

平成 2 年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.X スポーツ外傷・傷害の発生と予防に関する疫学的研究

—第 2 報—

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

平成2年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.X スポーツ外傷・障害の発生と予防に関する疫学的研究

—第2報—

班長 高沢 晴夫¹⁾

班員 河野 一郎²⁾ 増島 篤³⁾ 島田 信弘⁴⁾

山本 巧⁵⁾ 麻生 敬⁶⁾

担当研究員 伊藤 静夫⁷⁾

目 次

I. ラグビー選手におけるメディカルチェックとその後の経過（その1）	2
——筑波大学ラグビーチームについて——	
II. ラグビー選手におけるメディカルチェックとその後の経過（その2）	8
——早稲田大学ラグビーチームについて——	
III. 女子バスケットボール選手におけるメディカルチェックとその後の経過	24
IV. まとめ	29

1)横浜港湾病院 2)筑波大学 3)東芝中央病院 4)高座病院
5)早稲田大学 6)東京衛生学園専門学校 7)日本体育協会スポーツ科学研究所

I. ラグビーフットボールにおける傷害発生の縦断的分析ならびに 継続的健康管理の有効性についての研究

河野 一郎¹⁾ 斎藤 武利¹⁾ 山本 純生¹⁾ 小森田 敏¹⁾
川岸 嘉啓¹⁾ 古川 拓生¹⁾ 元持 弘二¹⁾

はじめに

近年、ラグビーフットボール（ラグビー）における安全対策は国際的にも問題となっている。その背景には、ラグビーの競技特性として、スピードのある衝突を伴うプレーの多いことがあげられる。このため安全対策が重要視され、ラグビーの傷害についての統計的観察が行われているが、ラグビー傷害を縦断的に分析している研究は少ない。

そこで本研究では大学のラグビーチームを対象にラグビーにおける傷害の発生についての縦断的分析を初年度より継続し、さらに健康管理の有効性についても検討した。

対象および方法

1989、1990年度の筑波大学ラグビーチーム延べ96名を対象とし、メディカルチェックを春・秋シーズン前に実施し、これに基づき継続的健康管理を行なった。健康管理にはドクター、トレーナー、そして学生スタッフにより構成されるメディカルスタッフがこれにあたった。メディカルチェックは初年度と同一の形式により実施した。

I. 傷害発生に関する検討

1989年度および1990年度シーズン中、傷害の発生時毎にメディカルスタッフにより検討した。

1) 傷害発生状況

シーズン中に受傷した71名、139件について分析した。

2) 傷害発生頻度

1990年度、春、秋シーズンを対象として分析し

た。練習の記録から1日の平均練習時間2時間30分（合宿時5時間30分）総時間数は約340時間、総試合数は51試合（紅白試合を含む）とした。

3) 再受傷率

1990年度の春および秋シーズン前のメディカルチェック時の傷害を対象とし、その後のシーズン中に同一部位を再受傷したかどうかを検討した。

II. 健康管理の有効性について

1) 傷害者数の推移と傷害の経過

1989年度秋シーズン前、1990年度春シーズン前、1990年度秋シーズン前のメディカルチェックにおいて傷害者数が多かった肩、腰部、膝関節、足関節に関してその傷害者数の推移を調査し、健康管理体制の効果について検討した。

結 果

I. 傷害発生について

1) シーズン中の傷害発生状況

シーズン中に受傷した選手延べ71名、139件について分析すると、発生した傷害は足関節25件(18.0%)、肩17件(12.2%)、大腿部16件(11.5%)、顔面14件(10.1%)、膝関節14件(10.1%)であった。

傷害の内訳については、足関節捻挫23件(16.5%)、肉離れ19件(13.7%)、打撲18件(12.9%)、骨折12件(8.6%)、肩鎖関節損傷9件(6.5%)、裂傷8件(5.8%)、アーチ痛6件(4.3%)、膝内側靱帯損傷6件(4.3%)、頸椎捻挫5件(3.6%)、脳震盪4件(2.9%)となった(図1)。そのうち手術を受けた選手は、足関節1名(足関節亜脱臼)、膝関節1名(前十字靱帯損傷)であった。

ポジション別では、センター30件(21.6%)、バックスリー36件(25.9%)と高い数値を示してお

1) 筑波大学

り、ついでバックロー24件 (17.3%) フロントロー21件 (15.1%) と続いた。受傷状況では、試合時67件 (48.2%)、練習時70件 (50.4%) とほぼ同数であった。

受傷機転では、衝突時が62件 (44.3%) とほぼ半数を占めており、転倒時が28件 (20.0%)、ステップやジャンプを含めたランニング時が23件 (16.4%) となった。

受傷時のプレーについては、「タックルをうけて」が33件 (23.7%) と一番高く、次いで「タックルして」24件 (17.3%)、「ランニング時」18件 (12.9%)、「モール時」12件 (8.6%) となった。

受傷原因については、受傷した原因に「有り」と答えたのは77件 (55.4%) で、また反対に、原因が「なし」、「不明」という、不可抗力であると思われるのが62件 (44.6%) であった。原因を「有り」としたその内訳は、「自分のプレーがまずい」は33件 (37.9%)、「自分の不注意による」は12件 (13.8%)、「自分の疲労による」は13件 (14.9%) であった。また、「相手のプレーがまずい」は7件 (8.0%) となった(図2)。

応急処置の有無は、116件 (83.5%) が応急処置を受けており、その内容はRICE処置などを行っていた。医療機関受診の有無では、75件 (54.0%) が受診していた。

競技復帰時期は、活動を継続が19件 (13.7%) 1週間以内に復帰54件 (38.8%)、3週間以内に復帰が27件 (19.4%)、3週間以上で復帰が39件 (28.1%) となった(図3)。

2) 傷害発生頻度

ラグビー部員79名のうち練習時に負傷した選手は45名 (61件) で、頻度は5.6時間に1件の割合となった。およそ2日に1件の割合で傷害が発生していることになる。また、試合時に負傷した選手29名 (38件) から、頻度は1.3試合に1件の割合となり非常に高い数値を示した。すなわち4試合に3件もの外傷が発生していることになる。

また、選手1人につき1件の傷害が発生する頻度は、20.1試合に1件の傷害が起こる結果となつた(表1)。

部位別による発生頻度は、練習時では、足関節が12件の発生数から28.3時間に1件、肩が6件の発

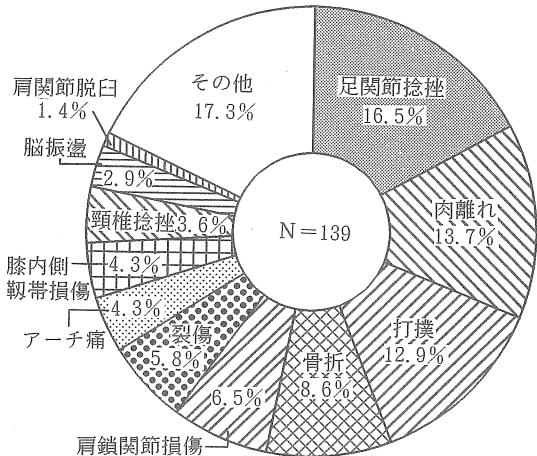


図1 傷害の内訳

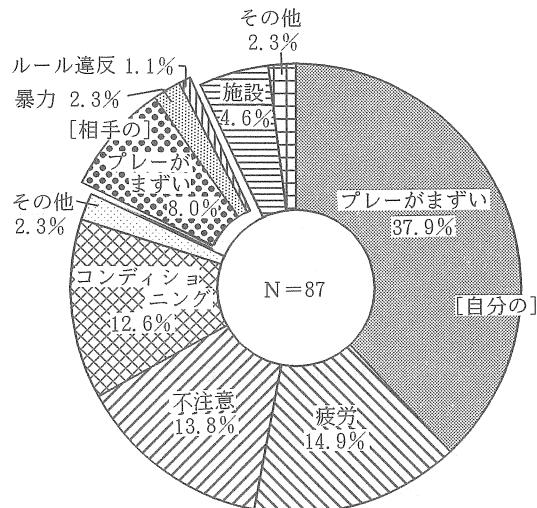


図2 受傷原因の内訳

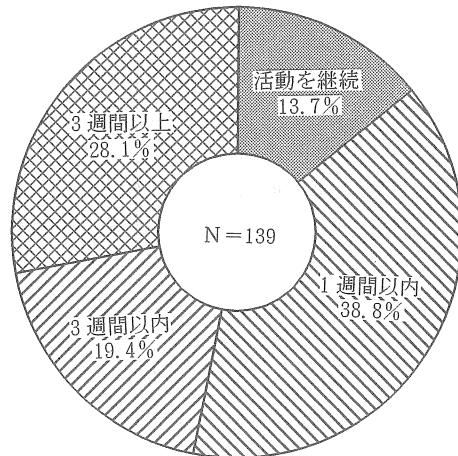


図3 競技復帰時期

表1 傷害発生頻度

傷害が発生する頻度 (練習) (試合)	1件／5.6時間 1件／1.3試合
選手1人につき1つの傷害が発生する頻度 (復帰に1週間以上かかった傷害について)	1件／20.1試合／人 1件／36.4試合／人

生数から56.7時間に1件、頭部が4件の発生数から85時間に1件(脳震盪は3件の発生数より113.3時間に1件)、頸部が2件の発生数から170時間に1件、膝関節が2件の発生数から170時間に1件の割合となった。試合時においては、足関節が6件の発生数から8.5試合に1件、肩が6件の発生数から8.5試合に1件、膝関節が5件の発生数から10.2試合に1件の割合で発生した(表2)。

3) 再受傷率

シーズン始めのメディカルチェック時に気付かれた傷害がシーズン中に再受傷をしたのは、122件のうち15件(12.3%)であった。

部位別では、肩は19件のうち3件(15.8%)、腰部は20件のうち6件(30.0%)、大腿部は14件のうち2件(14.3%)、足関節は15件のうち1件(6.7%)となった。

II. 健康管理の有効性について

メディカルチェック時に異常があると答えた選手は1989年度秋シーズン前(72.5%)、1990年度春シーズン前(65.3%)、1990年度秋シーズン前(58.2%)と健康管理体制が整うに従い減少した(図4)。

部位別にみるとこの三回のメディカルチェック時にチェックされたものは、肩ではそれぞれ第一回目21名(30.4%)、第二回目16名(21.3%)、第三回目6名(9.0%)となった。膝関節は第一回目13名(18.8%)、第二回目9名(12.0%)、第三回目5名(7.5%)となり肩、膝関節ともに減少傾向がみられた。また、腰部では第一回目12名(17.4%)、第二回目16名(21.3%)、第三回目11名(16.4%)となった。足関節では第一回目10名(14.5%)、第二回目6名(8.0%)、第三回目11名(16.4%)となり、腰部、足関節ともにばらつきが認められた(図5)。

表2 傷害発生頻度(部位別)

(練習) 足関節	1件／28.3時間
肩	1件／56.7時間
頭部	1件／85.0時間
(脳震盪)	1件／113.3時間
頸部	1件／170.0時間
膝関節	1件／170.0時間
(試合) 足関節	1件／8.5試合
肩	1件／8.5試合
膝関節	1件／10.2試合

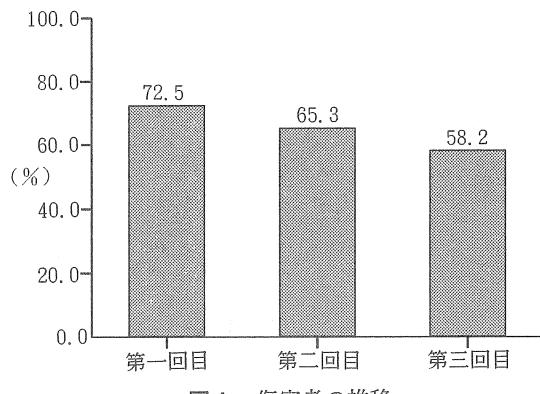


図4 傷害者の推移

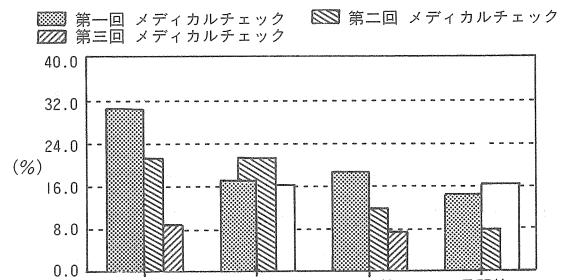


図5 障害者の推移(部位別)

考 案

1) 傷害発生に関する調査

ポジションや部位による傷害は既往歴とほぼ同

じ傾向が認められた。すなわちポジションでは、センターとバックスリーに傷害が多くみられ、部位では足関節に多く発生し、次いで肩、大腿部となつた。

受傷状況では、練習時での発生件数と試合時での発生件数がほぼ同じ割合であったが、時間数で除した頻度でみると試合時の方が高いと考えられる。

発生時間帯では練習時、試合時とも4つの分類において、ほぼ均等に発生していた。

練習時ではその内容にも関係するが、発生件数がほぼ均等であったことは、疲労による集中力の低下によって、傷害が発生することが少ないのでないかと考えられる。これは、疲労によって傷害の起った選手が12名（16.9%）であり、その内訳もランニング障害や肉離れが10名を占めており、疲労が及ぼす判断力の低下によって生じた外傷が少なかったことからも推察される。このことから、傷害の発生は後に述べる受傷機転からも競技特性が大きく関与していると考えられる。

受傷機転では競技特性と考えられるものが全体の69.1%を占め、そのうちタックルに関してが41.0%と一番多く、「タックルをした」と「タックルを受けた」に区別すると、「タックルをした」ことによる受傷件数より「タックルを受けた」ことによる受傷件数の方が多い。競技規則ではタックルを受けるプレーヤーの安全を考慮し、危険なタックルを厳しく禁じている。具体的には速すぎるタックル、遅すぎるタックル、腕を伸ばして振り回すタックル（stiff arm tackle）が危険なタックルとされている。しかし、タックルを受けて外傷した選手のうち、原因が「自分である」と答えた選手は24.6%であり、危険なタックルを防止するだけでなく、タックルを受ける技術の向上も必要である。

傷害の受傷原因に対し、「有り」と答えた選手が半数以上に達している。この原因の追求が外傷の発生を減少させ、また、傷害の程度を低く抑えることにつながると考えられる。具体的には、選手のスキル向上、コンディショニングの認識による自己管理をはかり、疲労を回復させるように努めなければならない。

以上のように傷害状況を記録することは、現場における管理体制の問題を明確にできる。これとともに指導者が、より具体的な予防策を講じることは選手にとって有効なフィードバックとなろう。

競技復帰時期については、1週間以内（活動を継続したを含む）に復帰した傷害が73件（52.5%）とほぼ半数しか認められず、ラグビー傷害は、軽症が少なく中等症以上のものが多いことを示唆している。

膝内側靭帯損傷では、復帰まで3週間以上かかった選手がほとんどであり、早期は完全に受傷部位を安静に保つ必要があり、定期的にドクターの診察を受け、長期的なりハビリテーションプログラムを考慮していくことが望まれる。また、手術を必要とする場合は長期にリハビリテーションを行うところから、トレーナーや指導者は選手のメンタルな部分を支えてやることも忘れてはならない。

足関節捻挫は、1週間以内で復帰している選手が半数を占めるが、3週間以上かかっている選手がいることに注目すべきである。捻挫の軽視は選手自身の競技生活に影響を与えると考える必要がある。

肉離れは3週間以内で82.4%が復帰している。しかし再発に不安を持ちながら練習を再び開始するケースが多かった。これは、リハビリテーション過程に問題があると考えられる。Heiserらは、フットボールの選手において普段の練習で、ハムストリングスと大腿四頭筋との筋力比が0.6以上を目標としていると述べており、定期的な筋力テストによる個々の選手のデータを記録しておくことが望まれる。このデータがリハビリテーションを進めていく上での指標となろう。

このように傷害別に競技復帰時期を分析することは、健康管理上有効性と思われる。また、チームを構築する立場にある指導者は、負傷した選手の試合出場時期を考慮するのに役立つものと考えられる。

2) 傷害の発生頻度について

イングランドラグビーフットボール協会が122の、SENIOR CLUBSとSCHOOLSを対象にプレーヤー1人が1件の傷害を起こす頻度を、試合数から

算出した報告によれば、1989年度は146.6試合に1件の傷害が起きるとしている。また、本研究では、プレーヤー1人につき20.1試合に1件の傷害が起きると認められ、約7.3倍の差があった。インターナショナル・ラグビーフットボール・ボードのメディカルコミッティによるラグビーの傷害に関する定義では、1週間以上試合に出場できない選手に対して傷害とみなしている。本研究ではその数は21名であった。この方式では、プレーヤー1人につき36.4試合に1件の傷害が起きると認められ、約4.0倍の差があった。

この背景には環境要因としてグラウンドが芝と土の違いをあげることができよう土のグラウンドに慣れている本研究の対象者においても傷害の受傷時には53.2%の選手がグラウンド状況が堅いとしていた。のことから指導者は、練習の指導だけでなく、グラウンド整備に関しての適切な方法を選手に述べる必要がある。

さらに、ラフプレーなどにも注意をする必要がある。これについてイングランドラグビーフットボール協会では、相手を傷つけようとプレーをしている選手等をメンバーに選ばないようにコーチや協会に対して呼びかけている。このように試合中、ラフプレーのみられた選手に対し指導者は傷害の防止からも厳しく注意する必要がある。

本研究において発生件数が、練習時は5.6時間につき1件の割合で発生し、試合時は1.3試合につき1件の割合で、ともに高い頻度で発生している。この現状を選手に伝えることによって、選手はどういう傷害が問題となるかを理解できる。選手は防具やテーピングでその部位を保護し、傷害を軽減することが可能となる。同時に、発生頻度の高い部位に対して筋力アップが傷害の軽減につながるであろう。

3) 再受傷率について

競技を高いレベルで続けるためには予防が必要であり、再受傷率を低く抑えることが健康管理体制の最重要課題であると思われた。そのためには、チームドクターを設置し、指導者、トレーナー、選手が相互協力して傷害の現状を理解し、発生原因を把握することが望まれる。そして、指導者やトレーナーはこれらの要因を現場に有効な形でフ

ィードバックすることが、傷害の予防につながるのではないかと考えられた。

II. 健康管理の有効性について

傷害を持ちながらシーズンインした選手は第一回目72.5%であり、これは傷害に対する認識の低さからではないかと考えられる。しかし、以後のメディカルチェックによる傷害者数を総体的に観察すると、シーズン前の傷害者数は減少しているのが認められた。これは1989、1990年度の筑波大ラグビー部のメディカルスタッフ体制による働きかけが有効であったことを反映していると思われる。具体的には、学生スタッフ～トレーナー～ドクターという構成により、ドクターの指示が適切に選手まで行き渡り、選手が傷害のケアに十分な認識を高めたことをあげることができよう。これにより、選手がシーズンオフに適切なケアを行ったことによって、傷害者数の減少につながったものであると推察される。

メディカルスタッフは選手の傷害の推移を観察して、傷害は選手の体力やスキルによるものなのか、練習内容や指導法によるものなのかをコーチに報告する必要がある。また、コーチはドクターの報告から具体的な対策に取り組み、選手の傷害となる要因の改善に努めなければならない。以上のことから、個々の選手における傷害の推移を明確に観察する必要があり、そのためには、メディカルチェックを基にした健康管理体制を整えることが有効であると考えられた。

結論

1. メディカルスタッフによる健康管理実施後、傷害を持ちながらシーズンインを迎える選手数に減少傾向が認められたことより現場に結びついた健康管理体制が有効であることが示唆された。
2. シーズン中に発生した傷害を記録することは、現場における健康管理に関する問題点が明確になると考えられた。また、メディカルチェックと併用することにより傷害の原因追求が明確になることが示唆された。
3. 傷害の発生頻度を具体的な数値で表わすこと

により、選手の傷害に対する認識がより高まる
と考えられた。

4. シーズン前の傷害者数に減少がみられたが、
シーズン中に同一部位を繰り返し受傷した選手
は12.3%であった。この傷害の再受傷を最小限
に抑えることが重要課題であると考えられた。
5. 傷害の現状、及び傷害の発生頻度から考える、
傷害予防の重要性は明らかとなった。このため
にはチームドクター、コーチ、トレーナーそし
て選手が互いに協力して健康管理体制を構築す
ることが不可欠である。スタッフが協力し種々
の情報を現場に有効な形でフィードバックする
ことが傷害予防に効果があることが示唆された。

文 献

- 1) 河野一郎ら：ラグビーでの重傷外傷とその予防と
対策。臨床スポーツ医学、6（8）：895-901、1989
- 2) 日本ラグビーフットボール協会：ラグビーフット
ボールにおける安全対策
- 3) 岸谷勲：日本におけるラグビー外傷の統計。臨床
スポーツ医学、6（8）：863-868、1989
- 4) Heiser, TM et al : Prophylaxis and manage-
ment of hamstring muscle injuries in intercol-
legiate football players. Am J Sports Med
12 : 368-370, 1984
- 5) Rugby Football Union, Injuries, 6th Report

II. ラグビー選手におけるメディカルチェックとその後の経過 —早稲田大学ラグビーチームについて—

報告者 島田 信弘¹⁾ 高沢 晴夫²⁾ 山本 功³⁾

トップレベルにある大学ラグビーチームを対象にメディカルチェックを行い、ラグビーにおける過去の外傷・障害や現在の症状・所見の有無を調査した。さらにメディカルチェック後の外傷・障害の発生について調査し、発生率および発生状況について検討した。

対象および方法

早稲田大学ラグビーチーム員149人(1年生36人、2年生44人、3年生37人、4年生32人)を対象とした。ポジション別ではフォワード(以下FW)67人、バックス(以下BK)82人であった(表1)。

1990年3月下旬(1年生は同年5月中旬)にメディカルチェックを行い、過去の外傷・障害および現在の症状・所見の有無について調査した。過去の外傷・障害についてはアンケート調査を行い、2週間以上チーム練習を休んだものを記入してもらった。ただし脳しんとう、頸部損傷については重視しなければならない疾患と判断し、休んだ期間が2週間未満でも記入してもらった。また現在の症状・所見の有無についてはアンケート調査と直接診断により調査した。

そしてメディカルチェック後から1991年1月6日の大学選手権までの間、ラグビーの練習・試合中に発生した外傷・障害のうち3週間以上チーム練習できなかったもの、および脳しんとう、頸部損傷について、発生例ごとにアンケート調査を行い、どのような状況で発生したのかを詳細に調べた。

結果

1. 過去の外傷・障害について

部位別では足関節が最も多く51人(34.2%)であった。以下頸部50人(33.6%)、膝49人(32.9%)、肩38人(25.5%)、大腿34人(22.8%)、頭部32人(21.5%)、腰部26人(19.5%)の順であった(図1-a)。なお前腕には1人も認めなかった。ポジション別にみるとFWは67人中、頸部30人(44.8%)、膝23人(34.3%)、腰部16人(23.9%)、肩15人(22.4%)、頭部14人(20.9%)であり、頸部と腰部の外傷・障害が目立った(図1-b)。一方BKは85人中、足関節39人(47.6%)、大腿26人(31.7%)、膝26人(31.7%)、頸部20人(24.4%)、頭部18人(22.0%)であり下肢の外傷・障害が多かった(図1-c)。

疾患別では頻度の多い順に頸部損傷50人(33.6%)、足関節捻挫(靭帯損傷)40人(26.8%)、膝靭帯損傷34人(22.8%)、脳しんとう32人(21.5%)、腰痛24人(16.1%)、ハムストリング肉離れ21人(14.1%)であった(表2)。

表1 早稲田大学ラグビーチーム員149人

	FW	BK	計
1年生	17	19	36
2年生	20	24	44
3年生	17	20	37
4年生	13	19	32
計	67	82	149

FW: フォワード

BK: バックス

1)神奈川高座病院 2)横浜市立港湾病院 3)防衛大学校体育学教室

表2 過去の外傷・傷害—疾患別の内訳—

順位	疾 患 名	全 体 (149人)	F W (67人)	B K (82人)
1	頸部損傷	50人 (33.6%)	30人 (44.8%)	20人 (24.4%)
2	足関節捻挫 (靭帯損傷)	40人 (26.8%)	11人 (16.4%)	29人 (35.4%)
3	膝靭帯損傷	34人 (22.8%)	19人 (28.4%)	15人 (18.3%)
4	脳しんとう	32人 (21.5%)	14人 (20.9%)	18人 (22.0%)
5	腰 痛	24人 (16.1%)	14人 (20.9%)	10人 (12.3%)
6	ハムストリング肉離れ	21人 (14.1%)	4人 (6.0%)	17人 (20.3%)
7	肩鎖関節損傷	13人 (8.7%)	5人 (7.5%)	8人 (9.8%)
8	肩関節 (亜) 脱臼	12人 (8.1%)	6人 (9.0%)	6人 (7.3%)
8	鎖骨骨折	12人 (8.1%)	4人 (6.0%)	8人 (9.8%)
10	足関節踝部骨折	11人 (7.4%)	2人 (3.0%)	9人 (11.0%)

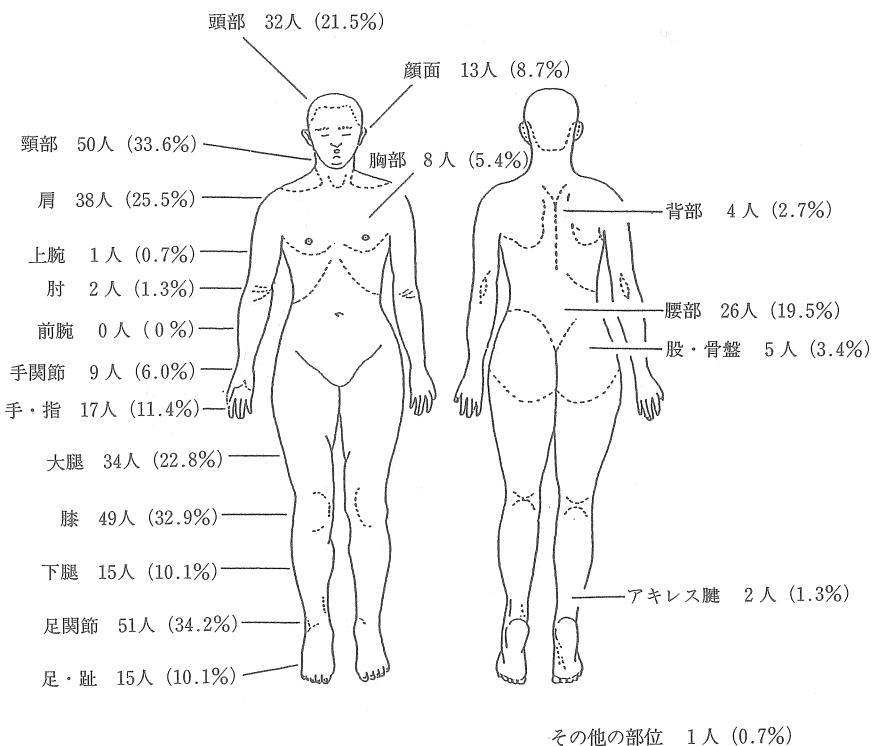


図1-a 過去の外傷・障害 (149人中)

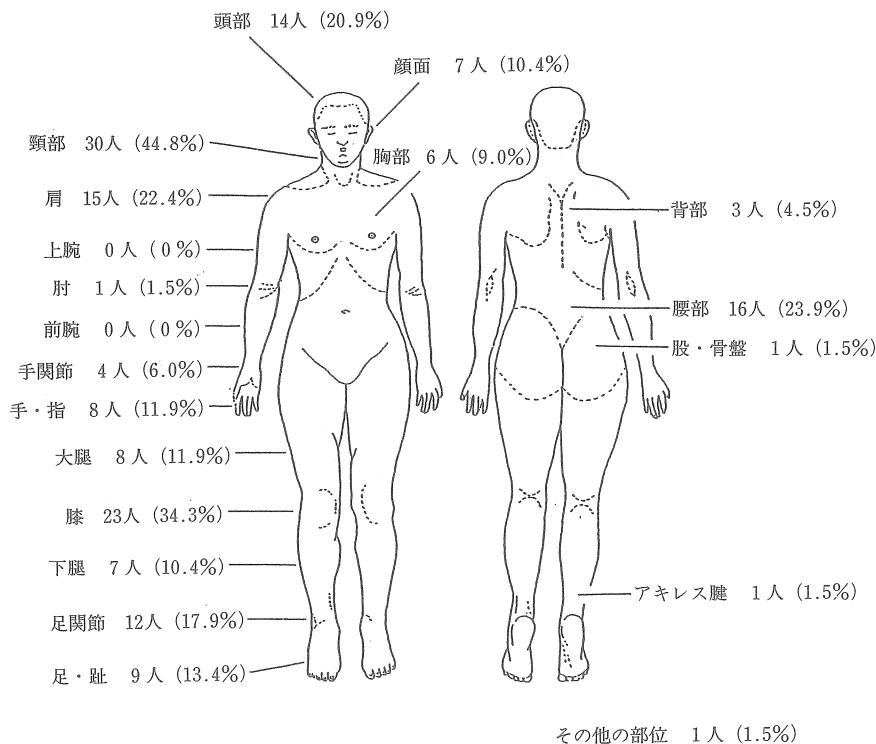


図1-b 過去の外傷・障害 (FW67人中)

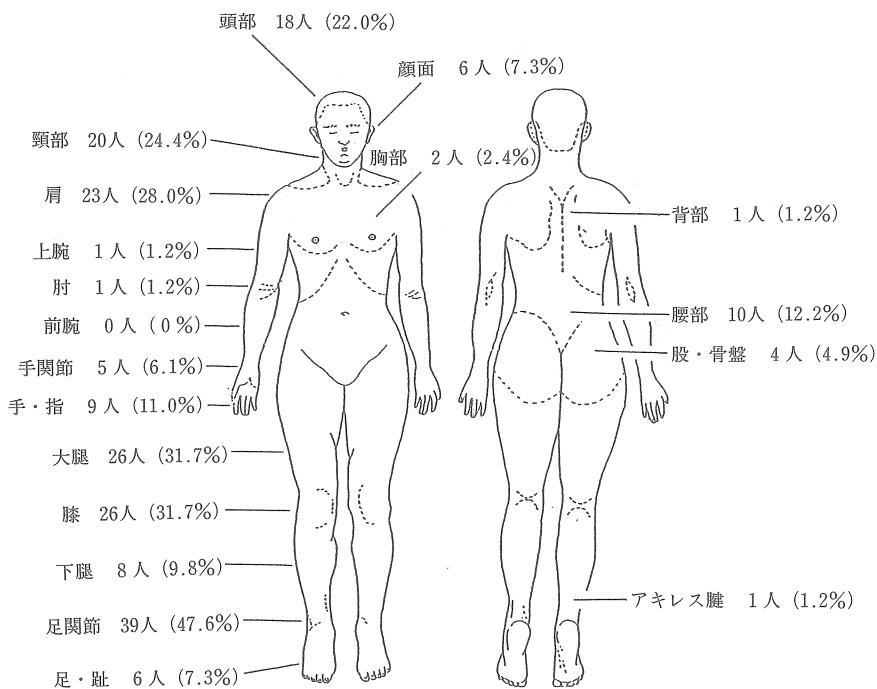


図1-c 過去の外傷・障害 (BK82人中)

2. メディカルチェック時の症状・所見について

メディカルチェック時、からだのどこかに痛みや不安感などの症状があった人、あるいは所見が認められた人は118人（79.2%）で、大部分の人はなんらかの症状・所見を有していた。しかしそのほとんどは軽症であり、ラグビーをする上で問題となるようなものは少なかった。実際に休養、治療（リハビリを含む）を要する症状・所見を有していた人は9人（6.0%）のみであった。また精査を要する症状・所見を有していた人は3人（2.0%）であった。

メディカルチェック時の症状・所見があった部

位は、頸部が最も多く55人（36.9%）で、以下膝43人（28.9%）、腰部41人（27.5%）、足関節31人（20.8%）、肩26人（17.4%）の順であった（図2-a）。ポジション別ではFWは頸部33人（49.3%）、腰部21人（31.3%）、膝18人（26.9%）、肩12人（17.9%）、足関節12人（17.9%）の順であり（図2-b）、一方BKは膝25人（30.5%）、頸部22人（26.8%）、腰部20人（24.4%）、足関節19人（23.2%）、大腿18人（22.0%）の順であった（図2-c）。

なお治療中の9人の部位は膝3人、下腿3人、大腿2人、肩1人、また精査を要する症状・所見を有していた人の部位は膝2人、大腿1人であった。

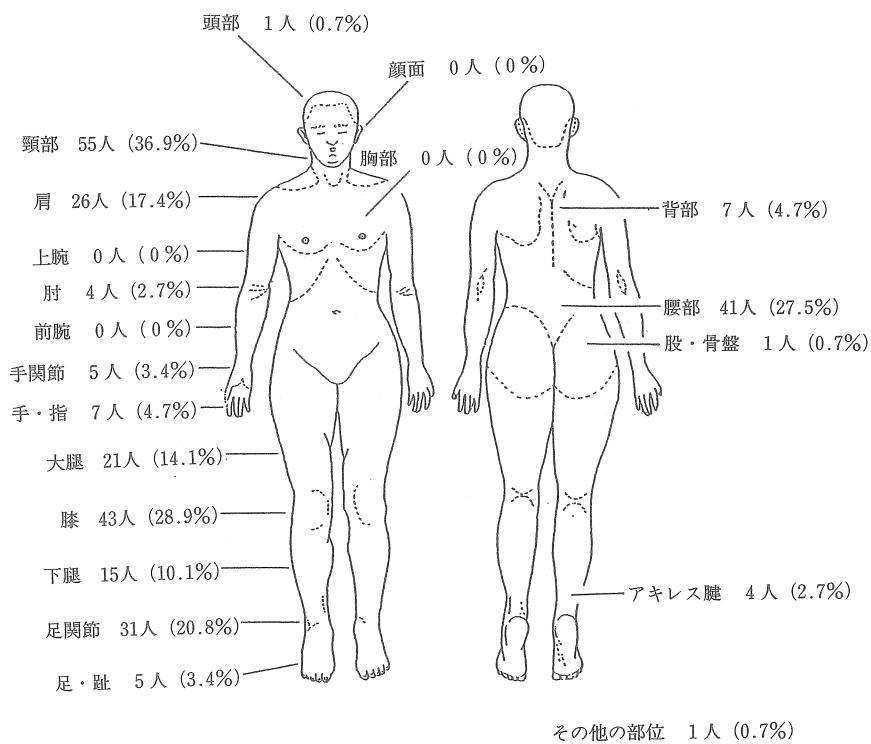


図2-a メディカルチェック時の症状・所見あり（149人中）

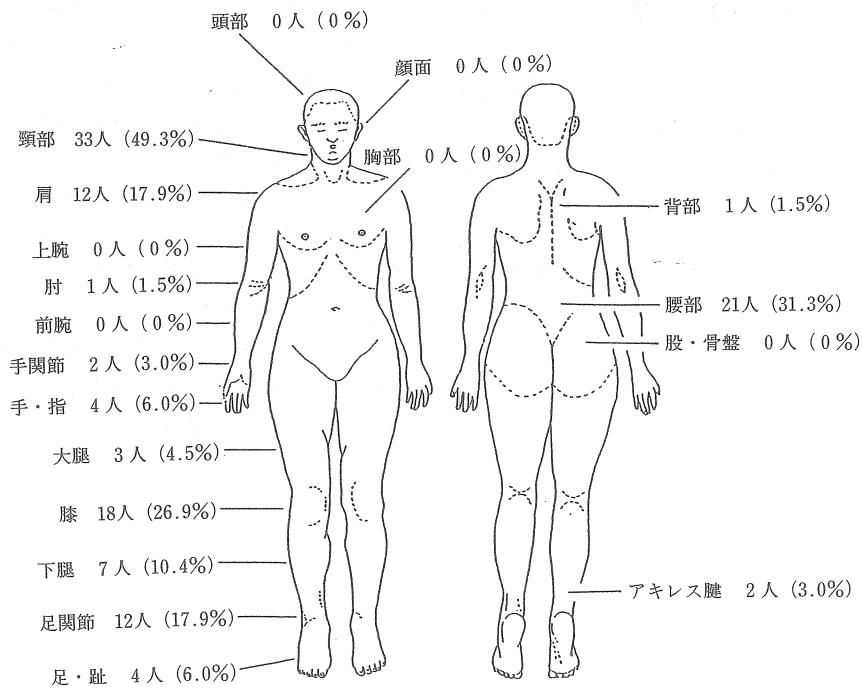
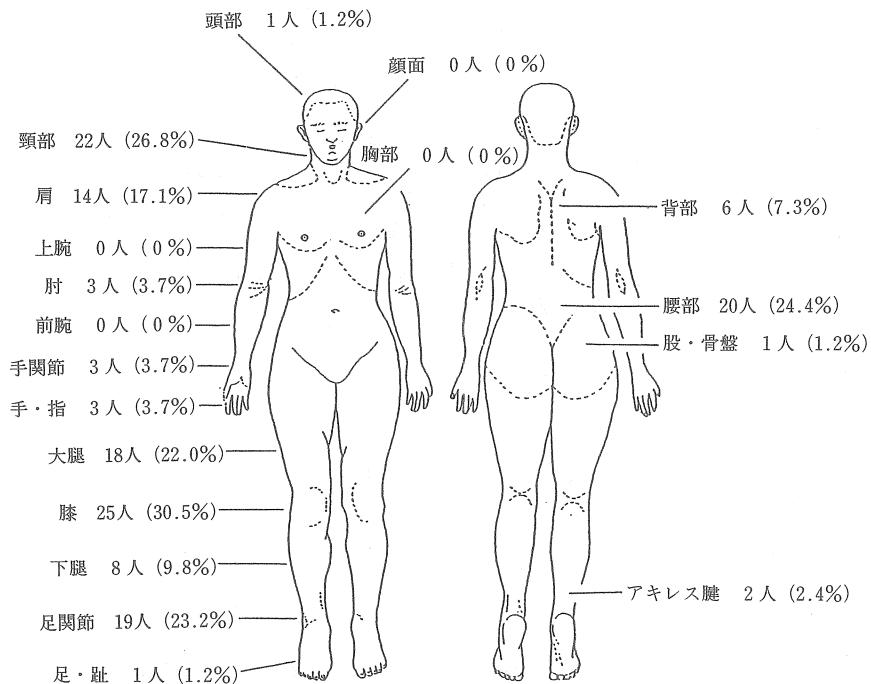


図2-b メディカルチェック時の症状・所見あり (FW67人中)



その他の部位 1人 (1.2%)

図2-c メディカルチェック時の症状・所見あり (BK82人中)

3. メディカルチェック後に発生した外傷・障害について

メディカルチェック後より1991年1月6日の大学選手権までの間、ラグビーの練習・試合中に発生した外傷・障害のうち、3週間以上チーム練習あるいは試合に参加できなかったもの、および脳しんとう、頸部損傷を合わせた例数は延べ119例(81人)で、人数からみた発生率は54.4%であった。このうち外傷は115例(79人)、障害は4例(4人)であった。障害が少なかったのは、痛みなどの症状があっても練習を休むことなく続けたり、あるいは休んでもその期間が3週間未満のものが多かったためであった。

部員149人のうち、外傷・障害がなかった人は68

人、1例(発生した外傷・障害が1つ)は50人、2例は26人、3例は3人、4例は2人であった。BKでは2例以上の人の割合が多かった(表3)。

部位別では足関節24例(23人)、頸部21例(18人)、頭部18例(18人)、膝18例(18人)、大腿12例(12人)、肩5例(5人)、手指5例(5人)などであった(図3-a)。ポジション別にみるとFWでは頸部、足関節、頭部、膝に多く、BKでは足関節、頭部、膝、頸部、大腿に多かった(図3-b,c)。

疾患として多かったものは足関節捻挫(靭帯損傷)23例(22人)、頸部損傷21例(18人)、脳しんとう18例(18人)、膝靭帯損傷14例(14人)、ハムストリング肉離れ11例(11人)などであった(表4)。

表3 外傷・障害発生例数と人数

発生例数	FW	BK	合計
0	33	35	68
1	24	26	50
2	10	16	26
3	0	3	3
4	0	2	2
合計	67	82	149

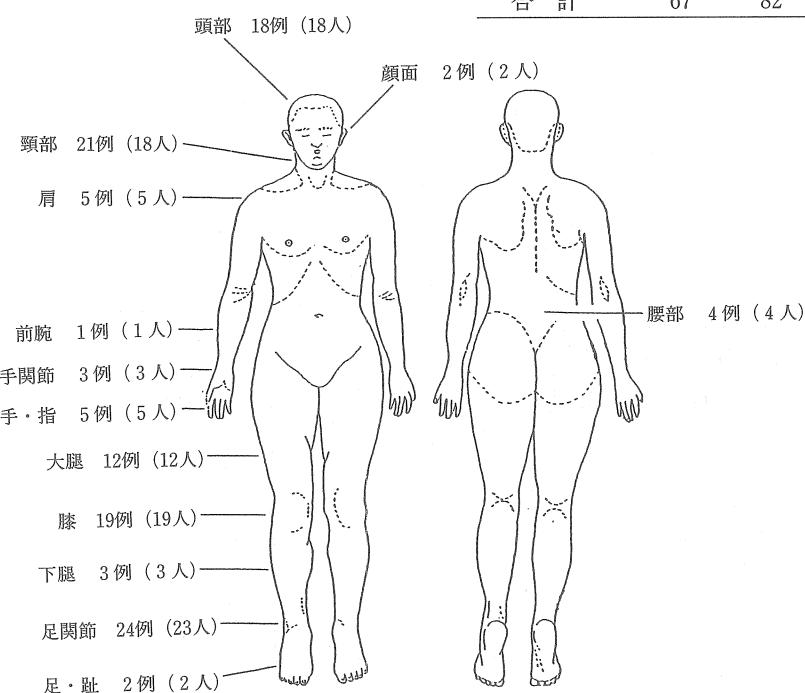


図3-a 発生した外傷・障害部位(149人中)

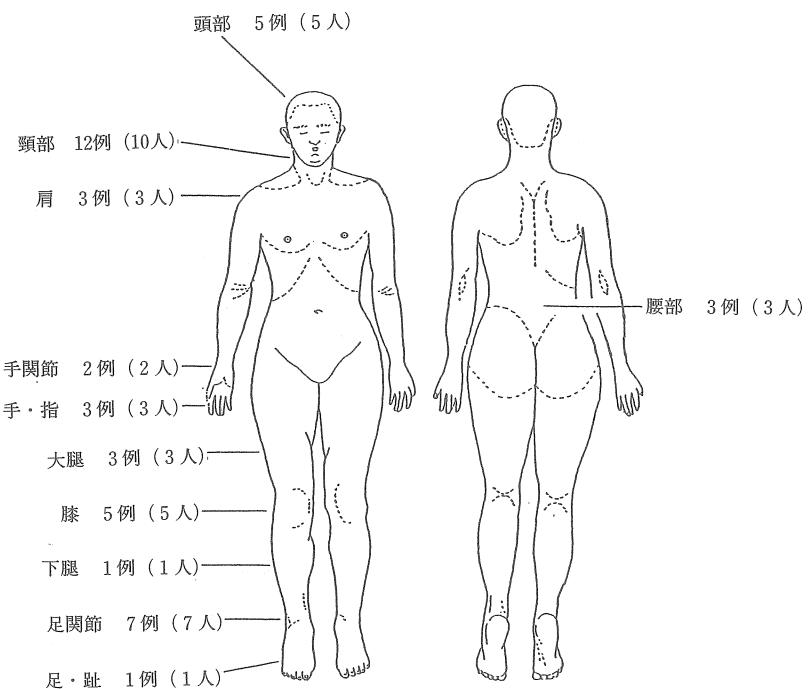


図3-b 発生した外傷・障害部位 (FW67人中)

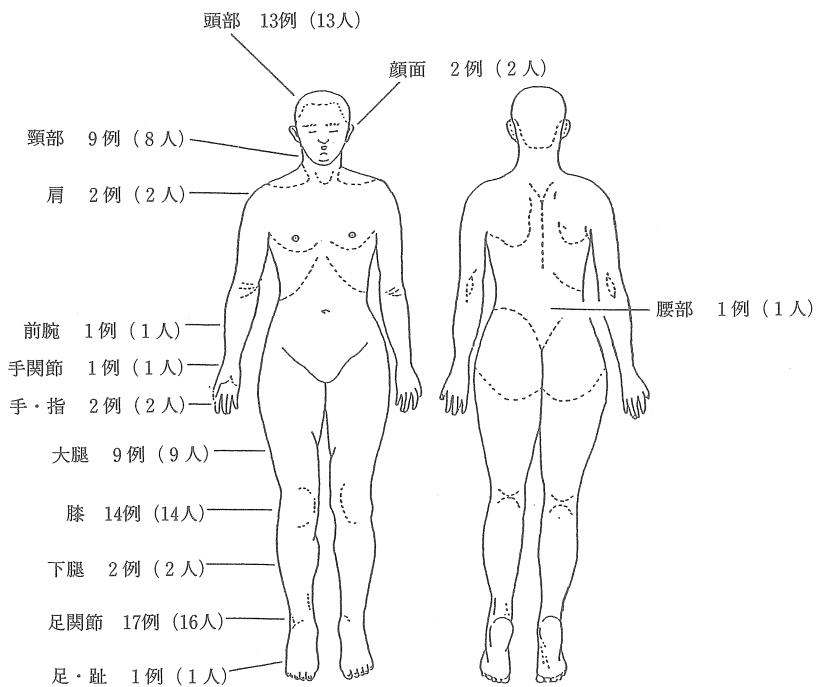


図3-c 発生した外傷・障害部位 (BK82人中)

表4 発生した外傷・障害のうちわけ

足関節捻挫（靱帯損傷）	23例 (22人)
頸部損傷	21例 (18人)
脳しんとう	18例 (18人)
膝靱帯損傷	14例 (14人)
ハムストリング肉離れ	11例 (11人)
手指骨折	5例 (5人)
腰 痛	3例 (3人)
肩鎖関節損傷	2例 (2人)
そ の 他	22例 (22人)

4. 外傷の発生状況について

外傷115例の発生状況について以下の項目を調査し検討した。

〈発生時期〉

3月から翌年1月までを、春シーズン(3月～6月)、夏合宿、本シーズン(9月～1月)の3つ時期にわけた(注：6月中旬より8月上旬まではオフとなる)。春シーズンでは主に個人の体力とスキルの向上、およびユニット(FW、BK単位ごと)のスキルの向上に重点がおかれる。夏合宿は8月上旬から約10数日行われるが、9月から始まる公式戦に備え、主にチームスキルのことに重点がおかれる。

それぞれの時期の発生例数は春シーズン57例(49.6%)、夏合宿36例(31.3%)、本シーズン22例(19.1%)であり、春シーズンに約半数が発生していた(図4)。その理由としてはオフ明けのため基礎的な体力が低下していること、チームスキルに対する練習をほとんど行っていないため試合にあまり慣れていないことなどが考えられた。夏合宿は他の2つ時間と比べると期間は短いが、1日の練習時間が長く、また試合も多く行われるため、比較的多くの外傷が発生していた。

〈ポジション別の発生率〉

115例(79人)のうち、FW42例(32人)、BK73例(47人)であった。人数からみた発生率は47.8%、57.3%であり、BKに多く外傷が発生していた。

〈試合・練習中別の発生例数〉

115例のうち試合中に発生したもののが81例(70.4%)、このうち対外試合は56例(51.3%)、部内試合は25例(21.7%)であった。練習中に発生したもの

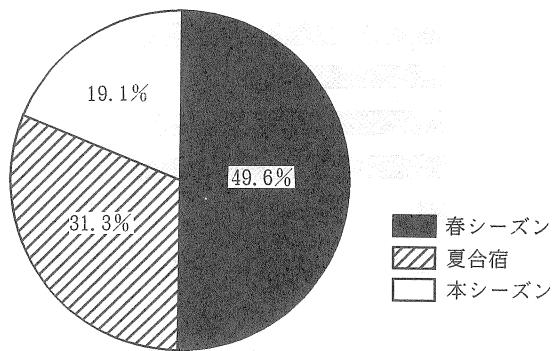


図4 発生時期(外傷115例)

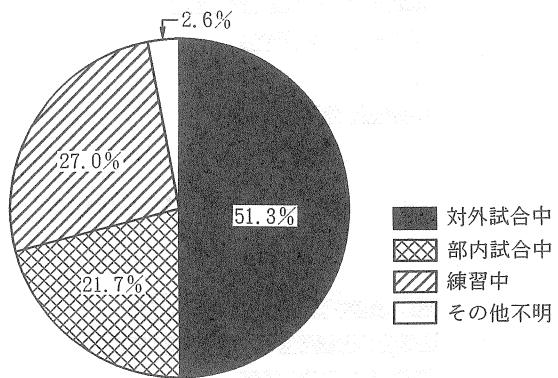


図5 試合・練習中別の発生例数比

は31例(27.0%)であった(図5)。

試合中に発生した81例のうち、試合のいつ発生したかをみてみると前半の前半22例、前半の後半14例、後半の前半21例、後半の後半22例、不明2例であり、とくに差はなかった(図6)。また発生した地点では自陣22m区域15例、自陣ハーフウェイライン(以下HL)から22mまでの区域22例、敵陣HLから22mまでの区域19例、敵陣22m区域14例、その他1例、不明10例であり、はっきりした差はなかった(図7)。

練習中に発生した31例について練習開始後どのくらい経過した時に発生したかをみてみると、30分以内6例、31～60分7例、61～90分4例、91～120分3例、121分以後8例、不明3例であり、練習開始1時間以内と2時間以上経過したときに多く発生している傾向がみられた(図8)。

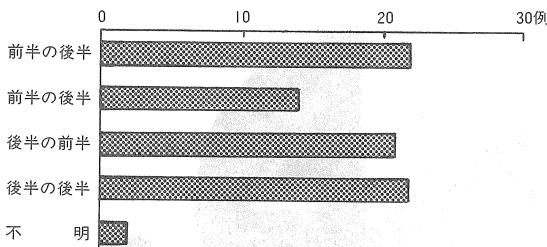
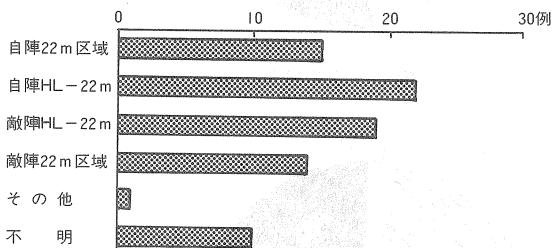


図6 発生時間（試合中発生81例）



※HL：ハーフウェイライン

図7 発生地点（試合中発生81例）

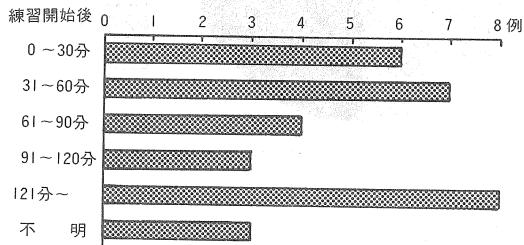


図8 発生時間（練習中発生31例）

〈発生時のプレー〉

タックルにいて28例、タックルされて28例、スクラム2例、モール6例、ラック7例、ランニング24例、その他18例、不明2例であった（図9-a）。タックルに関連したものに外傷の発生が多いのは当然と思われたが、スクラムでの発生は意外と少なかった。とくに試合中ではスクラムでの発生は皆無であった（図9-a）。おそらくレベルの高いチームであり、スクラムが崩れることが少なかったためではないかと思われた。なお練習中の発生はランニングが多くかった（図9-c）。

〈部員自身からみた発生原因〉

不注意7例、疲労9例、準備運動不足4例、相

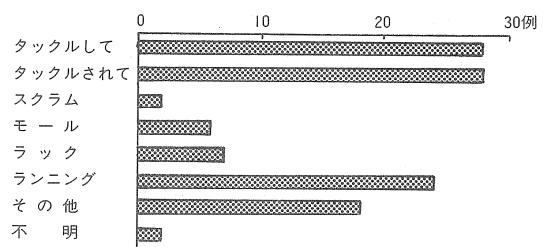


図9-a 発生時のプレー

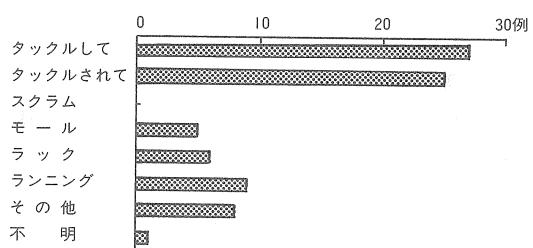


図9-b 発生時のプレー（試合中発生81例）

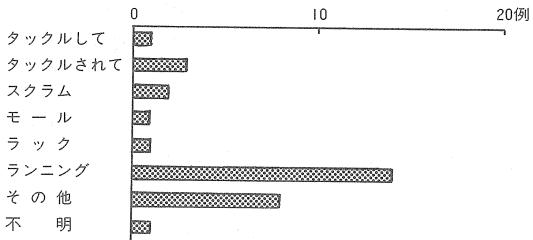
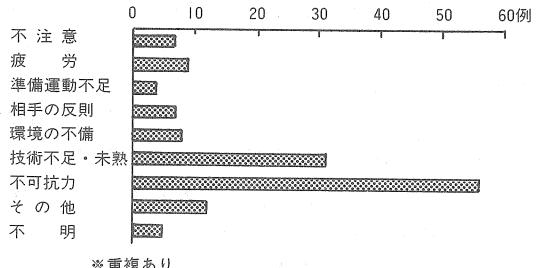


図9-c 発生時のプレー（練習中発生31例）



※重複あり

図10 発生原因

手の反則7例、環境の不備8例、技術不足・未熟31例、不可抗力56例、その他12例、不明5例であった（図10）。

発生例数の多い外傷についてその発生状況を調査し検討した。

【脳しんとう】

18例（18人）発生した（発生率12.1%）。半数の9例が夏合宿中に発生していた（図11）。

〈ポジション別の発生率〉

FWは5例（5人）、BKは13例（13人）発生していた。発生率はそれぞれ7.5%、15.9%であった。

〈試合・練習中別の発生例数〉

対外試合中14例、部内試合中2例、練習中2例であり、ほとんどが試合中に発生していた。

試合中に発生した16例のうち、発生した時間は

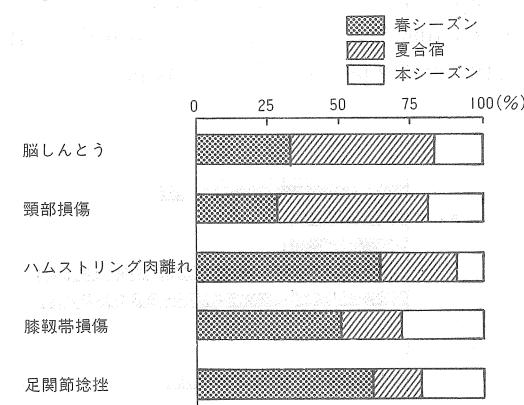


図11 主な外傷とその発生時期

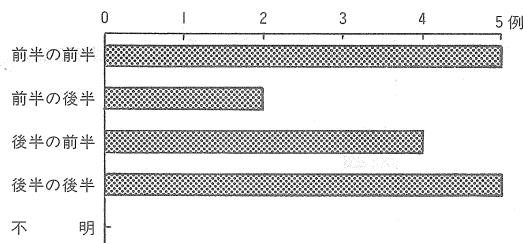


図12 脳しんとうの発生時間 (試合中発生16例)

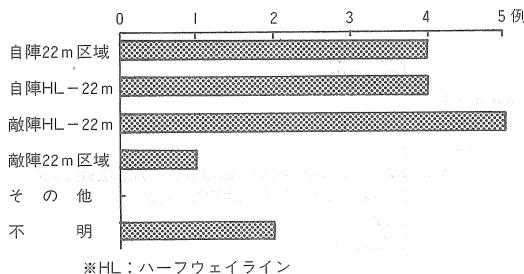


図13 脳しんとうの発生地点 (試合中発生16例)

前半の前半5例、前半の後半2例、後半の前半4例、後半の後半5例であり、試合の始めと終わり頃に多かった（図12）。

発生した地点では自陣22m区域4例、自陣HL-22m区域4例、敵陣HL-22m区域5例、敵陣22m区域1例、不明2例であった（図13）。

〈発生時のプレー〉

タックルにいてが最も多く10例、以下タックルされて5例、スクラム、ラック、その他各1例であった（図14）。

〈部員自身からみた発生原因〉

技術不足・未熟10例、不可抗力8例が多かった（図15）。

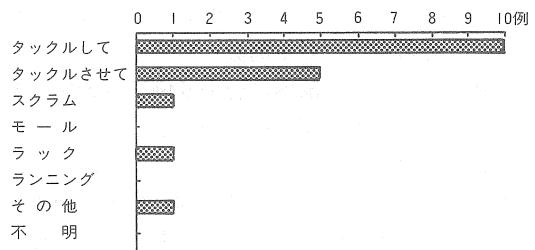


図14 脳しんとうの発生時のプレー

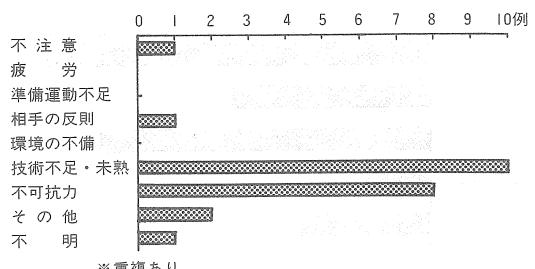


図15 脳しんとうの発生原因

表5 脳しんとうの既往の有無と発生の有無

既往	発生		合計
	あり	なし	
あり	4	28	32
なし	14	103	117
合計	18	131	149

〈メディカルチェックの結果との関係〉

過去に脳しんとうの既往がある32人では4人に発生し(発生率12.5%)、既往がない117人では14人に発生した(同12.0%)。既往がある人のほうがわずかに発生率は高かったが、有意差は認められなかった(表5)。

【頸部損傷】

21例(18人)発生した(発生率12.1%)。2例発生した人が3人おり、同じ人に繰り返し発生しやすい外傷の1つであると思われた。

脳しんとう同様、夏合宿中に多く発生していた(図11)。

〈ポジション別の発生率〉

FWは12例(10人)、BKは9例(8人)発生していた。発生率はそれぞれ14.9%、9.8%であった。

〈試合・練習中別の発生例数〉

対外試合中11例、部内試合中6例、練習中4例であり、ほとんどが試合中に発生していた。

試合中に発生した17例のうち、発生した時間は前半の前半6例、前半の後半3例、後半の前半5例、後半の後半1例、不明2例であった(図16)。

発生した地点では自陣22m区域4例、自陣HL-

22m区域7例、敵陣HL-22m区域3例、敵陣22m区域0例、不明3例であり、自陣区域での発生が多かった(図17)。

〈発生時のプレー〉

FWではモール、ラックで発生していることが多かったが、スクラムではわずか1例のみであった(図18-a)。一方BKではタッカルして発生していることが多かった(図18-b)。

〈部員自身からみた発生原因〉

タッカルに行くときやモール、ラックの入るときに頭が下がっていた、などの技術不足・未熟が最も多く10例であった。以下不可抗力8例、不注意3例、疲労2例などであった(図19)。

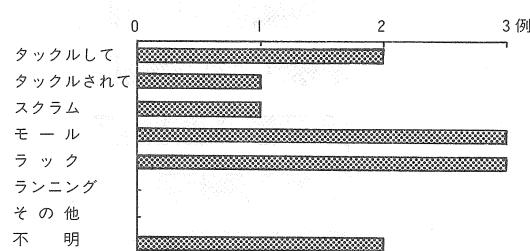


図18-a 頸部損傷の発生プレー (FW12例)

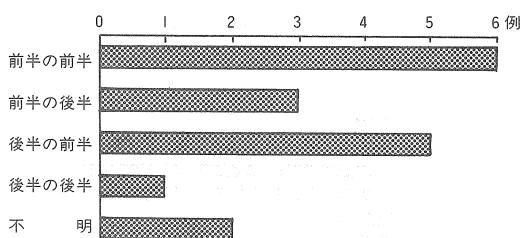


図16 頸部損傷の発生時間 (試合中発生17例)

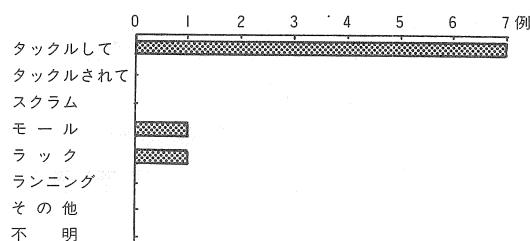
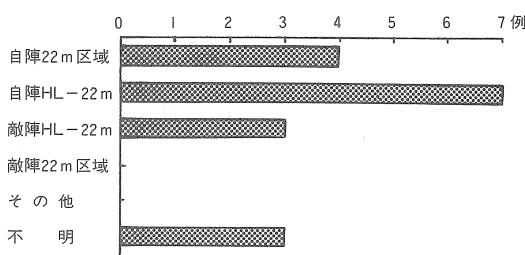
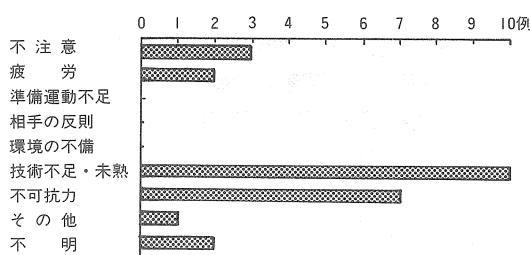


図18-b 頸部損傷の発生プレー (BK 9例)



*HL:ハーフウェイライン

図17 頸部損傷の発生地点 (試合中発生17例)



*重複あり

図19 頸部損傷の発生原因

〈メディカルチェックの結果との関係〉

過去に頸部損傷の既往がある人は50人いたが、このうち10人に頸部損傷が発生していた（発生率20.0%）。一方既往がない99人では8人に発生していた（同8.1%）。両者の間には発生率において有意差が認められた（表6-a）。したがって頸部損傷の既往がある人は既往がない人より多く発生しやすいといえる。さらにFW、BK別に検討してみると、FWでは頸部損傷の既往がある30人中8人に発生し（発生率26.7%）、既往がない37人では2人（同5.4%）であった。両者の間には発生率において有意差が認められ、やはり既往のある人は発生しやすいといえる（表6-b）。一方BKでは頸部損傷の既往がある20人中2人に発生し（発生率10.0%）、既往がない62人では6人（同9.7%）に発生した。両者の間には発生率において有意差はなかった（表6-c）。

またメディカルチェック時に頸部症状・所見があった人は55人いたが、このうち9人に頸部損傷が発生した。症状・所見がなかった94人では9人発生した。発生率はそれぞれ16.4%、9.6%で、症状・所見があった人のほうが発生率は高かったが、有意差は認められなかった（表7）。

【ハムストリング肉離れ】

11例（11人）発生した（発生率7.4%）。このうち半数以上が春シーズンに発生していたことは特徴的であった（図11）。

〈ポジション別の発生率〉

FWは3例（3人）、BKは8例（8人）発生していた。発生率はそれぞれ4.9%、9.8%であり、既往歴の結果同様、BKに多く発生する疾患の1つであることがわかる。

〈試合・練習中別の発生例数〉

部内試合中1例、練習中10例であり、ほとんどが練習中に発生していた。発生時間では練習の比較的初めのほうで多く発生していた（図20）。

〈発生時のプレー〉

2例を除き全例疾走中に発生していた。

〈部員自身からみた発生原因〉

疲労3例、準備運動不足3例などコンディショニングによるものが目立った（図21）。

表6 頸部損傷の既往の有無と発生の有無

a 全体

既 往	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	10	40	50
な し	8	91	99
合 計	18	131	149

b FW

既 往	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	8	22	30
な し	2	35	37
合 計	10	57	67

c BK

既 往	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	2	18	20
な し	6	56	62
合 計	8	74	82

表7 メディカルチェック時の頸部症状・所見の有無と頸部損傷の発生の有無

症状・所見	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	2	18	20
な し	6	56	62
合 計	8	74	82

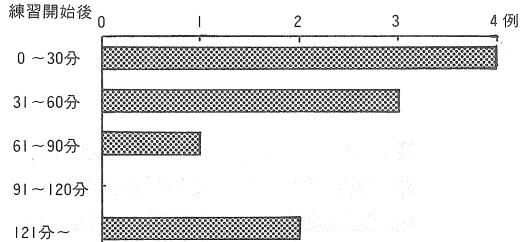


図20 ハムストリング肉離れの発生時間
(練習中発生10例)

〈メディカルチェック時の結果との関係〉

過去にハムストリング肉離れの既往がある人は21人いたが、このうち5人に発生していた（発生率23.8%）。一方既往がない128人では6人に発生していた（同4.7%）。両者の間には発生率において有意差が認められた。したがって既往がある人は既往がない人より多く発生しやすいといえる（表8）。

またメディカルチェック時に大腿部後面に症状・所見があった人は17人いたが、このうち3例にハムストリング肉離れが発生した。症状・所見がなかった132人では8人発生した。発生率はそれぞれ17.6%、6.1%で、両者の間には有意差が認められた。すなわち症状・所見がある人ではない人より多く発生しやすい（表9）。

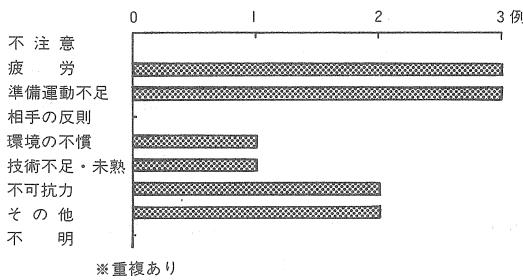


図21 ハムストリング肉離れの発生原因

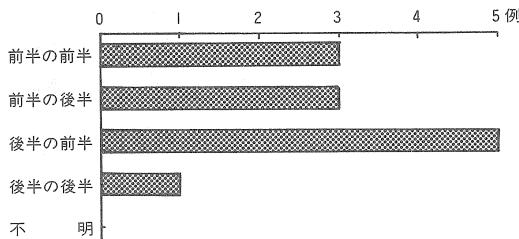


図22 膝靭帯損傷の発生時間（試合中発生12例）

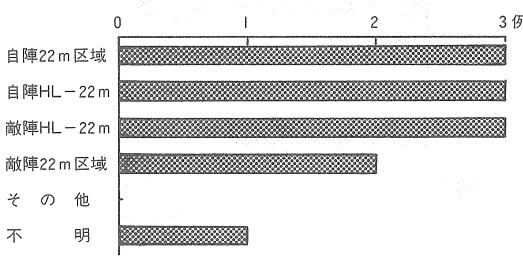


図23 膝靭帯損傷の発生地点（試合中12例）

【膝靭帯損傷】

14例（14人）発生した（発生率9.4%）。うちわけはMCL損傷8例、ACL損傷3例、ACL+MCL損傷、PCL損傷、PCL+MCL損傷各1例であった（表10）。

〈ポジション別の発生率〉

FWは5例（5人）、BKは9例（9人）発生していた。発生率はそれぞれ7.5%、11.0%であった。

〈試合・練習中別の発生例数〉

体外試合中6例、部内試合中6例、練習中1例、その他1例であった。

試合中12例のうち、発生した時間は前半の前半3例、前半の後半3例、後半の前半5例、後半の後半1例であった（図22）。

表8 ハムストリング肉離れの既往の有無と発生の有無

既往	発生		合計
	あり	なし	
あり	5	16	21
なし	6	122	128
合計	11	138	149

表9 メディカルチェック時の大腿部後面の症状・所見の有無とハムストリング肉離れの発生の有無

症状・所見	発生		合計
	あり	なし	
あり	3	14	17
なし	8	124	128
合計	11	138	149

表10 発生した膝靭帯損傷14例の内訳

MCL損傷	8例
ACL損傷	3例
ACL+MCL損傷	1例
PCL損傷	1例
PCL+MCL損傷	1例

MCL：内側側副靭帯

ACL：前十字靭帯

PCL：後十字靭帯

発生した地点では自陣22m区域3例、自陣HL-22m区域3例、敵陣HL-22m区域3例、敵陣22m区域2例、不明1例であり、区域による差はなかった（図23）。

〈発生時のプレー〉

タックルされてが最も多く7例であった。またコンタクトプレーでない、ランニング（ステップ）でも3例発生していた（図24）。

〈部員自身からみた原因〉

ほとんどが不可抗力であった（図25）。

〈メディカルチェック時の結果との関係〉

膝靭帯損傷の発生した人で過去に膝靭帯損傷のある人はわずかに1人であった。またメディカルチェック時に膝の痛みや不安感などを訴えていたものは1人もいなかった。したがって既往歴やメディカルチェック時の症状・所見とその後の発生の間の関係はほとんどないと考えられた。

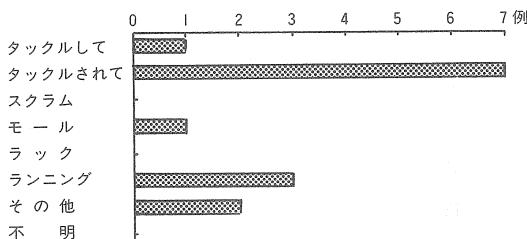


図24 膝靭帯損傷の発生時プレー

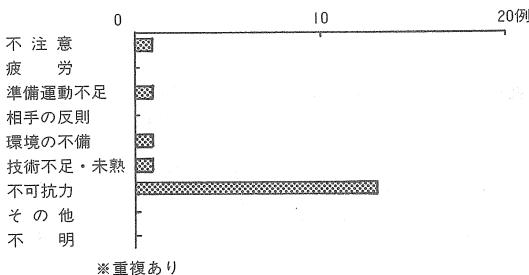


図25 膝靭帯損傷の発生原因

【足関節捻挫】

23例（22人）発生した（発生率14.8%）。

〈ポジション別の発生率〉

FWは7例（7人）、BKは16例（15人）発生した。発生率はそれぞれ10.4%、18.3%であった。

〈試合・練習中別の発生例数〉

対外試合中12例、部内試合中3例、練習中8例であった。

試合中15例のうち、発生した時間は前半の前半4例、前半の後半3例、後半の前半3例、後半の後半5例であった（図26）。

発生した地点では自陣22m区域2例、自陣HL-22m区域3例、敵陣HL-22m区域2例、敵陣22m区域6例、不明2例であった（図27）。

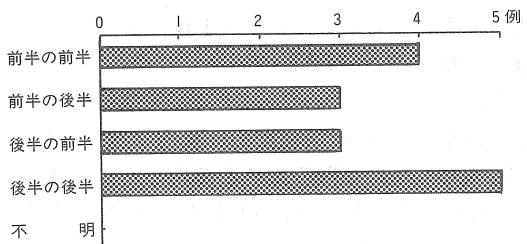


図26 足関節捻挫の発生時間（試合中発生15例）

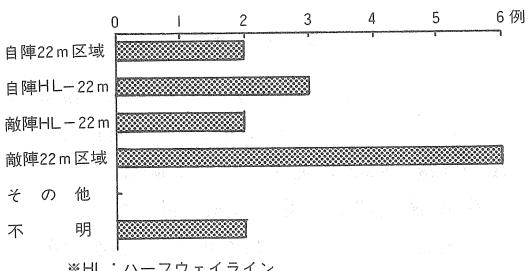


図27 足関節捻挫の発生地点（試合中発生15例）

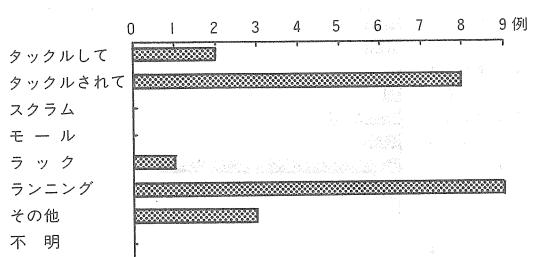


図28 足関節捻挫の発生時のプレー

<発生時のプレー>

ランニング9例、タックルされて8例、タックルして2例などであった(図28)。

<部員自身からみた発生原因>

不可抗力が最も多く13例であった。またグランドが柔らかかった、芝が長かったなどの環境の不備が4例と他の外傷と比べると多かった。他に不注意、疲労が各2例あった(図29)。

<メディカルチェックの結果との関係>

過去に足関節捻挫の既往がある人は40人いたが、このうち11人に足関節捻挫が発生していた(発生率27.5%)。一方既往がない109人では11人に発生していた(同10.1%)。両者の間には発生率において有意差が認められた(表11-a)。したがって足関節捻挫の既往がある人は既往がない人よりも多く発生しやすいといえる。とくにBKではこのことが強く示唆された(表11-c)。

またメディカルチェック時に足関節に痛みや不安定性などの症状・所見があった人は31人いたが、このうち7人に足関節捻挫が発生した。症状・所見がなかった118人では15人発生した。発生率はそれぞれ22.6%、12.7%で、症状・所見があった人のほうが発生率は高かった。しかし有意差は認められなかった(表12)。

まとめ

1. トップレベルにある大学ラグビー部の部員149人を対象に、メディカルチェックを行い、その後の外傷・障害の発生について調査した。
2. 外傷・障害の発生部位は足関節、頸部、頭部、膝、大腿に多く、いずれも過去の外傷・障害で

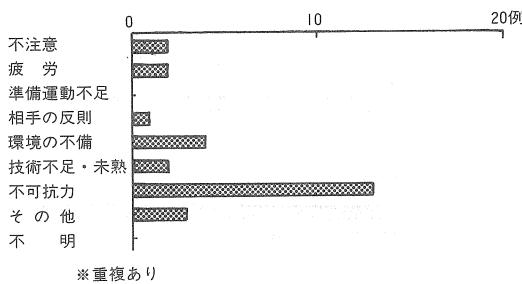


図29 足関節捻挫の発生原因

多くみられた部位やメディカルチェック時に症状や所見があった部位と一致していた。

- 3週間以上チーム練習を休んだ外傷・障害および脳しんとう、頸部損傷は延べ119例(81人)発生した。人数からみた発生率は54.4%であった。
4. 春シーズンに約半数の外傷が発生していた。
5. 頸部損傷、ハムストリング肉離れ、足関節捻挫の発生率は、過去に同じ外傷の既往がある人の方が既往がない人より有意に高かった。
6. 頸部損傷の発生原因には技術的な面によるものが多く、ハムストリング肉離れの発生原因にはコンディショニングによるもののが多かった。
7. 脳しんとう、膝靭帯損傷、足関節捻挫の発生原因には不可抗力的な要素が多かった。

表11 足関節捻挫の既往の有無と発生の有無

a 全体

既 往	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	11	29	40
な し	11	98	109
合 計	22	127	149

b FW

既 往	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	1	10	11
な し	6	50	56
合 計	7	60	67

c BK

既 往	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	10	19	29
な し	5	48	53
合 計	15	67	82

表12 メディカルチェック時の足関節症状・所見の有無と足関節捻挫の発生の有無

症状・所見	発 生		合計
	あり	なし	
あ り	7	24	31
な し	15	103	118
合 計	22	127	149

“スポーツ外傷・障害の発生と予防に関する疫学的研究”結果よりの提言

ラグビーはコンタクトスポーツであるため、外傷・障害の発生する機会が多い。今回の早稲田大学ラグビーチーム員149人を対象にした調査でも、1シーズン中、3週間以上チーム練習に参加できなかった外傷・障害あるいは脳しんとう、頸部損傷の発生例数は延べ119例であり、このような外傷・障害を経験した人は81人と過半数を越えていた。しかも2例以上の外傷・障害を経験していた人は31人もいた。

これらの外傷・障害の発生には不可抗力的な要因が多く、その発生を予防することは難しい面がある。しかし頸部損傷、足関節捻挫、ハムストリング肉離れのように、同じ疾患の既往のある人や、発生以前にも同じ部位になんらかの症状・所見があった人に多く発生するものもあった。したがって、このような疾患の発生予防にはメディカルチェックを継続的に行い、過去にどのような外傷・障害があったのか(疾患名のほか、その時の症状、発生状況、治療法、復帰時期、後遺症なども含めて)、現在どのような症状・所見があるのか、などを十分把握し、適切な指導、管理をしていくこと

が大切である。

なお同じ外傷・障害を繰り返し経験している人では、技術的な面やコンディショニングなどが原因になっていることが多いので、現場の監督、コーチと相談しながら、その具体的な原因と対策を講じることが必要である。

外傷・障害が発生した後、そのままプレーを続けさせてよいのか、あるいは休ませるべきなのか、休ませるとしたらどのくらいの期間休ませたらよいのか、そして復帰するときはどの程度まで復帰させてよいのか、などスポーツ医学特有の問題もある。再発防止のためには、できれば完全に症状がとれた状態、あるいはそれに近い状態のときに、プレーを続けたり、復帰したほうが理想的であるが、現実には個人やチームの事情でそのようにはいかないことが多い。ただ今の状態でプレーを続けるべきかに明確な判断ができない時には、選手本人や監督、コーチにはっきりとアドバイスすることが必要であろう。そのためには医師側もその種目に精通し、日ごろから現場に出て、指導者と連携を保つように努力しなければならない。

III. 女子実業団バスケットボールチームの外傷・傷害調査

報告者 増島 篤¹⁾ 麻生 敬²⁾ 佐藤 利香³⁾ 清水 聰子⁴⁾

スポーツ外傷・障害の発生と予防に関する疫学的研究の一環として、昨年度は、日本リーグに所属する女子実業団バスケットボールチーム（2チーム）についての1年間の競技活動中に発生した外傷・障害の実態調査を行なった。今回は、さらにその調査を継続し、①新たに選手として加わった8名についてのシーズン前のメディカルチェック、②本年度1年間の2チームの外傷・障害の実態調査を行なった。また、2年間にわたる調査結果から得られた、外傷・障害の予防を考える上で問題点、今後の健康管理のすすめ方について検討を加えた。

1. 新人選手のメディカルチェック

Aチームは、16名中7名が引退し、新たに7名が加わった。Bチームでは1名が引退し1名が新加入した。Bチームの新加入選手は外国人選手（アメリカ人）であった。これら8名の選手に対し、我々の作成したメディカルチェックチャートにもとづき、メディカルチェックを行なった。この中で特に問題となったのは次の2名の選手であった。

〈症例1、20才、ガード、短大卒〉

左膝前十字靱帯再建術後の左膝内側副靱帯損傷
入社1ヶ月にバスケットボールの練習試合で左膝を受傷、入社後1ヶ月間は左膝のリハビリーションを行なった。この選手は3年前（高2）に左膝前十字靱帯損傷に対し、靱帯再建術をうけており、今回再建靱帯の損傷はなく、受傷後2ヶ月で練習へ復帰することができた。

〈症例2、18才、ガード、高卒〉

〈両膝前十字靱帯再建術の左膝再断裂〉

昭和61年（中3）、左膝前十字靱帯損傷に対し、靱帯再建術をうけ、平成元年（高3）、右膝前十字靱帯損傷に対し靱帯再建術をうけていた。メディカルチェックの時点で、左膝に軽度の不安定性を認め、サポーターを作成し、練習に参加させた。しかし、シーズンがはじまり11月の試合でディフェンス中バランスをくずし、左膝を再受傷し、不安定性がさらに増強した。

2. 1年間の外傷・障害

1ヶ月以上練習を休まざるを得なかった例は、31名中8名（昨年度31名中11名）でありその中で入院治療を行なったものは、2名（昨年度6名）であった。

入院治療例の1名は、足関節内遊離体によるロッキング症状が出現し、遊離体摘出術を行ない、復帰には1ヶ月間を要した。他の1名は、足関節外果下端の痛みと腫脹が徐々に進行し、競技続行ができず、本年1月、シーズン途中ではあったが、入院させ、肥厚した、長腓骨筋腱の形成術を行なった。

昨年度からのリハビリテーションの続行は2名であり、膝蓋骨再骨折の1名は、5月より復帰し、前十字靱帯損傷の1名は8月より復帰した。

今年度の外傷・障害での通院治療例は4名であり、頸椎捻挫の1名は交通事故によるものであるが、頸部症状が続き、4ヶ月間のリハビリテーションを要した。肩関節脱臼の1名は、初回脱臼後、1年間で4回脱臼をくりかえした。内側副靱帯損傷の1名は症例1であり、前十字靱帯損傷（再断裂）は、症例2である。

1) 東芝中央病院スポーツ整形外科 2) 東京衛生学園スポーツトレーナー科 3) 日立戸塚女子バスケットボール部 4) 東芝女子バスケットボール部

表1 新人選手

	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	ポジション
Aチーム				
① (短 大 卒)	20	176	70	F
② (短 大 卒)	20	161	56	G
③ (高 卒)	18	179	66	C
④ (高 卒)	18	176	70	F
⑤ (高 卒)	18	175	64	F
⑥ (高 卒)	18	171	64	G
⑦ (高 卒)	18	167	60	G
Bチーム				
⑧ (アメリカ人)	22	188	79	C
(G:ガード、F:フォワード、C:センター)				

表2 1年間の外傷・障害（入院治療例）

(31名中2名)

1. 足関節内遊離体（遊離体摘出術）
2. 腓骨筋腱炎（腱形成術）

表3 1年間の外傷・障害（通院治療例）

(31名中6名)

前年度の外傷（2名）

1. 膝前十字靱帯損傷
(再建手術後のリハビリテーション)
2. 膝蓋骨再骨折
(骨接合術後のリハビリテーション)

今年度の外傷（4名）

1. 頸椎捻挫（交通事故）
2. 肩関節脱臼（1年間に5回脱臼）
3. 膝内側副靱帯損傷（新人選手）
4. 膝前十字靱帯再断裂（新人選手）

《メディカルチェックチャート》

氏名	(検診日 年 月 日) 生年月日 年 月 日 (満 才)
身長 cm 体重 kg	
①現在のポジション ()	
②過去のバスケット歴 年間	
③きき手 (右・左) ふみきり足 (右・左)	
現住所 〒 ()	
帰省先 〒	
スポーツ歴 (バスケット以外もあれば)	
小学校	
中学校	
高校	
大学	

〔1〕過去の外傷・障害の記録

	スポーツ歴 (ポジション)(練習回数／週)	外傷・障害歴 (いつ) (部位) (診断)	治療歴 (治療法)
() 小学校 年入学			
() 中学校 年入学			
() 高 校 年入学			
() 大 学 年入学			
入社 年入社			

〔2〕現在の外傷・障害

主訴：	(平成 年 月 日)
経過：	

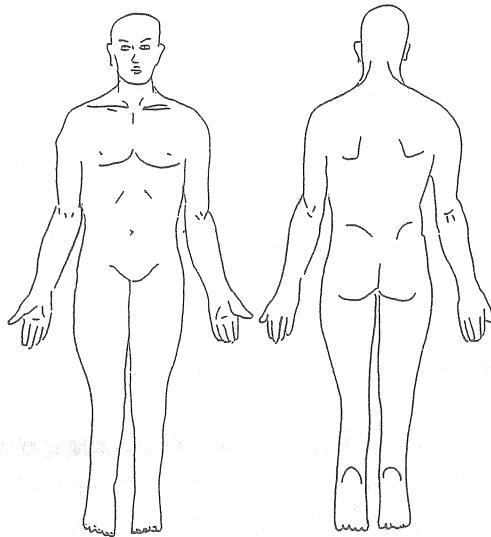
〔3〕視診：非対象（無：有）

a) 肩：
b) 上肢：
c) 体幹：
d) 下肢：

〔4〕下肢のアライメント

a) 下肢（立位）： (○、×) (横指)
b) 足の形状：(扁平、普通、甲高)
c) 脚長差：SMD (右： cm、左 cm)

〔5〕压痛点、知觉障害



〔6〕関節柔軟性

	右	左
a) 手関節屈曲	(- +)	(- +)
b) 肘 反 張	() ° (- +)	() ° (- +)
c) 肩 回 旋	右上 (- +)	左上 (- +)
d) 脊 椎 前 屈	F F D (cm)	(- +)
e) 膝 反 張	() ° (- +)	() ° (- +)
f) 足関節背屈	() ° (- +)	() ° (- +)
g) 股関節外旋	(- +)	
Laxity Score : / 7		

〔7〕関節不安定性

	右	左
a) 足関節		
前方 不安定性	(- ± +)	(- ± +)
不 安 感	(- ± +)	(- ± +)
後方 不安定性	(- ± +)	(- ± +)
不 安 感	(- ± +)	(- ± +)
b) 膝関節		
前方 Lachmann	(- ± +)	(- ± +)
N-test	(- ± +)	(- ± +)
後方 sagging	(- ± +)	(- ± +)
外反 伸展 0 °	(- ± +)	(- ± +)
軽度屈曲	(- ± +)	(- ± +)
内反 伸展 0 °	(- ± +)	(- ± +)
軽度屈曲	(- ± +)	(- ± +)

[8] 整形外科所見まとめ

- 診断 1)
2)
3)

[9] 今後の治療方針とトレーニング上のアドバイス

Dr. ()

3. 予防上の問題点

(2年間の外傷・障害の調査結果より)

①膝前十字靱帯損傷

膝前十字靱帯損傷は、今回の2年間の調査対象となった39名中7名みられ、3名は、入社後の受傷であり、4名は、入社前に靱帯再建術をうけていた。女子バスケットボール選手の前十字靱帯損傷は、昭和60~62年度の調査により、受傷機転や身体特性の分析が行なわれたが¹⁾²⁾³⁾、今後は、各チーム単位での断続的な調査が必要となろう。また再建術の再断裂に対しどのように対応すべきかといった新たな問題も生じてきている。

②足関節捻挫、関節内遊離体

足関節捻挫は、軽症のものを含めるとほとんどの選手が数回は経験しており、レントゲン写真上に骨棘や骨片を認める場合も多い。新人のメディカルチェックに際しては、足関節の不安定性のチェックと足関節のレントゲン撮影はスクリーニングとして、全員に行なうようにしている。

③疲労骨折

昨年度は、第5中足首、腓骨、舟状骨の3名の疲労骨折が問題となった。今年度は、下腿や足部の痛みを訴えた選手は数名みられたが、疲労骨折にまでいたった例はなく、痛みに対する早期の対

応が予防対策を考える上で重要なポイントと思われる。

4. 今後の健康管理のすすめ方

昨年度は31名中11名、今年度も31名中8名と、1年間ほぼ3名に1名の割合で1ヶ月以上練習を休まざるを得ない外傷・障害が生じている。しかし、1例、1例をくわしく検討していくと、事前のメディカルチェックや障害の初期の時点での対応により、予防できたと思われる外傷・障害も多い。今回の2年間の調査を通じて今後の予防対策を考える上では、①メディカルチェックのシステムをより確かなものとすること、②現場での初期治療の充実をはかること、③現場におけるトレーナーとの連携、が重要なポイントと思われた。

文 献

- 1) 女性のスポーツ外傷・障害に関する研究（第1報）
昭和60年度 日体協スポーツ医科学研究報告No.8.
- 2) 女性のスポーツ外傷・障害に関する研究（第2報）
昭和61年度 日体協スポーツ医科学研究報告No.9.
- 3) 女性のスポーツ外傷・障害に関する研究（第3報）
昭和62年度 日体協スポーツ医科学研究報告No.6.

IV. まとめ

報告者 高沢 晴夫¹⁾

1. 本研究の要旨

スポーツはそれ自体には多くの効用があり、おおいに推奨されるべきであることに異論はないであろう。しかし、スポーツ選手として激しいトレーニングや、試合に参加しているものにとっては、かならずしも効用ばかりあるとは限らない。ときには外傷をこうむり、また、過労性の障害が生じる。その機会は、レクリエーションスポーツに比較すると遙かには多い。

近年、いかに安全にスポーツを行うかは重要な問題になってきている。

これは選手スポーツばかりでなく、レクリエーションスポーツでも、こどもから中高年まであらゆる年齢層にわたって考えなければならないことであろう。

本研究では主に競技スポーツについて安全対策上重要な項目を見いだすこと目的として、その外傷、障害の疫学的研究を行った。

関東大学の対抗戦グループに属する2つの大学ラグビー部、及び、日本リーグに所属する女子実業団バスケットボールチームの2チームに対して1980年、1990年の2年間にわたり外傷、障害の縦断的分析をおこない、健康管理の有効性を検討し、その具体的な予防策について提言した。

2. 2年間の研究成果のまとめ

1) ラグビーフットボールにおける傷害発生の縦断的分析ならびに継続的健康管理の有効性についての研究

T大学ラグビー部員延べ96名を対象とした。

シーズン中の受傷は71名、139件で、その部位は足関節、肩、大腿の順であり、おもな疾患は足関節捻挫33、肉離れ19、打撲18、骨折12などであり、

手術例は足関節亜脱臼、前十字靱帯損傷の各1例であった。

ポジション別ではバックスのほうが多く、受傷状況では試合中と練習中はほぼ同数であり、タックルをうけてが一番多く、ついでタックルしてであった。

傷害発生頻度は練習では2日に1件、試合中では4試合で1件であった。

シーズン中に同一部位を繰り返し受傷した選手は12.3%であった。

メディカルチェック時異常ありと答えたものは1989年秋シーズン前(72.5%)、1990年春(63.5%)、1990年秋(58.2%)と健康管理体制がととのうにつれて減少した。

競技復帰時期については、1週間以内が73件(52.5%)であり、膝内側副靱帯損傷は3週間以上かかり、足関節捻挫は1週間以内が半数いるが3週間以上かかる例がある。肉離れは3週間以内に82.4%が復帰しているが再発に不安をもちらながら練習を再開しているケースが多かった。

2) ラグビー選手におけるメディカルチェックとその後の経過

—W大学ラグビー部員について—

対象は149人(1年生36人、2年44人、3年37人、4年32人)、FW 67、BK 82であった。

既往歴では頸部外傷50例、33.6%、足関節捻挫40例、26.8%、膝靱帯損傷34例、22.8%、脳しつこう32例、21.5%、肉離れ21例、14.1%が主なものであった。

1990年3月のメディカルチェックでなんらかの所見が認められたものは118人(79.2%)であった。しかし、実際に休養、治療を要するものは9人、精査を必要とするものは3人であった。

その後、1991年までの間に発生した外傷、障害のうち3週間以上練習出来なかったもの、および、

1) 横浜港湾病院

脳しんとう、頸部外傷について調査した。

119例で54.4%の発生率であった。疾患では足関節捻挫23例、頸部外傷21例、脳しんとう18例、膝靭帯損傷14例、ハムストリング肉離れ11例などであった。

その発生時は春57例、49.6%、夏合宿36例、31.3%、秋22例、19.1%であった。

試合中が81例、70.4%を占めた。

受傷機転ではタックルにいって28例、タックルされて28例、スクラム2例、モール6例、ラック7例、ランニング24例、その他18例、不明2例であった。試合中スクラムの受傷は1例もなかった。

頸部損傷、肉離れ、足関節捻挫の発生率は、過去におなじ外傷の既往がある人の方が既往のない人より有意に高かった。

頸部損傷の発生には技術的な面が、肉離れにはコンディショニングによるものが多かった。これに比べ、膝、足関節捻挫などは不可抗力的な要素が多くかった。

3) 女子実業団バスケットボールの外傷、障害調査

2年間の調査対象となったのは39名である。このうち膝前十字靭帯損傷は7名にみられ、3名は入社後の受傷であり、4名は入社前に再建術を受けていた。

足関節捻挫は軽傷のものを含めるとほとんどの選手が数回は経験している。

3. 予防について

スポーツ外傷、障害の予防は必ずしも容易ではない。その発生には数多くの要因が関係しているが、そのなかでもメディカルチェックは重要な役割を占めている。

本研究ではスポーツ外傷、障害の疫学的調査を行った。その結果からメディカルチェックと具体的な予防との関連についての提言を述べる。

1. 現場に結び付いた健康管理体制が必要である。
2. シーズン中に発生したものについて、具体的に受傷機転、時期などを記録することは、原因の追及が明確となり、その後の予防に有効である。
3. 発生頻度を数値で表すことにより、選手、コーチが予防についての認識を高める。
4. ラグビーでは頸部損傷、足関節捻挫、ハムストリング肉離れなどは、再発の頻度が高い。これらにたいするメディカルチェックは予防上の効果がたかい。
5. 外傷、障害の復帰については適切な医学的な指示とともに、選手、指導者のスポーツ医学にたいする知識と協力が必要である。
6. バスケットでは膝前十字靭帯損傷と足関節捻挫が問題となるので、メディカルチェックに際してとくに注意をはらう。
7. スポーツ現場での初期治療の充実を図り、トレーナーと医師との連携が予防に重要なポイントとなる。

平成2年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.XI スポーツ選手を対象とするドーピング検査方法に関する研究

ペプチドホルモンを主体とするホルモンドーピングについて

—ドーピング検査としてのエリスロポエチンの測定方法—

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

平成2年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.XI スポーツ選手を対象とするドーピング検査方法 に関する研究

ペプチドホルモンを主体とするホルモンドーピングについて
—ドーピング検査としてのエリスロポエチンの測定方法—

報告者 株式会社 三菱油化ビーシーエル

研究班長 植木 真琴

研究主任 藤崎 誠

研究班員 栗本文彦、菱木順子、

高橋紋子、杉本栄司

はじめに

1990年4月にベオグラードで開催された国際オリンピック委員会（IOC）実行委員会において、ドーピング物質の分類とドーピングの方法に関する討議が行なわれ、新たにエリスロポエチン（EPO）を禁止薬物として追加することが承認された¹⁾。IOCでは正常スポーツ選手によるEPOの使用は血液ドーピングと同じ行為であるとの理由から禁止薬物とすることとした。またEPOが糖鎖を持つグリコペプチドであることから、ペプチドホルモンとその類似物質として分類されている。EPOは赤血球の分化産生を促進する因子であり、最近になって遺伝子組替えによって合成されたEPO（recombinant EPO：rEPO）の製剤が入手可能となった。

1878年にPaul Bertは、高山地帯で低酸素状態で暮らしているヒトの赤血球数が700～800万と平地で生活しているヒトに比べて増加していることを見出し、生活環境の酸素の濃度に応じて赤血球数を調節する機構がある事を報告している。スポーツ選手の高地トレーニングは、持久力などを向上させるためにこの効果を利用したものであると

いえる。その後、この様な調節機構が体液中の因子によるとの仮説の下にいくつかの実験が行なわれた。

1950年にReissmannらは、2匹のラットを外科的に縫合し一方のラットを7.6%の低酸素状態で飼育すると、通常大気で生活させた他方のラットにおいても骨髄中の赤芽球に過形成が認められるようになり、赤血球の生成が促進されることを見出した²⁾。この実験以後赤血球の生成が低酸素刺激によって直接促進されるのではなく、体液中に存在する因子による事を示唆する報告が相次いだ。いわゆる赤血球産生促進因子の純化に初めて成功したのは1977年のことで、宮家はフェノール処理によって蛋白分解酵素を不活性化した再生不良性貧血患者の尿から70,400U/mgの高単位EPOを得る事に25年を費やして成功した³⁾。この様にして純化されたEPOがLin、JacobsonらによってrEPO合成のクローニングに用いられ、さらにイムノアッセイによる高感度定量法の開発へと発展してきた。

低酸素刺激を受けた動物の腎にEPOのmRNAが存在することなどから、EPOが主として腎の近

位尿細管細胞で合成されるらしいことがわかって来ている。治療薬としての EPO の適用は腎疾患に起因する腎性貧血であり、輸血を必要とするようなヘマトクリット値25%以下の症例で、週3回の透析後に 500U/kg の EPO を投与すると輸血が不要となるなど、顕著な効果が認められている。また、副作用としては高血圧が報告されている。

EPO とドーピング検査についての報告としては Berglund が血液ドーピングの検出方法についての研究のなかで、その検出指標として有用であると報告している。すなわち、あらかじめ採血保存しておいた1350ml の血液を再輸血した前後では1日で62%もの血清中 EPO の減少が認められ、両者を比較する事によって血液ドーピングを行なっているか否か判定できるという⁴⁾。また次の2nd. IAF Symposium on Doping in Sport では Henry Mandin らが血液ドーピングの代用品として EPO が使われる可能性を示唆した⁵⁾。日本では世界に先駆けて EPO が治療薬として承認を受け、中外製薬やキリンなどからすでに入手可能となつたため、今回の研究報告では EPO の測定法の評価を行なうと共に、ドーピング検査として EPO の測定値を評

価する場合に配慮すべき種々の影響因子について検討した。

まず、ラジオイムノアッセイによる EPO 定量法の精度を評価し、その方法によって正常人血清中の EPO 測定値の分布を調べた。ついで各種血液疾患と EPO との関連を確認した。また総括として、ドーピング検査としての EPO 測定方法の問題と今後の課題について考察した。

測定方法

エリスロポエチン (EPO) の濃度は、三菱油化株式会社と中外製薬株式会社が共同で開発した測定キット “エリスロポエチン RIA「中外」” を用いて測定した。本測定法は二抗体法に基づくラジオイムノアッセイ (RIA) であり、図-1 は測定手順の概要を示す。血清または血漿に対して抗エリスロポエチン抗体を加えて試料中の EPO と反応させた後、トレーサーとしてヨウ化 EPO を加えて平衡化する。次いで第二抗体との反応により抗原-抗体複合体を沈殿させ、得られた沈殿の放射能から濃度を計算するものである。

¹²⁵I-EPO の γ -線の測定には、ARC1000型ガ

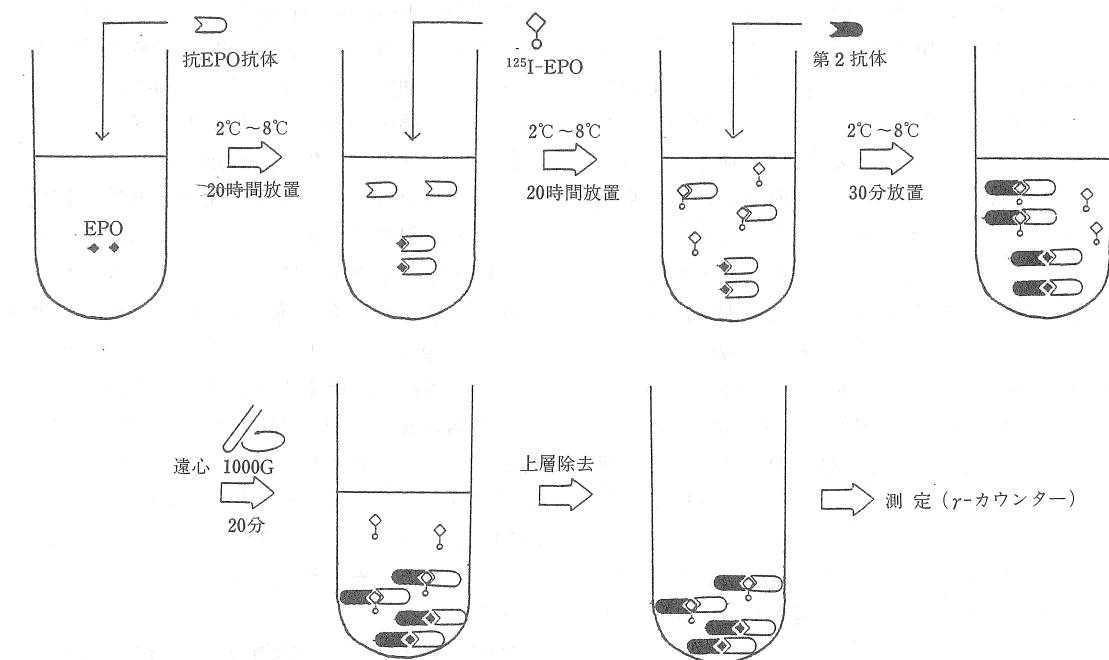


図1 ラジオイムノアッセイによる EPO の定量手順

ンマーカウンターを用い、アロカオートウェルガシマシステム（アロカ株式会社）にてデータ処理を行なった。

操作手順

- 1) 512 (mU/ml) の EPO 標準液を、添付の緩衝液で倍々希釈して 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4 の各濃度の検量線試料を作成する。
- 2) 検量線試料または測定試料各 100 μl に緩衝液 200 μl を加える。また、ゼロ濃度標準液は緩衝液のみ 300 μl を用いる。
- 3) 抗 EPO 抗体 100 μl を加え、摂氏 2 ~ 8 度で 20 時間静置する。
- 4) この反応混合液 400 μl 、または非特異的結合補正試料として緩衝液 400 μl に ^{125}I - EPO 100 μl を加え、摂氏 2 ~ 8 度で 20 時間静置する。
- 5) 第二抗体 500 μl を加えて摂氏 2 ~ 8 度で 30 分間静置し、第二抗体を反応させる。
- 6) 冷却遠心機 (1000 G, 20 分) で、生じた抗原 - 抗体複合体と遊離の抗原、抗体とを分離し、上清を吸引除去する。
- 7) ガンマーカウンターで残渣の放射能を測定し、そのカウント数から濃度を算出する。

検量線の作成

次式より結合放射能比 B/B_0 を求め、各標準液の濃度 (mU/ml) とその B/B_0 より検量線を作成した。

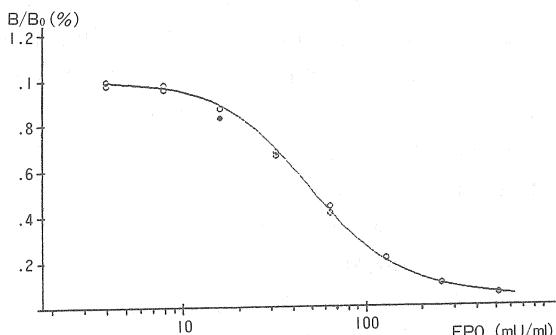


図 2 EPO 検量線の代表例

$$B/B_0 (\%) = \frac{\text{各試験管のカウント値} - \text{非特異的結合補正試料のカウント値}}{\text{ゼロ濃度標準液のカウント値} - \text{非特異的結合補正試料のカウント値}} \times 100$$

図 - 2 に代表的な検量線の例を示した。検量線は X 軸に濃度の対数、Y 軸に $B/B_0 (\%)$ をとって作成し、各試料の B/B_0 から試料中の EPO 濃度を算出した。

EPO 測定方法の評価

測定法の精度確認は WHO 方式⁶⁾によって実施した。

a. 検出感度の確認

検出限界下限値を決定するため種々の濃度の検体を二重測定し、各濃度における精度のプロファイルを WHO 法によりプロットした。その結果、50mU/ml 付近で最も良い精度が得られた（図 - 3）。検出限界下限値は“0 濃度と区別できる最小濃度”と定義されるが、以上の結果より検出限界下限値を 5.9mU/ml と定めた。

b. 日内変動と日差変動

任意に選んだ 3 種類の検体を用いて EPO 濃度を複数回測定し、日内変動と日差変動とともに求めた（表 - 1）。日内変動は EPO の平均濃度 21.4、56.8、74.9 (mU/ml) の時、それぞれ 5.45、2.43、4.25(%) また、日差変動は 24.3、36.2、74.7 (mU/

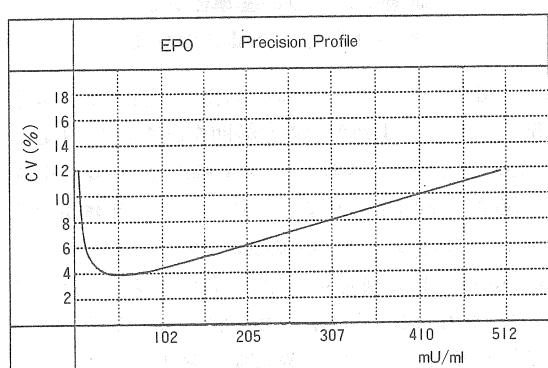


図 3 ラジオイムノアッセイによる EPO 定量法の精度プロファイル

ml) の時、それぞれ 11.1, 8.76, 6.98 (%) であった。図-3 同様、50mU/ml 付近で最も良い精度が得られた。

c. 希釈直線性

実検体を 2 ~ 32 倍の範囲で希釈測定し、希釈時の直線性を確認した。希釈後の濃度が検量線範囲、すなわち 5.9 ~ 512mU/ml の範囲では原点を通る良好な直線性を示し、希釈測定が可能であると判断した。

d. 共存物質の測定値に与える影響

血液試料中に含まれる尿素、クレアチニン、または鉄剤として投与される可能性がある鉄イオン（硫酸第一鉄）をそれぞれ添加し測定値に与える影響を調べたところ、予想される濃度範囲の添加量では有意差を認めなかった。

e. 検体採取条件の影響

抗凝固剤として、EDTA-2カリウム、EDTA-2ナトリウム、ヘパリンを添加して得た血漿を血清試料と比較した結果、ヘパリン血漿で若干高値の傾向を示したもの、ほぼ同様の結果が得られた。また溶血の影響も認められなかった。

以上の基礎的検討により EPO の測定精度を確認したので、以後実際の検体を用いて臨床的有用性について考察した。

血清中 EPO の基準値および ヘマトクリット値について

三菱油化ビーシーエルに勤務する従業員男女各 50 人について EPO の濃度範囲を調査した。年齢範囲は男性 24 歳 ~ 58 歳（平均年齢 36 歳）、女性 19 歳 ~ 56 歳（平均年齢 25 歳）全體では平均年齢 30 歳であった。得られた EPO 濃度について Smirunov-Grubbs の棄却検定を行ない、各データが全データの平均値に対して、有意差を持たなくなるまで異常者を棄却したのち、異常値の除去されたデータ群について分布型の評価を行なった。次いで、決定された測定値のヒストグラム（分布型）から基

表1 ラジオイムノアッセイによる EPO 定量の再現性

日内再現性 (mU/ml)

	試料 A	試料 B	試料 C
N	20	20	20
Mean	21.4	56.8	74.9
SD	1.16	1.38	3.19
CV (%)	5.45	2.43	4.25

日差再現性 (mU/ml)

	試料 D	試料 E	試料 F
N	10	10	10
Mean	24.3	36.2	74.7
SD	2.70	3.17	5.21
CV (%)	11.10	8.76	6.98

準値を求めた。

男子、女子、全データの各々についてのヒストグラムを図-4 の A. B. C. に示したが、いずれのヒストグラムも正規分布型であり性差は認められなかった。正規分布として算出した基準値は男性 8.9 ~ 34.5 (平均 21.7)、女性 8.5 ~ 31.3 (平均 19.9) 全体では 8.6 ~ 33.0 (平均 20.8) であり、基準値範囲についても男女差は認められなかった。検定の結果棄却されたデータは女子 1 例のみであった。次に、基準値調査対象群についてヘマトクリットとの相関関係を調べ図-5 の A. B. C. に示した。図は A. B. C. それぞれ男子、女子、全体の場合を示す。女性のヘマトクリット値が男性に比べて低値の傾向を示し、また EPO、ヘ

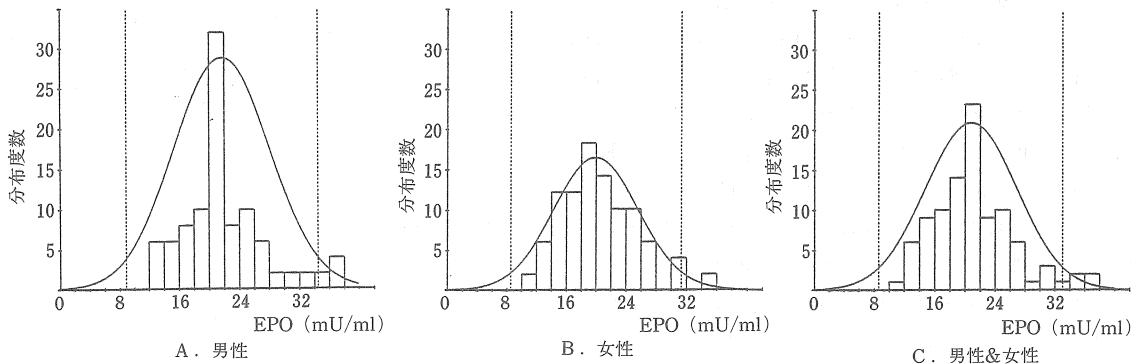


図4 健常者における血清中EPOのヒストグラム

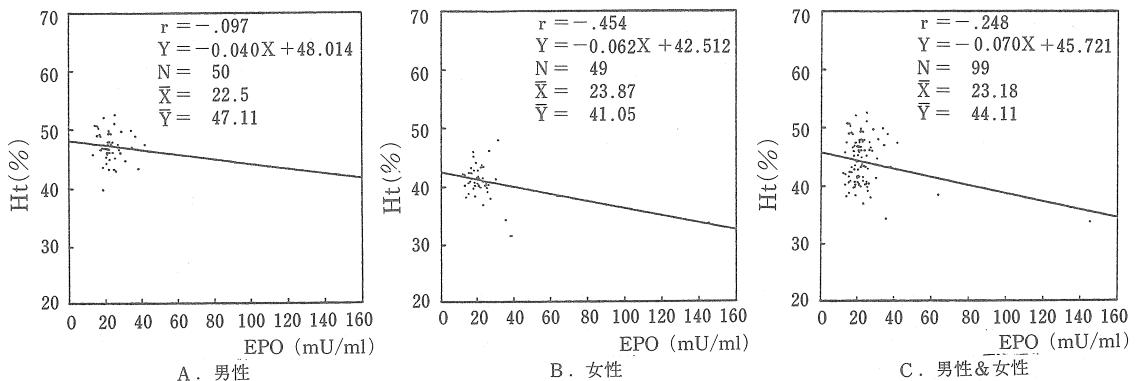


図5 基準値調査対象群におけるヘマトクリット値と血清中EPO量の相関

マトクリット値共比較的狭い範囲に分布しているが、図B、C. から明らかな様に女性群について、その他のデータから逸脱する傾向を持つものが數例認められた。うち1例はEPO基準値調査で棄却された例であった。そこで、棄却された女子職員1名について健康診断結果の追跡調査をおこなったところ、EPOが145mU/mlで異常高値、ヘマトクリット値（全血液容量に対する赤血球容量比）が33.7%と異常低値であった。同様の例が今回の母集団以外にも、通常勤務の女子職員について2例認められ、鉄欠乏性貧血の加療で鉄剤を服用中であった。今回の調査では男女間にEPOの有意差は認められなかつたが、成人若年女性の中には鉄欠乏性貧血によるEPO高値の例が数%程度含まれ、両者間に負の相関関係のある事が確認された。また、測定結果の評価に際してはこの様な女性の特殊性につき注意を要するものと思われた。

臨床例についての調査⁷⁾

基準値の調査でEPOと貧血との関連が示唆されたため、近畿大学医学部第三内科に通院または入院加療中の患者検体の供与を受け、濱崎らの協力によりEPOと臨床症状との関係を調査した。

EPOに影響を及ぼすと推測される各種血液疾患を中心として、EPOと赤血球数、白血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血小板数、血清鉄およびその他の一般生化学項目との測定値を比較検討した。高齢者貧血28例、慢性関節性リウマチ（リウマチ性貧血）9例、鉄欠乏性貧血15例、再生不良性貧血23例、骨髄異形成症候群12例、真性赤血球増加症9例、悪性リンパ腫36例、急性白血病42例のうち、再生不良性貧血では平均4042（標準偏差7379）、骨髄異形成症候群では同2340（4185）、急性白血病では同264（432）と、これら3症例でEPOの明らかな上昇が認められ、特に前二者にお

いては重篤な症例ほど EPO の著明な増加として観察された。特に、再生不良性貧血の同種骨髓移植施行例では骨髓の生着、造血の回復に伴って EPO が正常化するのが観察された。また、鉄欠乏性貧血では EPO 高値、真性赤血球増加症では低値傾向にあるが高齢者貧血、リウマチ性貧血、悪性リンパ腫では EPO との関係は認められなかった。これらの症例のうち、鉄欠乏性貧血、再生不良性貧血、骨髓異形成症候群、急性白血病では EPO とヘマトクリット値との負の相関関係が認められ、おおむね従来の報告と一致する結果が得られた。以上の結果より、EPO は老人性の貧血を除けば貧血状態を反映してヘマトクリットと負の相関関係を示し、また病的な赤血球増加状態では抑制される傾向にある事が確認された。

基準値対象群の例でも明らかなように、スポーツ選手を対象とするドーピング検査として EPO を考えた場合、ヘマトクリット値または赤血球数を反映して鋭敏に反応することが十分期待できる。すなわち、赤血球産生促進因子としてばかりでなく血液ドーピングの検出指標の一つとしても重要なことを確認した。

ドーピング検査としての EPO 定量

ペプチドホルモンの検査では一般に血清を検査材料とするが、ドーピング検査では尿を用いて検査が行なわれる。また採血の習慣がない国、あるいは宗教的な理由から採血に同意しない場合も予想され、血液を検査材料として用いたドーピング検査には問題を残している。さらに、大規模な国際スポーツ競技大会では検体受領後24時間以内の報告が条件となる場合が多い。現在では尿を用いた EPO の測定に対する評価が確定していないため、今回は血清を測定材料とする EPO の測定について赤血球量との関連から考察したが、測定には全行程で2~3日を要し、スクリーニングとして用いるためには測定時間の短縮が望まれる。確認分析については、IOC では質量分析計 (MS) による確認分析が、現時点で認められた唯一の確認分析方法であるとしており⁸⁾薬物の使用が疑われる場合には、検出された薬物の構造に関する裏付けが求められる。従って、構造確認が困難なペプチドホル

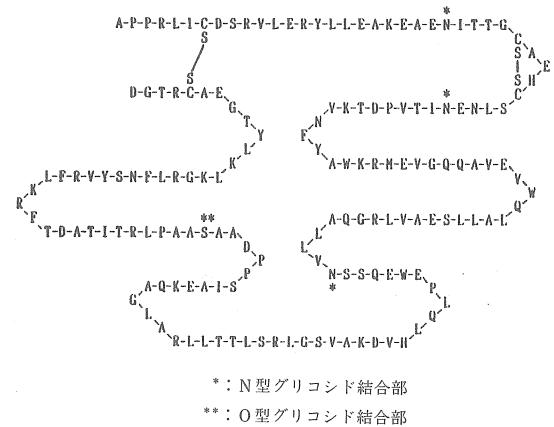


図 6 ヒト EPO のアミノ酸配列

糖鎖部分は合成方法によって若干異なり、それぞれ α -EPO、 β -EPO、 γ -EPO などと呼ばれている

モンに関しては分析結果だけで陽性であるか否かを判定するような基準は示されていない。

一般に尿、臓器などの生体試料を原料として製剤化されたペプチドホルモンをドーピングに用いた場合には内因性のそれとの区別が困難であり、そのことがドーピング物質として用いられる理由の一つに挙げられる。EPO 合成品には、大腸菌に EPO 遺伝子を組込んで合成された蛋白鎖に糖鎖を付加した部分合成品、チャイニーズハムスターの卵巣など、動物細胞を用いた遺伝子組替えによって合成された全合成品などが知られているが⁹⁾、合成品では製品により糖鎖部分の構造に若干違いがあるといわれ、内因性のそれと厳密に区別するためには糖鎖部分の違いを証明しなければならない。

(図-6) しかしながら、生体試料中に排泄されるペプチドホルモンの MS による確認方法は現在まだ確立されておらず、RIA 等の免疫学的手法による定量分析によって検査が行なわれている。すなわち、イムノアッセイによって濃度を測定し、その濃度が異常であるか否かを統計的に判断する必要がある。その際、判定基準として基準値 (正常者の EPO の濃度範囲) またはカットオフ値 (それ以上の濃度の検体を陽性と判定するための境界値) が予め設定されていなければならないが、IOC では禁止対象として掲げているペプチドホルモンについての判断基準は示していない。今後 IOC 認

定ドーピング検査機関で標準化された分析条件を確立する場合には非放射化分析の方が好ましいと思われるが、一部の国ではキットの入手が困難であり、また我が国においても外国製の測定キットを入手する場合には、あらかじめ厚生省から生物製剤の輸入許可をとる必要がある。そのため当面は各国の事情に合わせ必要に応じて測定が行なわれる見込みである。バルセロナオリンピックではEPOの測定を実施すべく準備中であり（私信）また我々の研究班でも尿を試料として用いたEPOの定量方法を開発中である。

尿中のEPO濃度に関しては報告により血清中濃度よりも高濃度であったとする報告と、逆に低濃度であるというデータとがあり、十分に評価が確定していないため、この点については今後の課題としたい。

通常勤務の女子社員のなかにも数%の鉄欠乏性貧血者が居ることが判明したことや、ヘマトクリット値による比較よりも鋭敏に貧血状態を検知できる可能性が示唆されたことから、血清EPOと女子選手の持続力との関係や、水泳選手または高地トレーニングなど、長時間酸素欠乏状態でトレーニングをおこなう競技とEPOの関係などを調査することにより興味ある結果が得られるものと期待される。

以後の研究では尿中のEPO測定の可能性、血液ドーピングとの関連性等について検討して行くこととしたい。

謝　　辞

本研究を実施するにあたり、臨床データの収集に御協力いただいた近畿大学医学部第三内科の濱崎浩之博士および堀内篤博士に深謝致します。

文　　献

- 1) IOC 医事委員会、IOC 発信 : Ref. No. LAB/76/90/rea
- 2) Kranz and Jacobson, Erythropoietin and the Regulation of Erythropoiesis. The University of Chicago Press, 1970
- 3) Miyake, T., Goldwasser, E., : Purification of human erythropoietin. : J. Biol. Chem., 252, 5558-5564, 1977
- 4) Bo Berglund, Can blood Doping be detected?, Official Proceedings of the 1st. International Athletic Foundation World Symposium on Doping in Sport in Florence, 10-12 May, 1987
- 5) Henry Mandin, Erythropoietin as possible substance for blood doping. Official Proceedings of the 2nd. IAF Symposium on Doping in Sport in Monte Carlo, 5-7 June 1989.
- 6) Whitehead, T.P. : Principles of quality control, WHO Publication, LAB/76. 1 : 1976.
- 7) RIA 法による血中エリスロポエチン濃度測定法の基礎的ならびに臨床的検討。 濱崎浩之、堀内篤、栗本文彦、桜井兵一郎。 医学と薬学、23巻5号、976-985、1990
- 8) IOC 医事委員会、スポーツにおけるドーピングに関するオリンピック憲章、検査機関の認定要件と試験実施上の遵守基準6.2.1-d
- 9) 平嶋邦猛、エリスロポエチンの基礎と臨床；臨床透析、4号1巻、105, 1988

平成2年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.XII スポーツ選手のATに関する研究

財団法人 日 本 体 育 協 会
ス ポ ー ツ 科 学 委 員 会

平成2年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No.XII スポーツ選手のATに関する研究—第6報—

—各種スポーツ選手のトレーニングにともなう 最大酸素摂取量並びにLTの変化について—

報 告 者 (財)日本体育協会スポーツ科学研究所

伊藤 静夫 黒田 善雄 塚越 克己
雨宮 輝也 金子 敬二 原 孝子

目 的

近年、持久的競技選手のあいだでも、従来の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ に加え、ATを定期的に測定し活用しようとする試みが増えてきている。しかし、測定されたATを評価する際、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ に比べれば比較対象資料が不足していることも否めない。とりわけ、一流スポーツ選手がトレーニングを継続する中でATがどのように変化するか、といった実態を表わす測定資料は極めて少ない。しかし、このような情報は、トレーニングとATの関係を明らかにする上で、あるいはATの測定値を評価・活用する上からも、貴重な参考資料になるものと思われる。

我々の研究所では1987年より、スポーツ選手の全身持久力の体力測定項目として、従来の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ に加え乳酸性作業閾値(Lactate Threshold, 以下 LT)を採用している。そこで本研究では、これまでの我々の研究所の測定結果から、スポーツ選手がトレーニングを継続して行く中で、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びに LT が実際にどの様に変化しているのものなのか、その実態について検討する。

方 法

1) 被験者

1987~1990年の間に我々の研究所で測定を受けた選手の中から、3カ月以上の間隔をおき2回以

表1 測定対象、測定期間(日)、測定回数の競技種目別内訳

種 目	n	平均測定期間		平均測定回数	
		X	SD	X	SD
[女子]					
中・長距離	5	554 ± 132.22		2.20 ± 0.44	
競歩	3	707 ± 355.40		3.00 ± 0.82	
カヌー	2	125 ± 0.00		2.00 ± 0.00	
バスケット	13	451 ± 98.87		3.15 ± 0.36	
スキー距離	2	251 ± 121.00		2.50 ± 0.50	
スピードスケート	6	522 ± 463.77		4.67 ± 2.21	
[男子]					
中・長距離	8	189 ± 84.00		2.00 ± 0.00	
競歩	11	596 ± 336.80		2.91 ± 1.08	
近代5種	9	622 ± 320.92		2.56 ± 0.50	
カヌー	2	125 ± 0.00		2.00 ± 0.00	
スキー距離	22	501 ± 310.51		3.55 ± 2.10	
スピードスケート	2	506 ± 228.50		2.00 ± 0.00	
ハーフマラソン	28	562 ± 307.79		3.21 ± 1.11	
合 計	113	508 ± 314.16		3.05 ± 1.41	

上 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びに LT の測定を受けたもので、しかも専門的な競技トレーニングを継続しており比較的競技レベルの高いものを抽出し、集計対象とした（表1）。

2) 運動負荷方法

運動負荷には、スピード・スケートで自転車エルゴメータ運動を採用しているが、その他はすべてトレッドミル運動を用いている。ただし、競歩ではトレッドミル競歩で測定した。

トレッドミル、自転車エルゴメータとともに、多段階（5～7）の速度漸増法で被験者をオールアウトまで追込み、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と LT を一回の運動負荷テストで測定している。各段階の運動時間は3分間である。トレッドミルの場合、傾斜を0度にし30～40m/min ずつ負荷を漸増して、少なくとも5段階まで実施し、最後に最大負荷として、最終段階の速度でトレッドミルの傾斜を1分毎に1度ずつ増加させ、オールアウトまで追い込んだ。ただし競歩では、傾斜0度の3分間負荷の状態でオールアウトに至らせている。スピードスケートの自転車エルゴメータでは、回転速度を80回転／分とし、運動時間は同じく3分間で漸増負荷している。

第1段階の負荷強度は、被験者の能力あるいは前回の測定結果を参考に決めるが、各被験者には概ね同一の測定方法を用いた。各負荷段階の間に耳朶から採血するため、1分間の立位安静となる。ただし、自転車エルゴメータでは安静をとらず、運動を継続したまま採血した。

3) 測定項目

各負荷段階の後半1分間について、ダグラスバッケで呼気を採氣し、オーバル社製ガス流量計（GASOVAL, MODEL GAL55）で換気量を計測し、呼気中の O_2 、 CO_2 分圧をウエストロン社製呼気分析用質量分析計（WSMR1400）で計測し、酸素摂取量を求めた。血中乳酸は、各負荷段階の運動終了直後に耳朶から $20\mu l$ 採血し、島津製作所製生化学分析装置 CL760 で分析した。

4) LT の判定

LT の判定基準については種々の方法が報告されているが、本研究所では一貫して血中乳酸濃度2mmol/l 及び4mmol/l を判定基準に採用してきた。LT 判定の詳細は前報を参照されたい⁶⁾。

結 果

1) 測定対象

本研究の集計対象として、我々の研究所で3カ月以上にわたって2回以上測定を受け、比較的競技レベルの高いスポーツ選手を選んだ。その結果、表1に示す通り、女子6種目31人、男子7種目82人、合計113人が集計対象となった。彼らが初めて測定を受けた日から最終の測定期日までの間隔は、最も長いもので1391日（3.8年）、最も短いもので99日（3.3カ月）であり、被験者一人当たり平均508±314日（1.4年）であった。各被験者はこの間に2回以上の測定を受けているが、測定回数で最も頻度の多かったものは2回の測定を受けたもので、その頻度は全被験者の44%に相当する50人である。また最も多い測定回数は、10回（1人）であった。

2) $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と LT の測定結果

以上の測定値から、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と LT の種目別の平均値を算出したのが表2である。ただし、測定回数が被験者によって異なるため、各被験者の平均値を一資料として集計した。

$\dot{V}O_{2\text{max}}$ では、男子82人の平均値が 66.1 ± 4.72 ml/kg/min、女子31人の平均値が 53.9 ± 5.01 ml/kg/min であった。また種目別にみると、比較的高い $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の種目が選ばれている。男子では、カヌー（1人）を除くと、全て 60 ml/kg/min を上回り、女子でも同じくカヌーを除けば 50 ml/kg/min を上回る。

運動負荷で示す LT 値（走行スピード； V-LT）では、自転車エルゴメータで測定したスケートを除外すると、男子80人の平均値が V-LT2mmol で 250 ± 40 m/min、V-LT4mmol/l で 300 ± 45 m/min、女子25人の平均値が V-LT2mmol で 200 ± 47 m/min、V-LT4mmol/l で 240 ± 45 m/min であった。

$\dot{V}O_2$ で示した LT 値では、男子82人の平均値が $\dot{V}O_2$ -LT2mmol で 49.2 ± 5.7 ml/kg/min、V-LT4

mmol/l で 57.8 ± 5.2 ml/kg/min, 女子31人の平均値が V-LT2mmol で 40.0 ± 6.3 ml/kg/min, V-LT4mmol/l で 47.6 ± 5.51 ml/kg/min であった。

3) $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と LT の変動量

次に, $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と LT の変動量に着目する。はじめに, 各被験者の測定期間中の変動幅 (範囲; 最高値 - 最低値, 以下 R: $\dot{V}O_{2\text{max}}$ あるいは R:LT) を求め, その種目別平均値を集計した (表 3)。

R: $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の全被験者の平均は, 4.2 ± 3.1 ml/kg/min (n=113) であった。また, 各被験者の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の平均値に対する R: $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の比率を求めるとき, 全被験者の平均は $6.6 \pm 4.9\%$ になった。本被験者の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ は, トレーニング継続中におよそ土

3 %の幅で変動していることになる。

運動負荷で示す LT 値では, 運動負荷様式の異なるスケートを除くと, 被験者105人の平均値が R:V-LT2mmol/l で 24.7 ± 17.7 m/min, R:V-LT4mmol/l で 17.5 ± 12.3 m/min となった。 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 同様, 各被験者の平均値に対する比率を求めるとき, 前者が $11.8 \pm 9.4\%$, 後者が $7.2 \pm 6.2\%$ であった。 $\dot{V}O_{2\text{-LT}}$ 値では, 全被験者113人の平均値が, R: $\dot{V}O_{2\text{-LT2}}$ mmol/l で 5.7 ± 3.9 ml/kg/min, R: $\dot{V}O_{2\text{-LT4}}$ mmol/l で 4.7 ± 3.6 ml/kg/min であり, 各被験者の平均値に対する比率は前者が $12.6 \pm 9.0\%$, 後者が $8.7 \pm 7.0\%$ であった。

以上, $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びに LT の変動幅を比較すると, $\dot{V}O_{2\text{max}}$ より LT の方が大きく, また LT の

表 2 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 及び LT の競技種目別平均値土標準偏差 (各被験者の平均値を競技種目毎に集計)

種目	n	$\dot{V}O_{2\text{max}}$ (ml/kg/min)	LT2mM (m/min)	LT4mM (m/min)	LT2mM (ml/kg/min)	LT4mM (ml/kg/min)
[女子]						
中・長距離	5	61.28 ± 3.01	275.78 ± 9.29	307.52 ± 10.42	49.71 ± 3.81	56.41 ± 4.61
競歩	3	54.46 ± 0.84	179.09 ± 9.25	197.19 ± 6.21	42.24 ± 2.15	48.02 ± 1.04
カヌー	2	44.05 ± 0.40	173.82 ± 7.66	211.12 ± 0.13	33.09 ± 0.01	39.86 ± 1.58
バスケット	13	52.07 ± 3.43	202.86 ± 28.39	248.07 ± 17.26	38.97 ± 4.54	46.95 ± 3.18
スキー距離	2	57.04 ± 1.10	230.01 ± 11.12	263.55 ± 3.57	44.10 ± 1.82	50.69 ± 0.53
スピードスケート	6	54.79 ± 4.01	142.91 ± 17.99	187.09 ± 19.57	34.03 ± 1.29	43.38 ± 2.60
女子合計	31	53.93 ± 5.10	214.44 ± 39.81 *	252.13 ± 36.22 *	40.00 ± 6.28	47.60 ± 5.52
[男子]						
中・長距離	8	69.84 ± 5.54	296.42 ± 28.43	331.68 ± 21.66	56.25 ± 7.40	63.37 ± 6.73
競歩	11	60.86 ± 2.67	187.56 ± 12.97	209.25 ± 15.28	45.35 ± 3.35	52.64 ± 3.76
近代5種	9	63.84 ± 4.73	261.13 ± 15.51	299.53 ± 14.32	49.50 ± 2.73	56.85 ± 3.60
カヌー	2	55.05 ± 1.75	157.52 ± 2.82	217.31 ± 8.69	33.93 ± 0.47	45.78 ± 0.22
スキー距離	22	67.79 ± 3.11	256.69 ± 19.56	304.03 ± 15.84	49.82 ± 3.75	59.38 ± 3.02
スピードスケート	2	61.53 ± 2.67	180.39 ± 17.80	231.87 ± 1.89	37.01 ± 2.87	46.54 ± 0.22
ハーフマラソン	28	67.62 ± 2.60	260.52 ± 21.63	303.61 ± 16.07	50.00 ± 3.76	58.84 ± 2.99
男子合計	82	62.14 ± 4.72	250.59 ± 37.84 +	290.99 ± 40.02 +	49.19 ± 5.70	57.77 ± 5.25

備考 * スケートを除く女子の合計 (n=25)
+ スケートを除く男子の合計 (n=80)

表 3 各被験者の測定期間中の変動幅 (最高値 - 最低値) の競技種目別平均値土標準偏差

種目	n	R: $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (ml/kg/min)	R:LT2mM (m/min)	R:LT4mM (m/min)	R:LT2mM (ml/kg/min)	R:LT4mM (ml/kg/min)
[女子]						
中・長距離	5	4.41 ± 3.55	16.54 ± 8.34	17.96 ± 6.44	6.26 ± 3.28	7.38 ± 4.40
競歩	3	8.87 ± 4.17	23.46 ± 16.25	20.10 ± 14.31	10.47 ± 7.82	9.45 ± 6.03
カヌー	2	0.60 ± 0.50	11.22 ± 1.10	14.55 ± 7.96	0.76 ± 0.31	1.44 ± 1.21
バスケット	13	3.90 ± 2.18	32.70 ± 18.01	21.56 ± 10.67	5.86 ± 2.92	4.00 ± 1.92
スキー距離	2	0.91 ± 0.01	26.27 ± 15.55	22.75 ± 10.08	2.85 ± 0.01	4.61 ± 1.58
スピードスケート	6	4.78 ± 3.96	36.30 ± 20.55	31.22 ± 21.65	5.20 ± 3.39	4.39 ± 3.98
[男子]						
中・長距離	8	3.15 ± 1.20	15.28 ± 10.85	11.67 ± 6.18	2.87 ± 1.95	1.62 ± 1.25
競歩	11	3.19 ± 2.70	21.37 ± 14.90	18.60 ± 15.91	5.80 ± 4.03	5.61 ± 3.85
近代5種	9	3.27 ± 1.94	19.30 ± 6.62	13.63 ± 5.98	4.68 ± 2.71	3.89 ± 2.30
カヌー	2	1.60 ± 1.60	6.89 ± 5.87	3.60 ± 0.65	3.49 ± 2.23	1.23 ± 0.04
スキー距離	22	4.80 ± 3.31	28.10 ± 20.03	17.29 ± 13.26	6.38 ± 4.17	5.12 ± 3.50
スピードスケート	2	1.35 ± 0.35	38.36 ± 5.32	29.50 ± 13.29	8.32 ± 3.50	6.85 ± 4.97
ハーフマラソン	28	4.45 ± 3.27	24.90 ± 19.96	17.43 ± 13.49	5.56 ± 3.81	4.37 ± 3.44
合計	113	4.16 ± 3.06	25.84 ± 17.93	18.74 ± 13.54	5.70 ± 3.87	4.69 ± 3.59

表4 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 及び LT の変化量の競技種目別平均値±標準偏差
(各被験者の2回目以降の測定値とその前回測定値との差を集計)

種目	n	$\Delta \dot{V}O_{2\text{max}}$ (ml/kg/min)	ΔLT2mM (m/min)	ΔLT4mM (m/min)	ΔLT2mM (ml/kg/min)	ΔLT4mM (ml/kg/min)
[女子]						
中・長距離	6	-2.09 ± 4.57	-0.41 ± 17.41	-2.74 ± 17.27	-1.71 ± 5.98	-2.95 ± 6.94
競歩	6	2.63 ± 8.41	8.36 ± 20.47	7.16 ± 19.30	4.05 ± 9.56	3.64 ± 8.71
カヌー	2	-0.50 ± 0.60	11.22 ± 1.10	14.55 ± 7.96	-0.31 ± 0.76	1.21 ± 1.44
バスケット	30	0.73 ± 2.84	6.73 ± 25.58	3.81 ± 17.66	1.50 ± 4.00	0.68 ± 3.15
スキーリー	3	0.61 ± 0.36	17.51 ± 17.19	15.17 ± 12.67	1.90 ± 0.80	3.07 ± 2.29
スキー・トマット	22	-0.54 ± 3.18	6.97 ± 23.91	2.19 ± 21.12	0.68 ± 4.05	-0.25 ± 3.33
[男子]						
中・長距離	8	-0.38 ± 3.35	10.59 ± 15.47	5.18 ± 12.14	1.55 ± 3.11	0.28 ± 2.02
競歩	21	0.06 ± 2.61	8.30 ± 16.28	8.21 ± 14.32	2.08 ± 4.73	1.95 ± 4.46
近代5種	14	0.52 ± 3.13	6.77 ± 14.16	1.65 ± 11.21	2.00 ± 3.45	1.01 ± 3.60
カヌー	2	-1.60 ± 1.60	-6.89 ± 5.87	3.60 ± 0.65	-3.49 ± 2.23	-1.23 ± 0.04
スキーリー	56	0.65 ± 4.41	4.60 ± 21.31	1.71 ± 17.15	0.80 ± 5.13	0.48 ± 4.80
スキー・トマット	2	-1.35 ± 0.35	-5.32 ± 38.36	-13.29 ± 29.50	-3.50 ± 8.32	-5.00 ± 6.85
バーチャロイ	62	0.79 ± 3.65	3.87 ± 20.78	-0.14 ± 15.72	0.85 ± 4.45	0.38 ± 3.84
合計	234	0.42 ± 3.83	5.57 ± 21.17	2.43 ± 16.97	1.05 ± 4.81	0.54 ± 4.39

中では4mmol/lより2mmol/lのLTの方が変動幅が大きかった。 $\dot{V}O_{2\text{-LT2mM}}$ では、およそ±6%の範囲で変動していることになる。

次に、測定ごとの $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の変化量(以下、 $\Delta \dot{V}O_{2\text{max}}$)とLTの変化量(以下、 ΔLT)について検討した。すなわち、各被験者の2回目以降の測定値とその前の測定値との差を変化量として集計し、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とLTの関係をみた。なお、被験者によって測定回数が異なり、3回以上測定を継続したものについても、3回以降の測定値を集計対象に含めた。その結果、延べ234対(測定間隔は平均250±180日)の測定例が得られた(表4)。 $\Delta \dot{V}O_{2\text{max}}$ および $\Delta \dot{V}O_{2\text{-LT4mM}}$ では顕著な変化はみられなかった。一方、 $\Delta \dot{V}O_{2\text{-LT2mM}}$ では1.05ml/kg/min、3.1%の有意な増加が認められた(対応のあるT-検定)。

また、 $\Delta \dot{V}O_{2\text{max}}$ と ΔLT との相関関係を見ると(図1)、両者の間には有意な相関関係が認められたが、 $\Delta V\text{-LT}$ より $\Delta \dot{V}O_{2\text{-LT}}$ で、また2mmol/lより4mmol/lの ΔLT で、より高い相関関係がみられた。例えば、 $\Delta \dot{V}O_{2\text{-LT4mM}}$ の場合では $\Delta \dot{V}O_{2\text{max}}$ との相関係数は $r=0.670$ ($P<.01$)であるが、 $\Delta V\text{-LT2mM}$ になると相関係数は $r=0.294$ ($P<.01$)と低くなつた。なお、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 、LTの絶対値および各被験者の変動幅に関して、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とLTの相関関係をみても、同様の傾向が観察された。

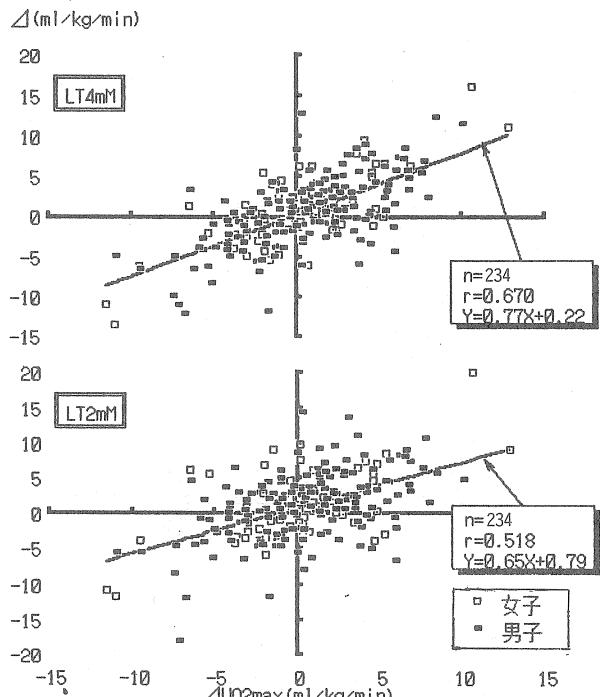


図1 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の変化量とLTの変化量の関係

4) 冬季競技の特徴

冬季競技種目では、測定時期によって測定値の変化に一定の特徴が観察された。

図2は、某スキーカラブに所属する3人のスキーリー選手について、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と $\dot{V}O_{2\text{-LT}}$ の測定ごとの変遷を図示したものである。このカラブでは、夏トレーニングの効果を評価する目的から

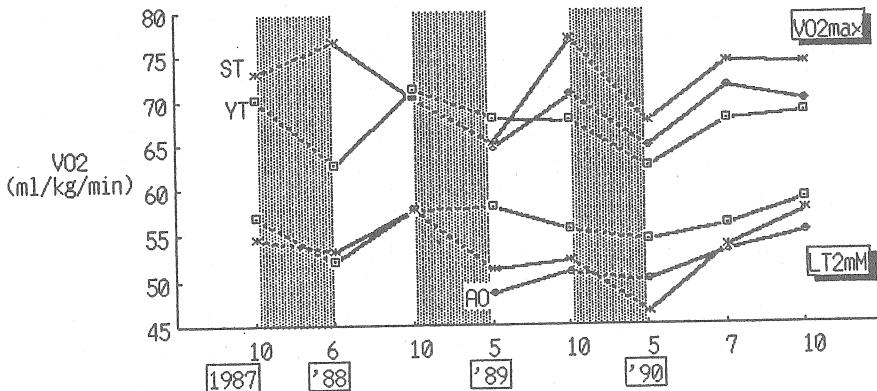


図2 スキー距離選手の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とLTのシーズンによる変動

夏トレーニングの前後で、定期的に測定を継続している。図2から、シーズン終了後の春季測定では、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とLTの測定値が低下し、夏トレーニングを積んだのちの秋季測定では、再び増加している例の多いことがわかる。

一般に冬季競技では、シーズン制が明確に区分されるところから、年間のトレーニング周期も類似しており、夏トレーニングを評価するという目的のために、春季と秋季のほぼ同時期体力測定の実施している種目が多い。

図4は、同じ年に春季と秋季の両方で測定を受けた被験者について、種目別に集計し、春季、秋季両測定値を比較したものである（対応のあるT-検定）。

3競技種目は、三者三様の変化を示している。まず距離スキーでは、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 、LTともに夏トレーニングによって有意に増加している。これと対照的に、スピード・スケートでは $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 、LTのいずれにも顕著な変化がみられない。バイアスロンはこの中間的変化を示し、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ が有意に増加したが、LTでは顕著な差がない。すなわち、持久的競技ほど、あるいは $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とLTの高い種目ほど、夏トレーニングの効果が明瞭にみられた。

考 察

1) 競技トレーニングにともなう $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とLTの変化

$\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びにLTに対するトレーニング効果を比較した実験は、主に日常競技的なトレーニン

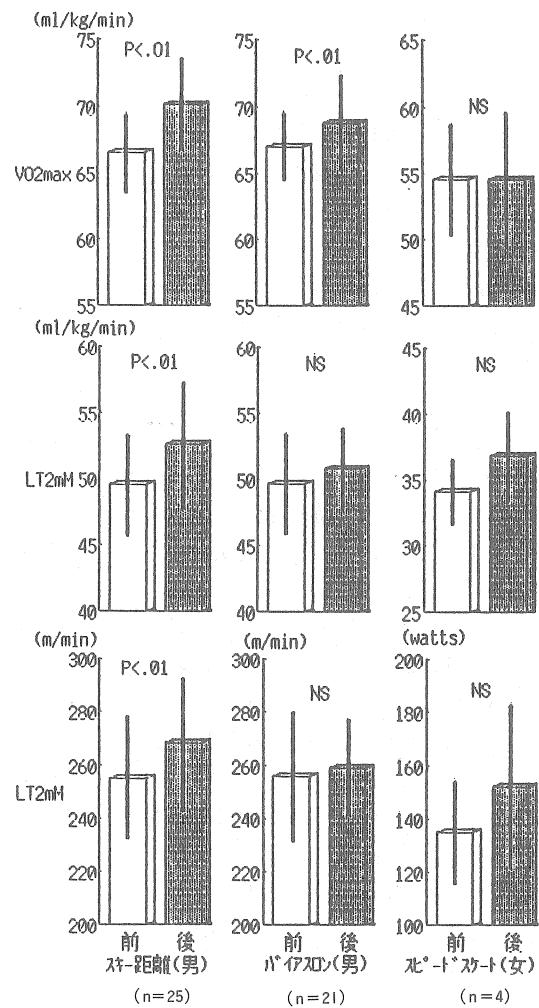


図3 スキー距離(男子)、バイアスロン(男子)、スケート(女子)選手の夏トレーニング前後の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ とLTの平均値±SDの比較

グを実施していない非鍛錬者を対象に行われているものが多い。Hurley ら (1984) は、8人の非鍛錬者が12週間トレーニングを続けたとき、 $\dot{V}O_2\text{max}$ は26%増加し、 $\dot{V}O_2\text{-LT}2.5\text{mmol/l}$ は39%増加した、と報告している。Gaesser と Poole (1986) は、非鍛錬者6人を対象に70~80% $\dot{V}O_2\text{max}$ で30分間、週6日の頻度で3週間トレーニングしたところ、 $\dot{V}O_2\text{max}$ は11.1%増加したのに対して、LTは29.3%の増加であった。Casaburi ら (1987) も、10人の若い非鍛錬者を対象に、1日45分間、週5日の頻度で8週間トレーニングを行わせ、 $\dot{V}O_2\text{max}$ が15%増加したのに対して、AT (ml/kg/min) は38%の増加であった、と報告している。Denis ら (1988) が9人の医学生を対象に、70~80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 強度で1日30分間、週4日の頻度で20週間トレーニングを継続させたとき、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の18.0%増加に対し、AeT が32%，AnT が24%増加した。Davis ら (1979) らは、日常非活動的な中高年男性9人を対象にトレーニング実験を行っているが、1日45分間、週4.1の頻度で9週間続けたところ、 $\dot{V}O_2\text{max}$ (l/min) は25%増加したのに対し、AT (l/min) は44%増加したという。

非鍛錬者を対象とするこれまでの報告結果をまとめると、 $\dot{V}O_2\text{max}$ と LTへのトレーニング効果は前者が10~25%，後者が30~40%増加することが見込まれる。ここで特に注目されるのは、 $\dot{V}O_2\text{max}$ より LTへのトレーニング効果がより大きいということである。

一方、競技者を対象にした実験結果は比較的少ないが、Tanaka ら (1986) は長距離ランナーについて、競技成績の変化が、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の変化より LT の変化により密接に関連することを報告し、Sjodin ら (1982) も長距離ランナーの $\dot{V}O_2\text{max}$ が変わらないときも、OBLA (4mmol/l 乳酸閾値) が向上していることを観察している。両研究の対象は、いわば平均的水準の競技選手が対象であったが、ここでもやはり $\dot{V}O_2\text{max}$ より ATの方がトレーニング効果をより鮮明に反映している傾向がうかがわれる。

一流競技選手のトレーニング継続中の $\dot{V}O_2\text{max}$ と AT を追跡測定した報告例は少ないが、Martin ら (1986) は、アメリカのオリンピック代表であ

る長距離ランナーを対象に、追跡測定した結果を報告している。オリンピックへ向けての2年間ににおけるトレーニング期間中、 $\dot{V}O_2\text{max}$ では有意な変化はみられず、増加したもの6例(平均4.6%)、低下したもの4例(平均4.4%)であった。これに対し AT (% $\dot{V}O_2\text{max}$) では、5.6%の有意な増加を示した。このとき、競技成績も向上したという。本研究結果から、一流競技選手においても、トレーニング効果は $\dot{V}O_2\text{max}$ より AT に現れやすいことを示唆している。ただし、残念ながら、本報告例では AT 表示が % $\dot{V}O_2\text{max}$ に限られ、走スピードあるいは $\dot{V}O_2$ に関する値は記載されていない。

以上、従来の報告例から、ATへのトレーニング効果は $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上に大きいと考えられるが、本研究結果もこれを支持するものであった。すなわち234対の測定例が得られたうち、 $\dot{V}O_2\text{max}$ および $\dot{V}O_2\text{-LT}4\text{mmol/l}$ は顕著な変化を示さなかったのに対し、 $\dot{V}O_2\text{-LT}2\text{mmol/l}$ は有意に増加していた。

また、測定期間中の各被験者の測定値の変動幅でも、 $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\pm 3\%$)、 $\dot{V}O_2\text{-LT}4\text{mmol/l}$ ($\pm 4\%$) より、 $\dot{V}O_2\text{-LT}2\text{mmol/l}$ ($\pm 6\%$) の方が大きくなっていた。LT の変動で、LT-2mmol/l の方が LT-4mmol/l より変化率が大きかったことについて、Denis ら (1988) も同様の傾向を観察している。彼らの結果では、AnT (血中乳酸4mmol/l) より AeT (安静水準から血中乳酸が1mmol/l 上昇した点) でよりトレーニング効果が大きかった。

さらに本研究結果では、 $\dot{V}O_2\text{max}$ と LTとの相関関係で、絶対値、トレーニングにともなう変化量、各選手の変動幅と、いずれについても有意な相関関係にあったが、とくに LT-4mmol/l より LT-2mmol/l で $\dot{V}O_2\text{max}$ との相関係数がより低くなっていることは興味深い。

$\dot{V}O_2\text{max}$ と AT はともに有酸素性作業能の有力な指標であり、我々のこれまでの研究結果からも両者は密接に関連していることが明らかにされた⁶⁾。他方、両者は異なる生理学的背景を反映しているとも言われ、本研究結果及び従来の研究結果から判断すると、鍛錬者であれ非鍛錬者であれ、AT が $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上にトレーニング効果を鋭敏に反映し得る可能性も示唆されるところである。そして、おなじ AT (LT) でも乳酸水準の低い閾値(本研

究では LT-2mmol/l) の方に、よりその傾向が強いと推察される。

このように、LT、ことに乳酸水準の低い閾値が $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と異なる生理的機能を反映している可能性があるところから、持久的スポーツ選手がトレーニング効果を評価する目的で体力測定を活用しようとする場合、両者を併用することがより効果的であると考えられる。また、先の Gaesser と Poole の実験では、LT と VT のトレーニング効果を比較しているが、トレーニングで LT が有意に増加したのに対し、VT に増加がみられなかった。同様の結果は、Thomas ら (1985) の実験にもみられる。これらの結果から判断する限り、スポーツ選手がトレーニング効果の評価に AT を活用するという場合、LT がより推奨されることになる。

2) トレーニング効果を判定する尺度としての $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と AT

冬季種目の選手は体力測定に関して比較的関心が高いようである。冬季競技種目ではシーズン制が明確に区分されており、それにともないトレーニング内容も顕著に変化する。そのため、シーズンの変わり目で体力の状況を把握したり、トレーニング効果を適宜評価しておく必要があるからだろう。

本研究においても、冬季種目の選手のなかに、測定値に一定傾向の変動周期がみられ、注目された。すなわち、冬季種目では冬の試合シーズンが終了すると、多くの選手は 1 カ月前後の休養期間をおくが、この時期に有酸素性作業能は著しく減少している例が認められた。その後、夏季トレーニングを経て、再び冬の試合シーズンに望むが、この夏季トレーニングによって $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びに LT 値が再び増加していたのである。

またこの傾向には、種目による違いも観察された。距離スキー、バイアスロン、スケートの 3 種目で比較したところ、距離スキーで特に顕著にみられ、夏季トレーニングで $\dot{V}O_{2\text{max}}$ を 5.4%、 $\dot{V}O_2 - LT$ 2mmol/l を 6.0% 増加させていた。

Astrand と Rondahl (1970) も、同じく距離スキー選手について類似した傾向を観察している。オリンピック・メダリストである一流スキー距離

選手について、一定の亞最大運動を課したときの心拍数を数年間にわたり継続測定した結果、やはり夏季トレーニングを進める過程で、心拍数が漸次低下して、全身持久性の向上して行く傾向が観察されている。

一方、本研究で対象となったスケート選手も 2 ~ 4 年間にわたり測定継続しているが、スキードライブ選手と同様、シーズン終了後に休養期間をおいた後、夏季トレーニングを実施している。しかし $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 、LT 値とともに平均値としては夏季トレーニングによる顕著な増加が観察されていない。この違いは、個々の選手の体調などが複雑に関与し、一義的には判断できないであろうが、夏季トレーニングそのものの質的、あるいは量的な違いを反映していることも、十分考えられよう。

スケート選手では有酸素的作業能だけでなく、無酸素的作業能、スピード、パワーといった総合的な体力が要求され、したがってそのトレーニングにも多様な内容が盛り込まれることになるだろう。従って、トレーニング効果でのかたも個人によって異なり、平均値としては相殺され、顕著な差にならなかったとも考えられよう。

一方、距離スキーでは、夏季トレーニングは全身持久力を向上させることが主目的になっており、その効果がそのまま平均値の増加に表れたと思われる。加えて、春季のトレーニング休止ならびに夏季のトレーニング再開という、いわばトレーニング刺激の大幅な格差の影響が、高い有酸素性作業能を有しているだけに、平均値に如実に出たとも考えられる。

本研究では、トレーニング内容に関する資料がない。トレーニング内容と $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びに AT の変化との関係を詳細に分析して行くことが、今後の研究課題である。このことが明らかにされればじめて、 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ や AT といった体力測定の結果がトレーニング効果の判定や、トレーニング処方に結び付いてくるものと考えられる。

ま と め

1. 男子 7 種目 82 人、女子 6 種目 31 人、合計 113 人の比較的競技レベルの高いスポーツ選手を対象に、トレーニングにともなう $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びに LT

の変化について検討した。

2. 延べ231×2回の測定例において(測定間隔は平均250±180日), $\dot{V}O_{2\text{max}}$ および $\dot{V}O_{2\text{-LT4}}$ mmol/l はトレーニング期間中顕著な変化をみせなかつたが, $\dot{V}O_{2\text{-LT2}}$ mmol/l は有意に増加した(1.05 ± 4.81 ml/kg/min, 3.11%, $P < 0.01$)。また, 各被験者の測定値の変動幅でも, $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ($\pm 3\%$) $\dot{V}O_{2\text{-LT4}}$ mmol/l ($\pm 4\%$) より $\dot{V}O_{2\text{-LT2}}$ mmol/l ($\pm 6\%$) が大きかった。
3. $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と LT の変化量は密接に関連し, $\dot{V}O_{2\text{-LT}}$, V-LT のいずれにも有意な相関関係が認められた。また, V-LT より $\dot{V}O_{2\text{-LT}}$ で, 2mmol/l より 4mmol/l の LT でより高い相関係数が得られた。 $\dot{V}O_{2\text{-LT2}}$ mmol/l と $\dot{V}O_{2\text{-LT4}}$ mmol/l では, 前者が $r = 0.294$ に対し, 後者は $r = 0.67$ であった。
4. 以上の結果から, LT は $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 以上にトレーニング効果を鮮明に反映し得る可能性が示唆された。また $\dot{V}O_{2\text{max}}$ と LT, 特に乳酸水準の低い閾値とは異なる生理的機能を反映することが考えられ, 両者を併用して活用することがより効果的と考えられた。
5. 冬季競技では, 測定時期によって測定値に一定の変化傾向が観察された。試合シーズン終了後の春に測定値が低下, 夏季トレーニング後の秋に再び増加する傾向を示した。また, この傾向は距離スキーで特に顕著にみられた。こうした種目による違いは, 夏季トレーニングの質的, 量的違いを反映しているものと推察された。トレーニング内容と $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 並びに AT の変化との関係を詳細に分析して行くことが今後の研究課題である。

文 献

- 1) Astrstrand PO and K Rodahl (1977) : Textbook of work physiology. McGraw Hill. New York
- 2) Casaburi R et al (1987) : Effect of endurance training on possible determinants of $\dot{V}O_2$ during heavy exercise. J Appl Physiol 62(1) : p199–207
- 3) Davis JA et al (1979) : Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. J Appl Physiol 46(6) : p1039–1046
- 4) Gaesser GA & DC Poole (1986) : Lactate and ventilatory thresholds : disparity in time course of adaptation to training. J Appl Physiol 61(3) : p999–1004
- 5) Hurley BF et al (1984) : Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. J Appl Physiol 56 (5) : p1260–1264
- 6) 伊藤静夫ほか(1989) : スポーツ選手の AT に関する研究—第5報 各種スポーツ選手の LT について一. 平成元年度日本体育協会スポーツ医・科学研報告
- 7) Martin DE et al (1986) : Physiological changes in elite male distance runners training. Physician and Sport Med 14 (1) Jan 86 : p152–167
- 8) Sjodin B et al (1982) : Changes in the onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. Eur J Appl Physiol 49 : p45–57
- 9) Thomas SG et al (1985) : Exercise training and "ventilation threshold" in elderly. J Appl Physiol 59 (5) : p1472–1476

平成 2 年度 財団法人日本体育協会
スポーツ科学専門委員会

委員長 長沼 健 (東海大学)
委 員 浅見 俊雄 (東京大学)
〃 大山 喬史 (東京医科歯科大学)
〃 小野 秀夫 (道議会議員)
〃 加賀 秀夫 (お茶の水女子大学)
〃 嘉戸 働 (東京学芸大学)
〃 川原 貴 (東京大学)
〃 北田 韶彦 (日本体育大学)
〃 武安 義光 (科学技術庁)
〃 原 整郎 (イビデン)
〃 本宿 尚 (藤田総合病院)
〃 馬飼野正治 (日本体育会)
〃 村田 光範 (東京女子医科大学)

財団法人 日本体育協会 スポーツ科学研究所

塙越 克己 金子 敬二
雨宮 輝也 加藤 守
伊藤 静夫 原 孝子

平成 2 年度 財団法人 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集
編集代表者 長沼 健 黒田 善雄
発行者 戸村 敏雄
平成 3 年 3 月 31 日 発行

平成 2 年度 財団法人日本オリンピック委員会
選手強化本部スポーツ科学委員会

委員長 黒田 善雄 (順天堂大学)
委 員 青木純一郎 (順天堂大学)
〃 浅見 俊雄 (東京大学)
〃 石井 喜八 (日本体育大学)
〃 猪俣 公宏 (上越教育大学)
〃 加賀谷淳子 (日本女子体育大学)
〃 勝田 康 (筑波大学)
〃 金子 公宥 (大阪体育大学)
〃 川原 貴 (東京大学)
〃 小林 修平 (国立健康・栄養研究所)
〃 高沢 晴夫 (横浜市立港湾病院)
〃 武藤 芳照 (東京大学)
〃 渡部 和彦 (広島大学)

発行所 財団法人 日本体育協会
東京都渋谷区神南 1-1-1

T E L (03) 3481-2240

