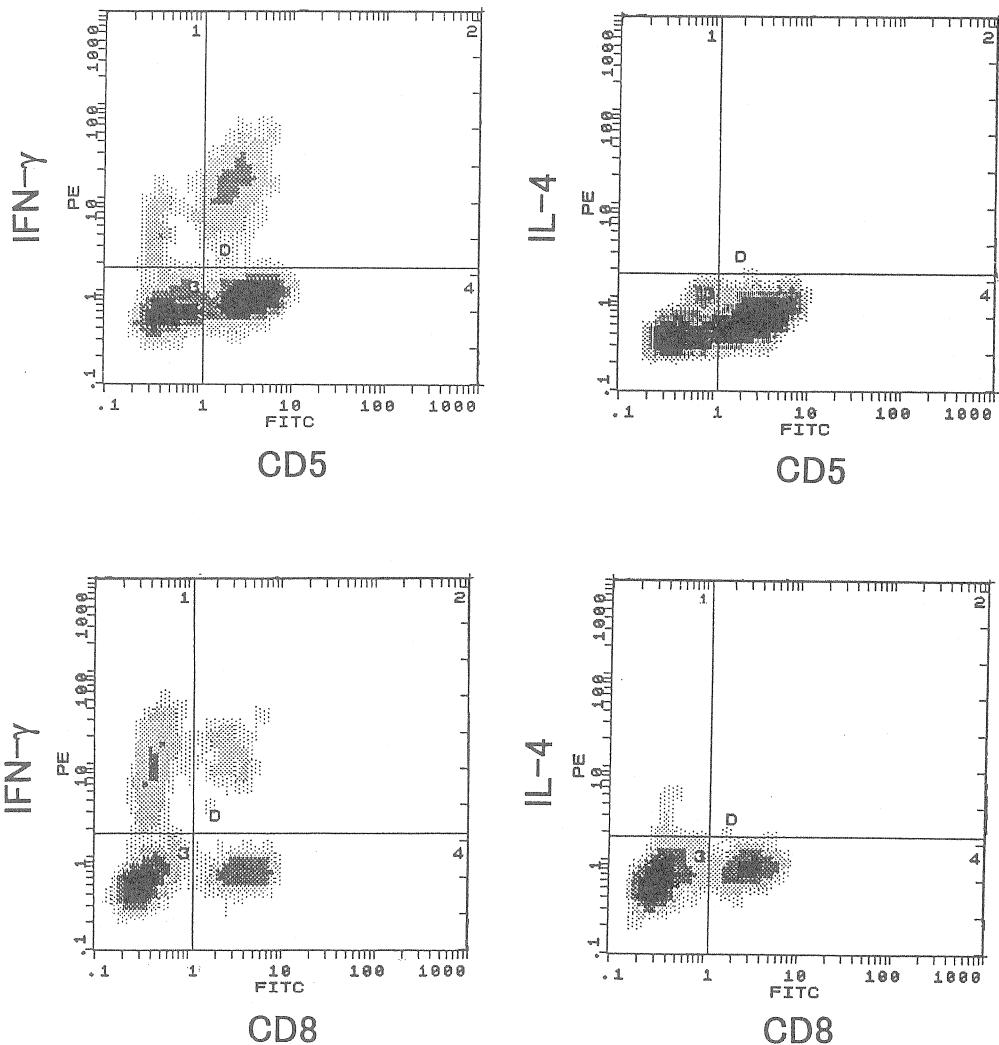


図 1 Donor 1 における細胞表面マーカー (CD 5, CD 8) と細胞質内サイトカイン (IFN- γ , IL-4) の二重染色の結果

% が IFN- γ を産生し, CD 8 陽性細胞中の 28.2 % も IFN- γ を産生することが示された。また, CD 5 陰性細胞中にも 21.5% IFN- γ 産生細胞が存在することが明らかとなった (図 1, 表 3)。Donor 2 では IFN- γ 産生細胞 I の比率は CD 5 陽性細胞中では 17.7 % と Donor 1 よりも低いが, CD 8 陽性細胞中では 38.8% とかなり高値を示した。つまり, 個体差が認められた。一方, IL-4 産生細胞の比率は, Donor 1,2 共に低値であった。しかし, 図 1 に示すように明らかに IL-4 産生細胞の存在は認められた。

表 4 運動負荷前後の末梢血顆粒球数, リンパ球数, 及びリンパ球分画の変化

採血	顆粒球数/リンパ球数		リンパ球分画(%)			CD4/8 比
	(/ μ l)	(/ μ l)	CD 4	CD 8	CD 5	
前(8:00AM)	3,282	2,428	45.4	19.5	68.1	2.3
負荷終了直後(9:00AM)	5,107	3,080	30.9	25.1	56.6	1.2
終了後 2.5時間(11:30AM)	7,364	2,530	43.3	20.6	69.4	2.1

3. 急性運動負荷前後の検討

26 歳の女性に自転車エルゴメーターによって, 心拍数が 140 bpm 前後, 自覚的な運動強度が

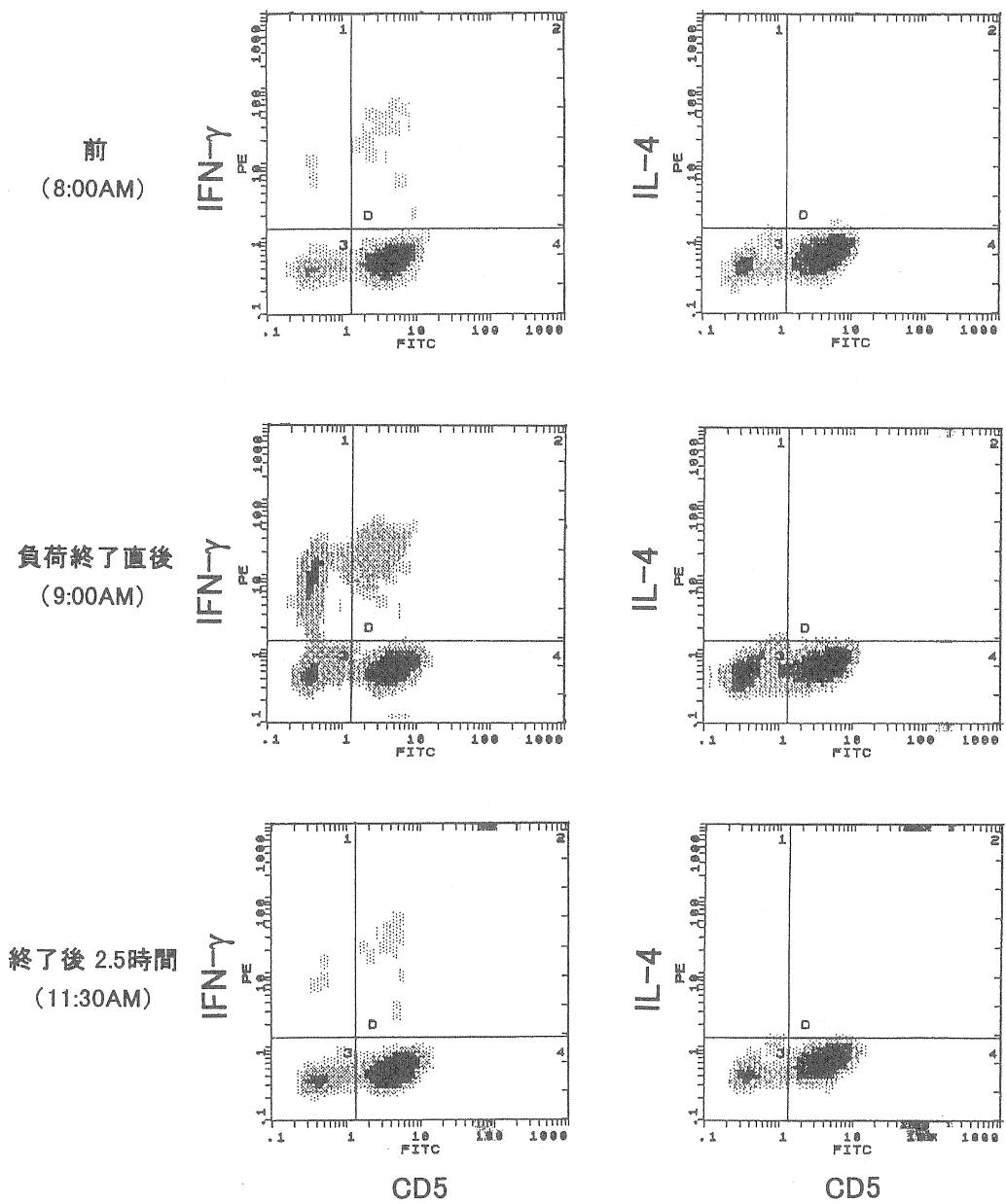


図2 急性運動負荷前後における細胞表面マーカー（CD 5）と細胞質内サイトカイン（IFN- γ , IL-4）の二重染色の結果

表 5 運動負荷前後の末梢血リンパ球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 (Donor MM, 25 歳女性)。

採血	% Positive Cells/Lymphocytes				
	IFN- γ	IL-4	CD5	CD8	CD5-CD8 (CD4)
前(8:00AM)	7.5	0.7	89.2	16.2	73.0
負荷終了直後(9:00AM)	24.9	0.9	74.6	16.9	57.7
終了後 2.5 時間(11:30AM)	6.5	0.5	88.6	16.8	71.8

末梢血リンパ球のインビトロ刺激および染色の方法は本文中方法の項を参照のこと。

表 6 運動負荷前後末梢血リンパ球インビトロ刺激後の細胞質内サイトカインの二重染色による解析 (Donor MM, 25 歳女性)。

採血	% Positive Cells				
	IFN- γ /CD5 $^+$	IFN- γ /CD5 $^-$	IFN- γ /CD8 $^+$	IL-4/CD5 $^+$	IL-4/CD8 $^+$
前(8:00AM)	6.4	16.7	11.1	1.1	0.0
負荷終了直後(9:00AM)	14.5	55.5	27.8	1.5	0.0
終了後 2.5 時間(11:30AM)	5.6	13.2	10.1	0.0	0.0

Borg's category scale で 12~13 となるように、1 時間の運動負荷を行なった。

表 4 に示すように、血算と末血像の解析から運動によって末梢血中のリンパ球数に明らかな変動が認められた。即ち、リンパ球は運動開始後 1 時間の時点で著明に増加し終了後 2 時間 30 分ではほぼ負荷前の数に戻った。さらに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 5 陰性細胞と CD 8 細胞であった。CD 4 細胞は減少し CD 4/8 比は表 4 に示すように、2.3 → 1.2 → 2.1 と変動した。

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 5 に示すように CD 5 陽性細胞 (T 細胞) が減少し、IFN- γ 産生細胞の比率が約 3.3 倍に増加した。図 2 と表 6 に二重染色によって明らかとなった CD 5 細胞、CD 8 細胞各分画中のサイトカイン産生細胞の変動を示す。運動負荷 1 時間の時点で CD 5 細胞中の IFN- γ 産生細胞の比率は 14.5 % と負荷前に対し、約 2.3 倍に増加した。その後 2 時間 30 分で 5.6 % へと前値よりもわずかに低下した。この IFN- γ 産生細胞の一過性の増加は CD 8 細胞 (2.5 倍) および CD 5 陰性細胞 (3.3 倍) でも著明に認められた。IL-4 産生細胞はご

く少數であり著明な変動は認められなかった。

考 察

これまでに、細胞質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⁵⁻⁷。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つたものの産生細胞はフローサイトメトリーで確認された。ただし、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つた¹)。今回は T 細胞のマーカーである CD 5 と CD 8 を用いて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が、今後 CD 4 細胞分画についてより直接的に調べるためには他のインビトロ刺激法も検討する必要があるであろう。

今回、急性運動負荷の影響については 1 例の検討のみであるが、興味深い結果を得ることができた。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 IFN- γ 産生細胞の著明な増加が認められた (図 2、表 5, 6)。終了後 2 時間 30 分ではほぼ前値に戻っていた。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、CD 8 細胞の方が CD 4 細胞よりも顕著と考えられた。また、CD 5 陰性細胞でも認められているが、これは運動後に CD 16 陽性 (NK) 細胞が一過性に増加するという新開らの報告¹⁰) と考え合わせると、CD 5 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つた。

IFN- γ は Th 1 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 Th 2 細胞の産生する主要なサイトカインの 1 つであり、IgE や IgG 1 クラスの抗体産生を増強する。また液性免疫においても Th 1 タイプのサイトカインは、補体結合能や Fc レセプター結合能の強い IgG 2 a や IgG 3 へのクラススイッチを促進する。CD 4 $^+$ T 細胞は両方のサイトカイン分泌が混在する Th 0 の段階から Th 1 と Th 2 に

表 7 運動負荷前後の血中ホルモン値の変化

採血	Cortisol ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	GH (ng/ml)	Insulin ($\mu\text{U}/\text{ml}$)
前(8:00AM)	16.2	21.9	5.4
負荷終了直後(9:00AM)	10.2	13.1	3.9
終了後 2.5時間(11:30AM)	6.1	0.42	4.6

分化する。この際、Th 1-Th 2 cross-regulationとして知られるように、IFN γ や IL-12 は Th 1への分化を促進し、Th 2への分化を抑制する。逆に IL-4 や IL-10 は Th 2への分化を促進し、Th 1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 CD 4 $^+$ T 細胞の機能分化に偏位が起こりうる^{2,3,8)}。運動に伴う一過性の IFN- γ 産生細胞の増加が生理的にどのような意義を持つのか興味深いところである。

運動強度の定量的評価および設定は容易ではない。今回は、有酸素的運動の最大下強度の負荷をかけることを目標に、嫌気性代謝閾値(AT) レベルの運動強度をもとめる予測式¹⁴⁾、定常状態での心拍数⁴⁾、および自覚的な運動強度の指標となる Borg's category scale^{4,15)} を用いて運動強度の設定を試み、ほぼ妥当な結果が得られた。今後これらの指標を用いて運動強度の違いによる影響についても検討する予定である。

また、個体差についても考慮する必要がある。新開らは、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 CD 4 細胞が減少することを報告している^{9,10)}。今回我々の検討した 1 例は、コルゾール非分泌群に属すると考えられた(表 7)。今後、この点についても被検者数を増して検討を進める予定である。

文 献

- 1) Andersson, S., Coleclough, C.: regulation of CD 4 and CD 8 expression on mouse T cells. *J. Immunol.*, 151: 5123-5134, 1993.
- 2) Liblau, R. S., Singer, S. M., et al.: Th 1 and Th 2 CD 4 $^+$ T cells in the pathogenesis of organ-specific autoimmune diseases. *Immunology Today* 16: 34-38, 1995.
- 3) Mosman, T. R., Coffman, R. L.: Th 1 and Th 2 cells: different patterns of lymphokine secretion lead to different functional properties. *Annu. Rev. Immunol.*, 7: 145-173, 1989.
- 4) 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.
- 5) Prussin, C., Metcalfe, D.: Detection of intracytoplasmic cytokine using flow cytometry and directly conjugated anti-cytokine antibodies. *J. Immunol. Meth.*, 188: 117-128, 1995.
- 6) Sander, B., Andersson, J., et al.: Assessment of cytokines by immunofluorescence and the paraformaldehyde-saponin procedure. *Immunol. Rev.*, 119: 65-93, 1991.
- 7) Schauer, U., Jung, T., et al.: Measurement of intracellular cytokines. *Immunology Today*, 17: 305-306, 1996.
- 8) Seder, R. A., Paul, W. E.: Acquisition of lymphokine-producing phenotype by CD 4 $^+$ T cells. *Annu Rev Immunol* 12: 635-673, 1994.
- 9) Shinkai, S., Konishi, M., et al.: Aging, Exercise, Training, and Immune System. *Exercise Immunology Review*, 3: 68-95, 1997.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 上嶋健治, 斎藤宗靖, 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.

おわりに

研究班長 河野 一郎

スポーツ活動が体力に与える影響は多岐にわたる。行動体力へのスポーツ活動の影響は多くの研究成果があり、トレーニングや健康の保持・増進へ応用されている。とくに運動生理学関連のテーマは積極的に取り組まれており、知見も多い。これらの領域に比較して免疫機能を中心とする防衛体力に対するスポーツ活動の影響に関する研究はこれまで少なく、本研究班の活動はフィールドワークを含め本邦における先駆けとなるものである。ヒトが生きていく上で不可欠な防衛体力は行動体力と同様に成長期に大きく変化するものであり、スポーツ活動がジュニア期の防衛体力/免疫機能に与える影響に関して知見を深めていくことは国民の健康を考える上で極めて重要である。本年度のフィールドワークとして行った活動は多くの成果をあげることができた。来年度はまとめを行う年度でもあり、基礎研究を踏まえ、フィールドワークを充実させてスポーツ活動と防衛体力に関するガイドラインを作成させたい。

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—

◎発行日：平成 10 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㈱

* 本研究は国庫補助を受けて実施したものである
