

## 6-2. 一流女子柔道選手の合宿練習が生理機能 に及ぼす影響について

——特に血液生化学からの検討——

筑波大学	芳 賀 脩 光
東京学芸大学	貝 瀬 輝 夫
電気通信大学	水 田 拓 道
山梨大学	植 屋 清 見
日本女子大学	安 藤 慶 子
愛媛大学	杉 山 允 宏
講道館	二 星 温 子
〃	老 松 信 一
早稲田大学	大 沢 慶 己

### I 目 的

筆者ら<sup>7)</sup>は先に柔道の練習が女性の特性にもたらす影響をみるために、全日本柔道連盟女子柔道国際試合候補選手を対象として血液性状やホルモン系からの生化学的検討を加えてきた。その結果、通常強化練習等でおこなわれているような練習内容においては、体重はほとんど変化なく、血液性状でもアルブミン、尿素、クレアチン、尿酸、血清総コレステロール、HDL コレステロール等、特に変動はなく正常範囲にあった。また、クレアチンホスホキナーゼ (CPK) や乳酸脱水素酵素 (LDH) やグルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT) 等は午前の練習から午後の練習へと次第に増加していく傾向を示したが、いずれもその変化は正常範囲の上限にとどまった。そして血中トリイドサイロニン (T<sub>3</sub>)、血中サイロキシシン (T<sub>4</sub>) も変化はみられず、女子柔道における練習は決して過負荷となるものではないことを指摘してきた。そこで本研究では女子柔道においても運動(柔道練習)の強度が大きく、量的にも多い合宿練習が女性にどのような影響を与えるかを検討した。

### II 方 法

#### 1. 被検者

被検者は全日本柔道連盟女子柔道国際試合候補選手で強化の対象となっている者12名で、年齢および身体的特徴は表1に示した通りである。被検者の中で最も年齢が若いものは15歳、年長者は26歳であった。被検者は軽量級選手から重量級選手にいたるまでで平均身長は160.6 cm、体重は58.0 kgであった。

#### 2. 実験手順

実験は昭和55年8月4日～9日の女子柔道強化合宿中におこなった。被検者は合宿初日の前夜か

ら講道館に宿泊し、第1日目の当日つぎに示したように合計5回の測定を実施した。

測定1 午前7時起床、排尿後安静状態において肘静脈を採血。同時に身長、体重、安静時血圧、安静時心拍数の測定をおこなった。

測定2 午前の練習直前で9時～9時30分で同様に採血及び測定を実施。

測定3 午前の練習直後、測定。

測定4 午後の練習直前で13時30分から14時の間に実施。

測定5 午後の練習直後、測定。

なお、朝食は7時30分、また昼食は正午にとった。

### 3. 練習内容

練習は午前2時間で、内容は主に固技の練習であった。また、午後の練習は14時から16時30分までの2時間半で主に投技の練習に終始した。すなわち、懸練習、移動を加えた懸練習・約束練習、乱取り、投技から固技への連絡技術の復習がおこなわれた。

表1 女子柔道選手の年齢および身体的特徴

Subj.	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
H. S.	22	172	71.5
H. F.	26	170	67.5
N. H.	21	166	60.0
K. H.	16	161	63.0
S. H.	26	158	59.5
T. N.	26	160	57.0
M. Sas	25	165	63.0
M. Si	21	158	56.0
K. Y.	15	160	51.0
N. Ha	24	153	49.0
H. N.	18	156	50.0
M. Sai	18	148	40.0
M	21.8	160.6	58.0
(SD)	3.86	6.58	7.12

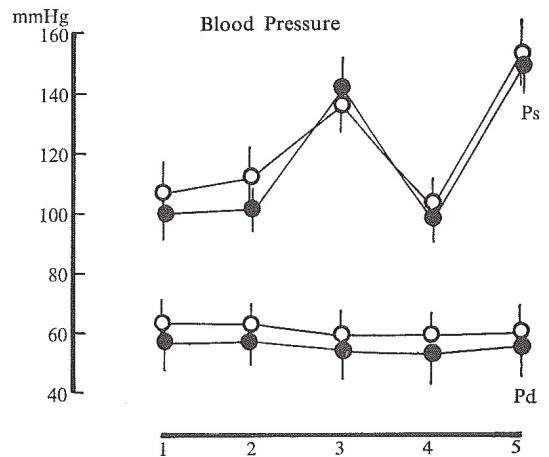


図1 合宿初日及び最終日の血圧の変化

表2 合宿初日及び最終日の練習前後の体重変化

Subj.	Weight (kg)							
	A.M.				P.M.			
	Before Pre.	Exercise Post.	After Pre.	Exercise Post.	Before Pre.	Exercise Post.	After Pre.	Exercise Post.
H. S.	71.5	73.5	70.8	72.5	72.2	73.7	71.0	72.0
H. F.	67.5	66.0	66.0	64.7	67.0	66.0	65.5	65.0
N. Ho	60.0	61.0	59.0	60.0	60.0	60.5	58.5	59.0
K. H.	63.0	62.0	61.0	60.7	61.5	61.7	59.5	60.0
S. H.	59.5	60.5	58.2	59.0	59.0	59.5	58.0	58.5
T. N.	57.0	57.5	56.0	56.5	57.5	57.5	55.5	56.0
M. Sas	63.0	63.0	62.0	61.2	63.0	62.3	60.2	60.5
M. Si	56.0	56.0	55.0	54.5	55.5	55.5	54.0	54.0
K. Y.	51.0	51.0	50.4	50.0	50.7	50.5	50.0	49.8
N. Ha	49.0	49.5	48.5	48.5	50.0	48.5	49.0	48.0
H. N.	50.0	49.5	48.3	48.5	48.9	49.3	48.2	48.0
M. Sai	49.0	48.0	47.5	47.0	48.1	47.5	46.5	46.2
M	58.04	58.12	56.89	56.92	57.78	57.7	56.32	56.41
(SD)	7.122	7.405	7.097	7.324	7.239	7.577	7.038	7.376

### III 結果

表2は午前・午後それぞれの練習の前後における体重の変化を合宿の前後でみたものである。平均値からみると午前の練習で体重はおよそ1.0kgの減少, また午後の練習では1.5kg程度の減少であり, 合宿の前後からみても同じ傾向であった。すなわち, 女子柔道の合宿において体重はほとんど変化がなかった。

図1は合宿の前後における血圧の変化を示したものである。合宿初日(前)は○印, 合宿最終日は●印を示している(以下同じ)が, 合宿前の値からみると起床直後, 朝食および昼食後の安静時収縮期圧はおよそ100mmHg, また拡張期血圧はおよそ60mmHg程度であった。しかし, 午前・午後の練習直後は138mmHgと上昇し, 特に主に立技を練習した午後において高い値であった。他方, 合宿最終日の結果からみると午前, 午後の練習直後の値は合宿初日の結果とほとんど同じ傾向を示した。しかしながら安静時の収縮期圧, 拡張期圧は合宿初日の値よりも各々低い値を示した。

表3 合宿初日及び最終日の練習前後の心拍数の変化

Subj.	Heart Rate			
	A.M.		P.M.	
	Pre.	Post.	Pre.	Post.
H. S.	138	126	156	168
H. F.	96	120	144	144
N. Ho	144	138	168	162
K. H.	156	156	162	168
S. H.	150	150	180	156
T. N.	114	138	162	168
M. Sas	156	156	168	168
M. Si	168	162	186	180
K. Y.	114	138	144	162
N. Ha	120	120	138	144
H. N.	120	156	168	162
M. Sai	144	144	174	180
M	135.0	142.0	162.5	163.5
(SD)	20.9	13.9	14.2	11.0

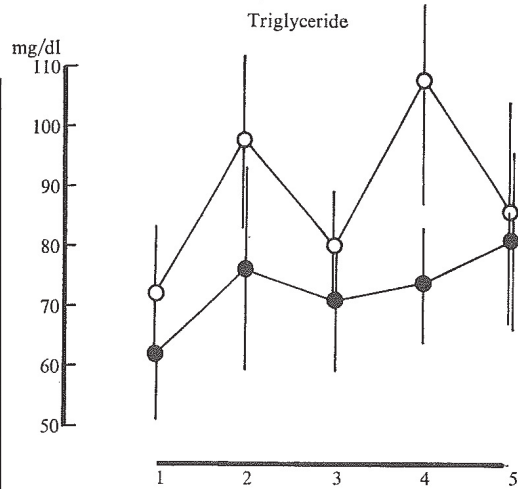


図2 合宿初日及び最終日のトリグリセライドの変化

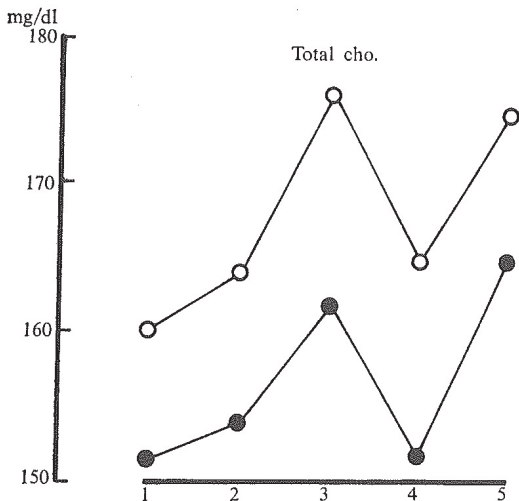


図3 合宿初日及び最終日の総コレステロールの変化

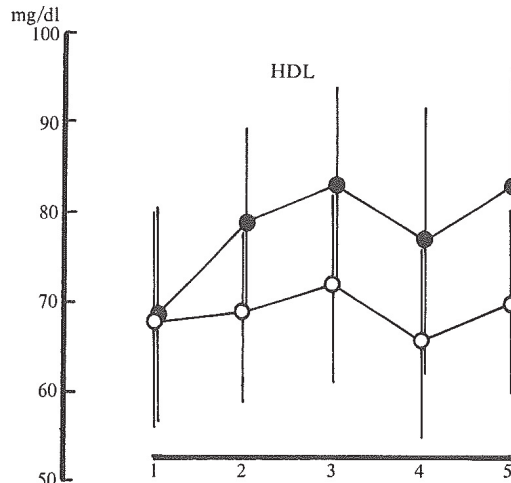


図4 合宿初日及び最終日のHDLコレステロールの変化

表3は午前、午後の練習の最中における心拍数を触診法によって10秒間測定し、それを1分間値に換算したもので、それを合宿の前後観察したものである。

午前の練習において合宿初日では96拍/分から168拍/分にいたる者までおり平均値では135拍/分であった。合宿最終日では120拍/分から162拍/分であったが、概して合宿前より高く反応している者が多く、平均値でも142拍/分を示した。他方、午後の練習においては合宿前後で150拍/分以下であるものはわずか2～3名でその多くは150～180拍/分の範囲であった平均値でみると162.5拍/分(前)、163.5拍/分(後)を示した。

次に血液性状の結果についてみると、血漿浸透圧を維持し組織と血管内における水分のバランスをとり、また産出された物質を臓器にまで運搬するものにアルブミンがある。アルブミンはアミノ酸が肝臓内で合成されてできるものである。このアルブミンは安静時及び運動後においてはほとんど変化はなく、合宿の前後でも正常域内で変動はなく、平均値で3.8～4.5 g/dl はあった(図省略)。

細胞内液にあり酸・塩基平衡、浸透圧の維持、体液喪失の防御、細胞膜の透過性、神経、筋の興奮伝導を生理作用とするものにナトリウム(Na)やカリウム(K)がある。ナトリウムの変化は合宿前では午前の練習後の値よりも午後の練習後の方が高くなる傾向を示したが、合宿後の値は逆に午前の練習後の値が高く午後の練習後の値は逆に低下するという結果を示した。しかしながらそれらの変動はナトリウムの正常値と考えられる134～147 meq/l 内の変化で、しかもほぼ日差変動内での動きである(図省略)。従って合宿においてはほとんど変化はないものと考えられる。また、カリウムは合宿前後で変化はみられず3.7～4.1 meq/l にあった。この正常値は3.2～4.7 meq/l であることから合宿による影響はなかった。

また、クレアチニンはグリシンがグアニド酢酸に変化したあと肝臓内でグアニド酢酸トランスメチラーゼの作用を受けてS-アデノシルメチオニンのメチル基(CH<sub>3</sub>)と結合して出来るものである。通常クレアチニン酸になっており筋収縮のエネルギー源となるものである。これは正常値が0.7～1.4 mg/dl であるが合宿の前後においても0.9～1.2 mg/dl の変動でありほとんど変化はない(図省略)。

次に血中脂質について述べると、血中の脂質は水に溶けにくいので蛋白と結合し、いわゆるリポ蛋白のかたちで存在している。これにはトリグリセライド(中性脂肪)、コレステロール、磷脂質、遊離脂肪酸の4種がある。

図2はトリグリセライドの結果をみたものである。合宿前の値で午前、午後の練習後は共に100～110 mg/dl に上昇している。しかし、合宿後は練習後もあまり上昇せず70～80 mg/dl の範囲にあり、合宿前の値と比較し低いところにある。

図3は総コレステロールの結果をみたものであるがこれによると午前、午後の練習直後においてコレステロールは高い値を示している。一方、合宿前後の比較においては合宿後の値が安静時、運動直後のいずれの場合においても低下することを示した(SDを略)。

図4は同じコレステロールでも動脈硬化の予防因子として注目されているHDLコレステロール(高比重リポ蛋白)であるがこれは1日の練習において大きな変動は示していない。しかしながら、その値は合宿前よりも合宿後においていずれの場合も高い値を示している。すなわち、合宿練習によってHDLコレステロールは上昇することを認めた。

グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(GOT)はアスパラギン酸のアミノ基をアルファケトグルタル酸に移転させるものであるが心筋の中に含まれ、心臓の働きに負荷がかかった場合などは上昇する。図5はこのGOTの変化をみたが合宿前は低い値を維持しながらも午後の立技練習直後においては一段と上昇する。しかし合宿最終日の場合は安静時・運動時とも大きく上昇する



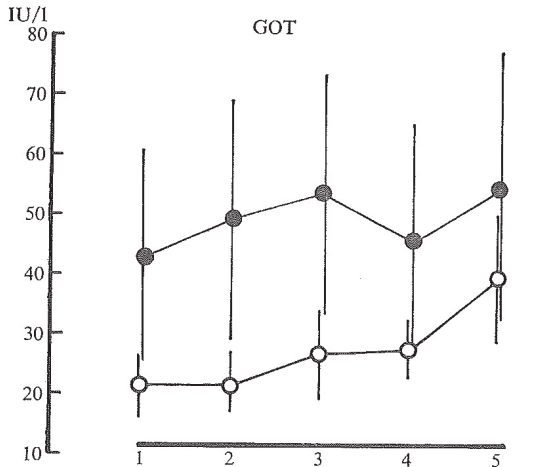


図5 合宿初日及び最終日のグルタミン酸オキサロ酢酸アルミナーゼ(GOT)の変化

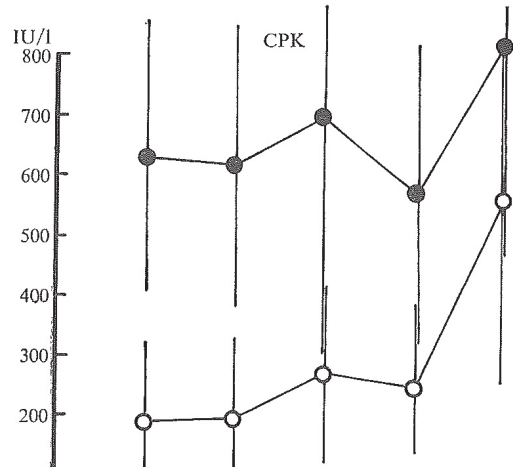


図6 合宿初日及び最終日のクレアチンホスホキナーゼ(CPK)の変化

ことを示している。

クレアチンホスホキナーゼ(CPK)はクレアチンリン酸とクレアチンの間に働き、ローマン反応を触媒する酵素である。すなわち、CPKはクレアチンリン酸に作用し、ADPに結合させ、ATPを合成する。本研究の結果(図6)、このCPKは練習内容との対応でみた場合立技を中心とした午後の練習直後において一段と高い値を示した。また、合宿の前後の比較においては合宿後、すなわち合宿最終日の値は安静時でおよそ、600~650 IU/ml、運動時で700~800 IU/mlと著明な上昇を示した。

乳酸脱水酵素(LDH)はピルビン酸と乳酸の反応を触媒する酵素である。代謝経路のなかで無氣的解糖の最終段階でピルビン酸を利用するが

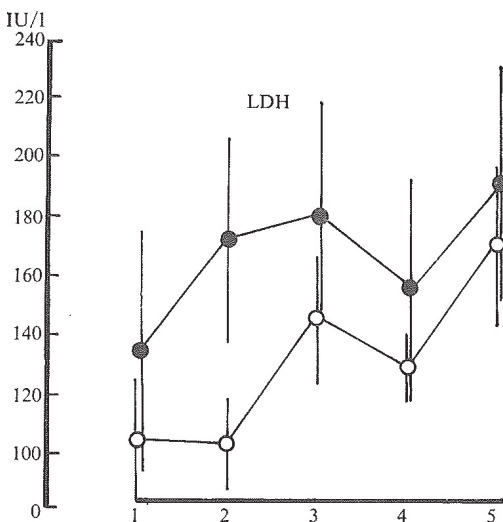


図7 合宿初日及び最終日の乳酸脱水酵素(LDH)の変化

ATP産生上必須の酵素である。このLDHの変動は寝技を主にした午前中の練習、立技を主にした午後の練習において共に、上昇したが立技の練習直後の方がより高い値であった。合宿の前後で見るとCPKの場合と同様合宿最終日がより著明に上昇した(図7)。

(本研究において血中ホルモンについては割愛いたします)。

#### IV 考察

酸・塩基平衡や浸透圧の維持等生体の内部環境を一定に保つために作用するアルブミン・ナトリウム・カリウム・クレアチニンについては1日の練習による影響もなく、また合宿という一定期間の強化練習においてはほとんど変化はみられなかった。これは体重の変動がなかったことが反映しているものと思われる。もし、練習によって体重の減少が生じるような場合とか、意図的に減量を目的としたものであるならばこうした内部環境を維持する因子にも変化が生じるものと推察される。

しかし、これらの結果とは逆に血中脂肪質は合宿によって明らかに変化がみられた。すなわち中性脂肪であるトリグリセライド、総コレステロールは合宿によってかなりの低下を示し、HDL コレステロールは逆に増加するという結果であった。

トリグリセライドはエネルギーの貯蔵庫としての役割があり、また皮下脂肪として体温の維持・機械的外傷の保護としての働きがある。合宿によってトリグリセライドの低下がみられたことは体重の変化がないことにより、おそらく皮下脂肪からの動員はなく、練習によって消費するエネルギー源へ（ブドウ糖やグリコーゲン）の不足を補うために血中のトリグリセライドが供出されたものと思われる。

総コレステロールは主に肝臓や小腸で合成されるが同様にエネルギー源として糖質と共に重要な働きをなすものである。合宿前の安静時における平均時に 160~165 mg/dl、運動時の場合でも 180 mg/dl である。これらの値はいずれも理想的な値であって、正常域の変動ではあるが合宿の前後では安静時・運動時ともおよそ 10 mg/dl の減少を示しているが同様にエネルギー発揮に関与した結果であると推察される。一方、HDL コレステロールは動脈壁の LDL コレステロールの浸入や沈着を防ぎ、抗動脈硬化作用を有するものとして近年特に注目されている<sup>6)</sup>。これは運動選手に高く、日頃運動をしていない人は低いことが報告<sup>4)</sup>されている。先に述べた如く、合宿によって HDL コレステロールが上昇したことに對し、臨床的な見方を加味するならば合宿や或は平素よく練習することは動脈硬化を防ぎ、特に虚血性心疾患の予防の為にも大きな効果があることを示唆するものであろう。Haga et al<sup>3)</sup> は平均70歳の高齢者としても全身持久的なトレーニングを長期間おこなえば HDL コレステロールは増加するという報告をおこなっているが、わずか1週間の合宿によって HDL コレステロールは増加するという本研究の結果は注目されるべきものであろう。

GOT は心筋の運動に関与する酵素であるが柔道の練習においては固技の練習よりも立技を主体とした投技の練習において高い値を示した。この傾向は前報<sup>7)</sup>と一致した。投技の場合は心拍数からみても固技よりも高く、中には180拍/分以上の最大レベルに達しているが、投技は脚の移動を中心とした体捌きによって技をかけるという特性から固技よりも運動強度が大きいと思われる。また投技では一瞬止息して技をかけるという無氣的な運動が加わった動きであるため、心脈管系に大きな負荷を与えているものと考えられ、同時に血圧にも影響しているものと思われる。また合宿最終日の結果が高い値を示しているのは練習の強度や量が大きくなったことや疲労の蓄積から運動に対する心筋への負担がより大きくなったことによるものであろう。

運動による CPK の上昇は筋細胞の損傷・破壊・寿命の短縮により血中に逸脱してくるが、これまで女子運動選手の合宿で 600 IU/l になることが報告<sup>5)</sup>されている。本研究の場合、午後の投技練習直後では平均でおよそ 850 IU/l を示し、より激しい運動であることをみている。個人的には 1,000 IU/l 以上の者4名を含むことから女子柔道の合宿練習においては、やはり負荷は大きいと考えられる。

LDH と運動強度、鍛練度などの関係についての報告<sup>1,2,8,9)</sup>において一致した見解はまだなされていない。LDH の上昇は先に GOT のところで述べたような有氣的運動でありながらも無氣的な要素が加わった運動であり、かつ練習の強度が大きいということが関与しているものであろう。合宿後の高い値もこうした高い強度の運動の蓄積によるものと思われる。

以上のことから、女子柔道の合宿について考えると柔道の練習自体、他の運動種目と違って筋力の発揮を必要とすること、固技では筋持久力が必要であること、無氣的運動が混入すること、合宿では疲労の蓄積など加わり、GOT、CPK、LDH は合宿最終日では大きく上昇する。それらの値からみて過負荷しすぎ、生体を疲労困憊にせしめるものでは決してないが、1週間の練習の持続は

かなりの負担となると思われる。しかし、他の運動選手との比較が出来ないことから多くを論ずることは出来ない。他面、合宿による HDL コレステロールの上昇という臨床予防医学の面からも興味ある結果がみられ、今後、更に検討していきたい。

## V 結 論

1) 全日本柔道連盟女子柔道国際試合候補選手12名を対象とし、合宿練習が女性にどのような影響を与えるかを血液生化学の面から検討した。

2) 平均年齢は21.8歳、平均身長160.6 cm、平均体重58.0 kgであった。

3) 収縮期血圧の変動は午前の寝技練習でおよそ140 mmHg、午後の立技練習でおよそ160 mmHgと上昇したが、合宿前後ではほとんど同じ傾向を示した。

4) 酸-塩基平衡、浸透圧平衡、体液調節に関与するナトリウム、カリウム、また筋収縮に関与するクレアチニンは合宿の前後で変化はなかった。

5) 血中脂質ではトリグリセライド、総コレステロールは合宿後、安静時、運動時ともに低下を示した。

6) しかし、HDL コレステロールは合宿前よりも合宿後において高い値を示した。すなわち、合宿によって上昇することを認めた。

7) GOT, CPK, LDH のいずれも合宿の結果、著明に上昇した。

8) 従って、女子柔道の合宿においては1日だけの練習の結果とは違い、生体内にかなりの変化を生じせしめるものである。限度を越えるものではないが運動負荷はかなり大きくなるものと推察される。

## 参考文献

- 1) Bass, A., K. Vondra, R. Rath, V. Vitek, J. Teisinger, E. Mackova: Enzyme activity patterns of energy supplying metabolism in the quadriceps femoris muscle (vastus lateralis). *Pflugers Arch.*, **361**; 169-173. 1976.
- 2) Block, P., M. U. Rijmenant, R. Badjou, A. Y. U. Melsem and R. Vogeleer; The effects of exhaustive effort on serum enzymes in man. In Poortmans, J. R. ed. *Biochemistry of exercise. Medicine and Sport*, **3**: 259-267, Karger: New York, 1962.
- 3) Haga, S., T. Koro, T. Asami, S. Truchiya, Y. Fukuya, M. Ohnuki, K. Yamanaka and Y. Matsuura: Effects of the endurance physical training in the aged persons (In Press), 1981.
- 4) Hooper, P. L. and R. P. Eaton: Exercise, High Density Lipoprotein and Coronary Artery Disease: *Medicine and Sport Vol. 12*: 72-84, 1978.
- 5) 井川幸雄: 運動療法 (阿部正和, 小野三嗣編), 30~35, 朝倉書房, 東京, 1978.
- 6) 河合忠, 櫻林郁之介 (責任編集): HDL-コレステロール——基礎と臨床——, 株式会社テクノ, 東京, 1980.
- 7) 水田拓道, 芳賀脩光, 貝瀬輝夫, 安藤慶子, 二星温子, 老松信一, 大沢慶己: 女子柔道の練習に対する血液生化学からの検討, 講道館柔道科学研究会紀要 第VI輯, 125—130, 1983.
- 8) Schwartz, P. L., H. W. Carroll and J. S. Douglas, Jr.: Exercise induced changes in serum enzyme activity and their relationship to Max.  $\dot{V}O_2$ . *Int. Z. angew. Physiol.* **30**: 20-33, 1971.
- 9) 鈴木哲郎, 石河利寛, 青木純一郎: 運動の強度および時間による血清 LDH および LDH イソ酵素の変化, *日本生理誌*, **38**: 198, 1976.