

自転車競技選手の体力測定とメディカルチェック

沼 哲 夫¹⁾ 幸 山 彰 一¹⁾ 吉 野 安 之¹⁾
北 浦 孝¹⁾ 田 村 暢 熙²⁾ 平 井 敦 夫³⁾
平 下 政 美⁴⁾ 池 田 幸 應⁴⁾

はじめに

最近、自転車はジョギングとともに、一般人の健康増進のため、また有疾病者のリハビリテーションとしてもよく推奨されている。一方、自転車競技選手では高い持久力とパワーが要求されている。そして、一流の競技選手では心筋症類似病変¹⁾や、重篤な不整脈などが出現し、競技生活を断念した例もみうけられる。

今回対象とした金沢高校自転車競技部では国体に出場したり、プロ選手を輩出するなど活躍がめざましい一方、不整脈にて通院中の選手もいる。そこで、我々は安全かつ効果的なトレーニング方法の検討のため、自転車競技選手の体力測定とメディカルチェックを実施したので報告する。

対象と方法

対象は金沢高校自転車競技部員8名である。全員男子で平均年齢は17歳である。表1には専門種目と成績を示した。ANは心筋炎によると思われる心室頻拍症にて抗不整脈薬を服用中であつたが、左心室造影は正常で、右心系、左心系とも圧は正常であり、その後不整脈は出現しなかつたため、検査開始一週間前より服薬を中止した。昭和59年11月に下記の諸測定、検査を実施した。形態測定は文部省体力測定と日本人の体力標準値第3版の方法²⁾で実施した。項目は、身長、体重、胸囲、伸展上腕囲、屈曲上腕囲、前腕囲、大腿囲と皮下脂肪厚(腹部、上腕部、背部)である。体力測定は握力、背筋力、垂直跳と最大酸素摂取量の測定を実施した。最大酸素摂取量の測定は、Monark社製の自転車ergometerを自転車競技選手の測定用に改造して使用した。回転数は毎分90回で、2.5kpの負荷より開始し、2分ごとに0.5kpずつ漸増してall outに到るまでの最大運動負荷を実施した。測定時は、日本光電社製Life Scope 10にて心電図をモニターし、Puritan-Bennett社製Inflasonde血圧モニターにより1分ごとに血圧を測定し、呼気ガスはDouglas bagに集め、日本電気三栄社製の呼気ガスモニターにてO₂、CO₂の測定をおこなつた。形態、体力測定値は対照として同年齢の一般人の記録²⁾(以下標準値と略)とともに、日本体育協会が石川県内灘で測定した1981年度自転車競技ジュニア世界選手権日本

1) 金沢大学教養部
3) 金沢女子短期大学

2) 金沢医科大学
4) 金沢経済大学

表1 選手の経験年数, 専門種目と成績

	経験年数	出 場 種 目	成 績
TA	1	10,000mポイント	県新人大会 1位
MY	2		県体出場
TK	3	1,000mタイムトライアル	1分13秒3
KN	2	5,000m速度	全国高校選抜 7位
KK	2	4,000m追抜	北信越 2位
HK	2	4,000m	北信越 7位
AN	2	スプリント	北信越 5位
AM	3	10,000mポイント ロード	北信越 1位 国体 18位

代表³⁾ (以下ジュニア日本代表と略) の記録をとった。

メディカルチェックとして、血圧測定、検尿、標準12誘導心電図と、血液検査は金沢医科大学附属病院検査部にて、血球、肝機能、電解質、脂質など32項目の測定を実施した。さらにフクダ電子社製とICR社製の心電図長時間記録器を用い、トレーニング時間を含む24時間連続心電図記録を実施した。心エコー図は、アロカ社製SSD-110Sを用い、胸骨左縁より通常の方法でMモード心エコー図を記録した。測定はアメリカ心エコー図学会の標準化委員会の勧告⁴⁾に従っておこなった。計算により駆出率、平均円周短縮速度を求めた。左室心筋重量はBennett & Evansの方法⁵⁾により計算して求めた。

結 果

表2に形態測定の結果を示した。平均年齢は17.0歳で、標準値の年齢も17歳、ジュニア日本代表は16.9歳とほぼ同一であった。身長は標準値より4.2cm高かったが ($p < 0.05$)、体重、胸囲では差がなかった。右伸展上腕囲は、標準値より3cm多かった ($p < 0.01$) が、屈曲上腕囲はジュニア日本代表より2.3cm少なかった ($p < 0.01$)。右大腿囲、右前腕囲は、標準値よりもそれぞれ6.2cm、1.6cm多かった。表3に形態測定と体力測定の結果を示した。皮下脂肪厚は、腹部、上腕部、背部とも標準値と比してそれぞれ2.6mm ($p < 0.05$)、6.2mm ($p < 0.01$)、4.9mm ($p < 0.01$) 少なかったが、ジュニア日本代表と比しても腹部では3.3mm ($p < 0.01$) 少なかった。脂肪%はジュニア日本代表よりも2.4% ($p < 0.05$) 少なかった。除脂肪体重は日本代表と変りはなかった。握力は左右の平均値では標準値と差はなかったが、ジュニア日本代表より9kg少なかった ($p < 0.05$)。背筋力も標準値と差はなかったが、ジュニア日本代表より27.2kg少なかった。垂直跳は標準値より11cm少なかった ($p < 0.01$)。

表2 形態測定

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	胸囲 (cm)	伸展上腕囲		屈曲上腕囲		前腕囲		大腿囲		下腿囲	
					右(cm)	左(cm)	右(cm)	左(cm)	右(cm)	左(cm)	右(cm)	左(cm)	右(cm)	左(cm)
TA	15.7	169.8	56.5	82.2	26.5	25.7	27.7	26.7	25.4	24.6	49.2	49.2	35.0	34.6
MY	16.8	169.7	62.5	87.5	26.5	27.2	27.6	27.6	24.9	24.7	55.2	55.0	36.7	35.7
TK	16.8	170.3	60.1	90.3	29.2	29.5	30.2	30.3	26.5	27.0	55.3	55.6	37.5	38.0
KN	16.9	170.8	59.1	85.5	26.9	26.8	28.0	27.3	25.6	24.8	52.5	52.0	35.6	35.0
KK	17.2	178.5	70.7	88.2	28.3	28.2	29.6	29.4	25.6	25.7	60.3	60.2	38.1	39.0
HK	17.4	171.8	60.0	82.5	25.8	24.7	27.3	26.6	24.6	24.2	52.8	51.5	35.0	35.8
AN	17.5	180.6	74.7	92.5	28.0	28.6	29.3	29.8	27.5	27.2	58.5	58.3	38.1	38.0
AM	17.8	177.7	63.0	85.0	26.0	25.5	26.0	25.8	25.4	25.0	53.6	53.3	35.6	35.6
平均	17.0	173.7	63.3	86.7	27.2	27.0	28.2	27.9	25.7	25.4	54.7	53.8	36.5	36.5
標準値 ²⁾		169.5	59.9	85.7	24.2		27.1		24.1		48.5		35.5	
ジュニア日本代表 ³⁾	16.9	170.4	66.4	89.2			30.5	30.0	37.4	37.6	55.0	54.8		

標準値： 同年齢の一般人

ジュニア日本代表： 1981年度自転車競技ジュニア
世界選手権日本代表

* 対標準値

P < 0.05

** 対標準値

P < 0.01

++ 対ジュニア日本代表

P < 0.01

表3 形態・体力測定

	皮下脂肪厚			握力			背筋力 (kg)	垂直跳 (cm)	脂肪% (%)	除脂肪体重 (kg)
	腹部(mm)	上腕部(mm)	背部(mm)	右(kg)	左(kg)	平均(kg)				
TA	4.5	3.5	6.0	49.5	42.5	46.0	94.1	48	7.5	52.3
MY	9.0	11.0	8.0	33.5	33.5	33.5	98.7	47	12.9	54.4
TK	7.5	4.0	10.0	41.0	44.0	42.5	128.0	57	10.0	54.1
KN	5.0	3.5	6.5	47.5	40.5	44.0	150.1	57	7.7	54.5
KK	7.5	10.0	8.5	50.5	46.0	48.3	126.7	48	12.6	61.8
HK	5.0	6.0	9.0	44.5	35.5	40.0	127.0	51	10.6	53.6
AN	6.5	7.5	9.0	65.0	58.0	61.5	167.8	58	11.5	66.1
AM	4.0	5.0	6.5	47.0	46.0	46.5	124.1	50	10.8	56.2
平均	6.1 ^{***}	6.3 ^{**}	7.9 ^{**}	47.3	43.3 ⁺⁺	45.3 ^{***}	127.1 ⁺	52 ⁺⁺	10.5 ⁺	56.6
標準値 ²⁾	8.7	12.5	12.8			46.7	139.4	63.1		
ジュニア日本代表 ³⁾	9.4	9.1	9.8	54.3	53.1	53.5	162.5	51	12.9	56.6

略語は表2と同じ。

* 対標準値 P < 0.05

** 対標準値 P < 0.01

+ 対ジュニア日本代表 P < 0.05

++ 対ジュニア日本代表 P < 0.01

表4は自転車ergometerによる運動負荷時の諸計測値である。最大酸素摂取量は平均4.16 l/分であり、標準値よりも1.26 l/分多かった ($p < 0.01$)。ジュニア日本代表との間に差がなかった。対体重最大酸素摂取量は、66.0 ml/kg/分であり標準より12.0 ml/kg/分多かった ($p < 0.01$)。ジュニア日本代表との間には差がなかった。最大換気量は146.1 l/分であり、ジュニア日本代表との間には差はなかった。運動持続時間は6分～7分で、平均6分35秒であった。最高心拍数は平均187拍/分であった。運動負荷中には心室性期外収縮はいずれの例でも認められなかった。運動負荷前の血圧は正常であったが、負荷中の最高の収縮期血圧は平均241 mmHgと著明に増加した。

表5は主な尿と血液検査の成績である。尿糖はなく、尿蛋白は3例に(±)程度認められたが、再検では全員陰性であった。ヘモグロビン濃度は平均で13.8 g/dlと正常範囲内ではあるがやや低く、13.5 g/dl以下の例は3例認められた。血清総蛋白も正常範囲内であったが6 g/dl台と低い例は4例認められた。血糖には異常はなかった。血清総コレステロール、高比重リポ蛋白(HDL)は正常範囲内にあった。遊離脂肪酸は低めであった。トリグリセリドは平均65 mg/dlと正常範囲内ではあるが低めであり、1例は異常低値を示した。選手KKはGPT 63 U/Lと異常高値を示したため、金沢大学医学部附属病院第一内科で精査を実施したが異常は認められず、軽い肝障害が一過性にあったものと考えられた。

標準12誘導心電図では、HK、TK、KKの3例に左高電位差を認めた。洞徐脈はTA、AMの2例であった。QRS幅は0.09"～0.11"と軽度延長しており、中でもMYは心室内伝導障害を

表4 漸増的運動負荷試験

	最大酸素 摂取量 (l/分)	対体重最大 酸素摂取量 (ml/kg/分)	最大換気量 (l/分)	運動持続 時間 (分, 秒)	最高心拍数 (拍/分)	安静時血圧		最高の収縮 期血圧 (mmHg)
						収縮期圧 (mmHg)	拡張期圧 (mmHg)	
TA	3.59	63.5	113.7	6' 11"	184	135	80	265
MY	4.22	67.5	127.3	6' 30"	183	119	71	208
TK	4.11	68.5	151.5	6' 30"	196	140	76	262
KN	4.54	76.9	157.7	6' 30"	186	115	70	210
KK	4.31	61.0	146.3	7'	183	136	63	263
HK	3.85	64.2	142.1	6'	196	121	74	231
AN	4.51	60.4	194.2	7'	183	112	70	257
AM	4.18	66.3	145.9	7'	188	119	51	234
平均	4.16**	66.0**	146.1	6' 35"	187	125	69	241
標準値 ²⁾	2.90	54.0			193	116	78	
ジュニア日本代表 ³⁾	4.13	62.8	149.1		190			

略語は表2と同じ。

** 対標準値 $p < 0.01$

表5 尿, 血液検査

	尿蛋白	赤血球 ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	ヘモグロビン (g/dl)	ヘマトクリット (%)	総蛋白 (g/dl)	鉄 (mcg/dl)	血糖 (mg/dl)	コレステロール (mg/dl)	高比重リポ蛋白 (mg/dl)	遊離脂肪 酸 (mEq/L)	トリグリセリド (mg/dl)
TA	—	463	13.3	41.0	6.7	101	100	140	54	0.18	62
MY	±	470	14.0	42.9	6.6	91	100	136	56	0.14	29
TK	—	436	13.2	41.1	7.8	93	96	150	59	0.20	41
KN	—	452	13.2	41.2	7.4	109	77	163	85	0.18	51
KK	—	434	13.9	41.7	6.5	86	77	159	60	0.21	70
HK	±	447	13.6	42.1	7.0	64	100	149	63	0.28	67
AN	—	484	15.0	45.6	7.5	95	95	149	66	0.17	84
AM	±	469	14.2	43.0	6.9	168	99	143	47	0.28	117
平均		457	13.8	42.3	7.1	101	93	149	61	0.21	65
正常範囲		400~ 520	11~ 17	36~ 48	6.0~ 8.0	38~ 148	60~ 105	124~ 207	42~ 68	0.7以下	30~ 150

認めた。TAはWenkebach型2度房室ブロックがみられた。

24時間心電図記録では、MYは11kmのランニング中と、ダッシュ時の2回、QRS幅が拡大した。また多源性心室性期外収縮もみられた(図1)。KKはサーキットトレーニングを開始する直前に、心室性期外収縮が散発した。TAは安静時に、AMは睡眠中にWenkebach型2度房室ブロックを認めたが、運動中は正常伝導となった。ANでは抗不整脈薬を中止しているが、心室性期外収縮はほとんど認めなかった。

心エコー図の計測結果を表6に示した。西村ら⁹⁾による20歳台の一般人10名の平均値を標準値にとり、同じ西村ら⁹⁾による日本人プロ自転車競技選手14名の平均値を比較のために載せた。拡張末期左室内径は標準値よりも大きい($p < 0.05$)が、プロ競技選手よりも小さかった($p < 0.05$)。左室後壁厚は、金沢高校選手達が、プロ競技選手より大きかった。心室中隔厚、左房径には差がなかった。左心室壁には限局性肥厚は認めなかった。大動脈径はプロ競技選手が有意に大きく($p < 0.01$)、駆出率、平均円周短縮率は金沢高校選手が標準値よりも低値を示した。左室心筋重量はBennett & Evansによる正常人の平均⁹⁾よりも増加していた($p < 0.01$)。MYでは増幅弁逸脱を認めたが、僧帽弁逆流はなかった。

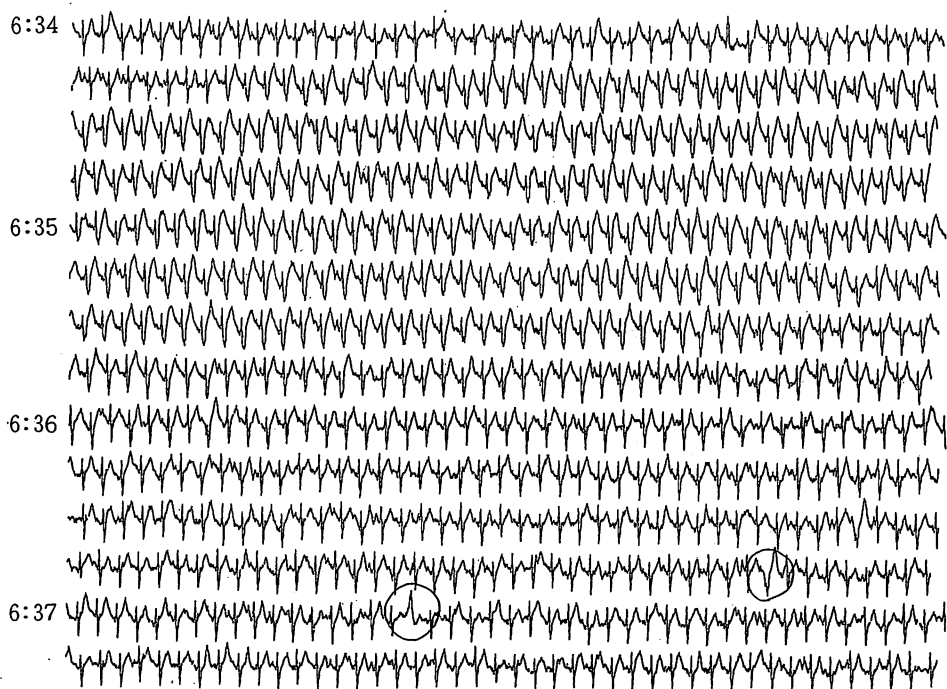


図1 ランニング中の長時間心電図記録
QRS幅の拡大と多源性心室性期外収縮

表6 心 エ コ ー 図

	心拍数 (拍/分)	拡張末期 左室内径 (mm)	左室後壁厚 (mm)	心室中隔厚 (mm)	大動脈径 (mm)	左房径 (mm)	駆出率 %	平均円周 短縮率 (circ/sec)	左室心筋重量 (g)
TA	45	52	9	10	29	29	60	1.00	216
MY	51	54	12	9	25	27	62	1.07	319
TK	57	48	11	11	30	35	58	0.98	259
KN	65	50	11	6	27	33	61	1.10	245
KK	51	53	10	12	28	31	53	0.91	240
HK	55	48	11	8	27	28	49	0.81	245
AN	63	54	11	8	29	32	58	1.03	273
AM	48	52	11	9	27	29	76	1.30	259
平均	54*	51.3**	10.55**	9.0	27.6**	30.4	59.6**	1.03*	257**
標準値 ⁶⁾	66.1	47.3	8.4	8.8	28.3	27.7	67	1.18	194 ⁶⁾
プロ競技選手 ⁶⁾	59.4	54.5	8.7	9.4	30.6	31.2	67	1.10	

標準値： 西村らによる20歳台コントロール群より

プロ競技選手： 西村らによる20歳台の日本プロ自転車競技選手より

5) Bennett & Evansによる

* 対標準値 p<0.05

** 対標準値 p<0.01

+ 対プロ競技選手 p<0.05

++ 対プロ競技選手 p<0.01

考 察

形態：身長は標準値よりも4.2 cm大きいにもかかわらず、体重、胸囲には差がなく、ジュニア日本代表に比べて、胸囲がやや少ないと思われた。自転車競技選手では、ハンドルを持ちバランスを取り、強く引きつけるため上腕筋、前腕筋が発達し、また力強くペダルをこぐことより大腿伸筋群、屈筋群が発達する。金沢高校の選手も伸展上腕囲、前腕囲、大腿囲は標準値よりも増大していたが、屈曲上腕囲ではジュニア日本代表には及ばなかった。皮下脂肪厚は標準値よりもかなり薄く、計算により求めた体脂肪率は10.5%であった。理想的な体脂肪率は6~9%とされており、この点はジュニア日本代表よりも理想域に近づいていた。

体力測定：握力、背筋力は標準値と差がなく、ジュニア日本代表より劣っていた。また垂直跳は標準値よりも少なかった。スピード記録を伸ばす上で、筋力の増大をはかることが必要と思われる。最大酸素摂取量は一般的にはtreadmillの方が自転車ergometerによる測定よりも約10%高いとされている⁷⁾。しかし、よくトレーニングされた自転車競技選手では、自転車エルゴメーターの方が高いと報告されている⁸⁾。我々はMonarkの自転車ergometerを自転車競技用に改造して測定しており、all out時間も平均6分35秒であったので、信頼できる最大酸素摂取量が得られたものと思われる。体重あたりの最大酸素摂取量が平均66ml/kg/分であったが、これはジュニア日本代表と同じレベルにあった。しかし、諸外国選手では69.1~74ml/kg/分と報告されており⁹⁾さらに最大酸素摂取量を高めるよう有酸素的トレーニングが必要である。さらに自転車競技では経験が最大酸素摂取量以上に記録に影響を与えるため、試合に多く出ることも必要である。

血液検査：ヘモグロビン濃度、血清総蛋白、遊離脂肪酸、トリグリセリドは低めであった。原因としては、選手たちは平均17歳と若いこと、さらに競技シーズンの後で、ランニング、筋力トレーニングなど激しい身体消耗運動をおこなっていること、さらに食事摂取量が相対的に少ないことが考えられ、今後栄養の面からの調査が必要と思われた。

血圧：安静時は正常であったが、最大運動負荷中の最高の収縮期圧は平均241mmHgと著明に増加した。心仕事量の指標であるdouble product（収縮期血圧×心拍数）は45,000mmHg/分にも達し、心臓に大きな負担がかかっていることを示している。

標準12誘導心電図：洞除脈、左高電位差、軽度のQRS幅の延長、Wenkebach型2度房室ブロックを認めたが、いずれも良性で、スポーツ心臓によるものと思われた。しかし、心室内伝導障害を示したMYは、他の検査成績からも、器質的な心疾患を有することが疑われた。

24時間心電図：長時間心電図記録器では、24時間ないし48時間連続して心電図が記録できるので、運動選手の不整脈をとらえる上で優れている。MYは運動中に心室内伝導障害が増悪し、多源性心室性期外収縮が出現した。一方運動負荷試験中の心電図記録では不整脈はとらえられていない。この差については、実験室での運動負荷試験に比べ、通常の練習は、持続時間が長いこと、他人との競争になり易いことなどの点で異なることも原因と考えられる。従って、メディカルチェックとしては、運動負荷試験に加えて、通常の練習時の心電図記録も欠くことのできないものと思われる。MYは僧帽弁逸脱症候群があるが、心筋症の合併も疑われ精査の

予定である。AMは夜間に Wenkebach 型 2 度房室ブロックを認めたが、良性のものであり運動制限は行っていない。ANは抗不整脈薬の投与を中止して観察したが、長時間心電図でも最大運動負荷中にも、心室性期外収縮はほとんど認めなかった。しかし、心筋炎罹患後10カ月の状態であり、ひき続き金沢大学医学部附属病院第一内科で管理していく予定である。

心エコー図：拡張末期左室内径、左室後壁厚の増大をみたが、この結果は Fagard ら¹⁰⁾の自転車競技選手の結果と同様であった。しかし、西村ら⁹⁾は20歳台では左室内径の拡大だけで、心室壁の肥厚はないとしている。この違いのおきた原因は、自転車競技を開始した年齢が異なっていることである。金沢高校の選手では15歳、Fagardらの選手では16歳であり西村らの選手は19.4歳と遅い。さらに我々は男子において12歳から14歳にかけての運動が、左室後壁厚を8.4mmから10.9mmと著明に増加させたことを報告した¹¹⁾ さらに今回の最大運動負荷において収縮期血圧は241mmと非常に高くなっており、自転車競技は isotonic なだけでなく上半身を含む isometric な運動でもあることがわかる。従って、15歳から開始した自転車競技により左室内径の拡大とともに左心室壁厚の増大がおきることは納得できることである。

駆出率や平均円周短縮率などの左心機能が低下しているが、Gilbertら¹²⁾の長距離走者でも同様の所見は認められている。これは徐脈による効果に加えて、安静時の心拍出量を必要量にとどめるための適応と考えられる。

結 論

金沢高校自転車競技部員の体力測定とメディカルチェックを行ない、下記の結論に達した。

- 1) 筋力、瞬発力はまだ弱い。
- 2) 今後栄養調査が必要である。
- 3) 自転車競技は心臓に強い負担をかける。
- 4) メディカルチェックとして長時間心電図記録が必要である。
- 5) 左室内腔の拡大はまだ軽度である。
- 6) 多源性心室性期外収縮の出現した1例は精査と経過観察を行なう予定である。

文 献

- 1) Menapace, F.J., Hammer, W.J., Kessler, K.K., Ritzer, T., Bove, A.A., Warner, H. H. and Spann, J.F.: Echocardiographic measurements of left ventricular wall thickness in weight lifters: a problem with the definition of ASH. (abst.) Am. J. Cardiol. 39: 276, 1977.
- 2) 東京都立大学身体適性学研究室(編): 日本人の体力標準値第3版. 不味堂, 東京, 1980.
- 3) (財)日本アマチュア自転車競技連盟競技力向上委員会科学部会: 自転車競技日・米・英・新西蘭自転車競技選手の体力および自転車エルゴメータによる脚パワートレーニングの効果. 日本体育協会スポーツ科学委員会(編)昭和56年度財団法人日本体育協会スポーツ医・

- 科学研究報告, 財団法人日本体育協会, 東京, 1981.
- 4) Sahn, D.J., DeMaria, A., Kisslo, J. and Weyman, A. : Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 58: 1072, 1978.
 - 5) Bennett, D.H. and Evans, D.W. : Correlation of left ventricular mass by echocardiography with vectorcardiographic and electrocardiographic voltage measurements. *Br. Heart J.* 36: 981, 1974.
 - 6) Nishimura, T., Yamada, Y. and Kawai C. : Echocardiographic evaluation of long-term effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists. *Circulation* 61: 832, 1980.
 - 7) McArdle, W.D., Katch, F.I. and Pechar, G. S. : Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle tests for maximum $\dot{V}O_2$. *Medicine and Science in Sports* 5: 156, 1973.
 - 8) Withers, R.T., Sherman, W.M., Miller, J.M. and Costill, D.L. : Specificity of the anaerobic threshold in endurance trained cyclists and runners. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Phys.* 47: 93, 1981.
 - 9) Faria, I.E. : Applied physiology of cycling. *Sports Medicine* 1: 187, 1984.
 - 10) Fagard, R., Aubert, A., Lysens, R., Staessen, J., Vanhees, L. and Amery, A. : Non-invasive assessment of seasonal variations in cardiac structure and function in cyclists. *Circulation* 67: 896, 1983.
 - 11) 沼 哲夫, 幸山彰一, 北浦 孝 : 中学運動部員における有酸素的作業能の発達と心臓の発育. (抄). *体力科学* 33: 490, 1984.
 - 12) Gilbert, C. A., Nutter, D. O., Felner J. M. Perkins, J. V., Heymsfield, S. B. and Schlant, R.C. : Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance-trained athletes. *Am. J. Cardiol.* 40: 528, 1977.