

家庭婦人の体力におよぼす サイクリング運動の効果

体力医学研究所 芝山 秀太郎
同 江橋 博
同 西嶋 洋子
同 松澤 眞知子

緒 言

生活の近代化における特徴的な様相の1つに、筋肉活動の不足がある。すなわち、機械文明の発達にともなって新たに顕在化することになった運動不足症の問題は、青少年の体力低下や成人の社会的活動力低下とも結びつき、健康づくりに深刻な影響を及ぼす risk factor として、多くの関心を集めるようになった^{1,16)}。

しかし、学校体育や職場レクリエーションの機会を有する者と異なり、一般の家庭婦人が身体運動に参加する機会はきわめて少ない^{8,10)}。事実、東京近郊に住むサラリーマン家庭の主婦を対象とした調査によれば、その41%は「身体のどこかに調子のよくないところがある」と認めており⁹⁾、著者らの調査でも、15歳から70歳までの健康な女子967人のうち、85%をこえる人たちが何らかのかたちで、日常生活のなかで体力の低下を感じており、実際、程度の差はあっても、運動不足を自覚している者が90%にも及んでいる。それにもかかわらず、体力づくりのための運動をしている者はわずか44%程度に過ぎず、他はほとんど身体運動の機会さえ持たないものと思われる⁹⁾。

体力と健康の維持増進、および老化にともなう

機能衰退の防止をはかるには、日常生活における運動習慣の形成が重要な意義を有するといわれている¹⁶⁾。しかし、前述のように、本来、身体運動と無縁であった家庭婦人に、新たなスポーツ活動への参加を期待することは、技術の習得に多大の時間を要するなど、理念としては理解されても、著しく実現性に乏しい。むしろ、多くの家庭婦人の日常生活に定着している自転車乗用習慣を積極的に利用して、これにより、over-load principleの成立するような生体負担を検索し、これを1日の運動処方として具体的に与える方が、家庭婦人の体力づくりに対して、より現実的な効果を発揮するのではないかと考えた。

そこで本研究では、家庭婦人の自転車乗用習慣を、体力づくりに効果のある運動負荷にまで高めることを意図し、どのくらいの強さで、どのくらいの時間、自転車乗用運動を行うことが良いかを明らかにしようとした。

実験方法

日常、特別な運動習慣を有しない家庭婦人を被検者として選んだ。20歳代、30歳代および40歳代各3名ずつの計9名であり、その身体的特徴は表1に示した。すなわち、年齢24歳から44歳に至

表1 Physical characteristics of the healthy housewives

Subject	Age	Body height (cm)	Body weight (kg)	Chest girth (cm)	Body surface area (m ²)	Rohrer's Index
CM	24	158.1	57.5	84.0	1.540	145.5
MT	26	161.8	53.5	79.0	1.517	126.3
YK	29	155.2	53.7	78.0	1.476	143.6
mean	26.3	158.4	54.9	80.3	1.511	138.5
NM	30	152.2	56.8	80.9	1.492	161.1
KA	37	151.5	52.2	83.0	1.432	150.1
HB	38	158.2	53.5	85.5	1.492	135.1
mean	35.0	154.0	54.2	83.1	1.472	148.8
TE	40	150.0	44.5	77.0	1.328	131.9
KE	40	161.6	50.3	77.6	1.472	119.2
NS	44	155.6	54.5	83.5	1.486	144.7
mean	41.3	155.7	49.8	79.4	1.429	131.9

表2 Sub-maximal exercise data of the healthy housewives

	H.R. (beats/min)	B.P. (mmHg)	O ₂ pulse (ml)	$\dot{V}O_2$ (ml/min)	$\dot{V}O_2/Wt$ (ml/kg·min)	R.R. (times/min)	$\dot{V}E$ (l/min)	Tidal volume (ml)	O ₂ removal (ml)
CM	187	146	8.05	1504.57	26.17	29	38.48	1326.90	39.10
MT	152	152	9.89	1503.68	28.11	34	42.84	1260.00	35.10
YK	149	156	9.71	1446.70	26.94	29	33.96	1212.86	42.60
mean	162.7	151.3	9.22	1484.98	27.07	30.7	38.43	1266.59	38.93
NM	152	158	9.03	1372.13	24.16	45	44.12	980.44	31.10
KA	173	156	8.52	1474.61	28.25	36	44.55	1237.50	33.10
HB	179	208	7.65	1356.30	25.35	30	34.42	1208.82	39.60
mean	168.0	174.0	8.40	1401.01	25.92	37.0	41.03	1142.25	34.60
TE	151	144	8.73	1318.73	29.63	39	36.53	936.67	36.10
KE	181	154	9.02	1632.14	32.45	48	55.14	1148.75	29.60
NS	161	160	9.88	1589.90	29.17	35	43.44	1241.14	36.60
mean	164.3	152.7	9.21	1513.59	30.42	40.7	45.04	1108.85	34.10

る、いずれも家事労働の従事者で、Rohrer 指数は119.2から161.1に分布し、平均139.7を示す。日本人女子としては標準的な体格を所有していた。

被検者はいずれも、あらかじめ実験室で、sub-maximal exercise を負荷して、運動による生体反応の変化を観察し、内科的異常の認められないことを確かめておいた。すなわち、Monark 社製

の自転車 ergometer を用い、ペダルの回転数を50RPMとし、負荷強度を0.5KPから2.5KPまで、順次0.5KPずつ漸増させ、20分間の自転車乗用運動を行なわせるもので、これにより、各被検者ごとの心拍数・酸素摂取量関係式を求めておいた。これら被検者の sub-maximal 運動時における心拍数や酸素摂取量などは表2に示した。酸素摂取の効率などに、家庭婦人の年代による差は、

必ずしも明らかではなかった。

実験には、グリーンランド（東京都八王子市戸吹）に設けられた1周802mのサイクリング・コースを利用した。家庭婦人の自転車乗用習慣が、実際に調査したところでは、1日平均およそ30分程度であること、また、著者らがランニング運動の生理機能に及ぼす効果を追究した結果、身体発育の終了した30歳代以降では、 $2/3 \dot{V}O_2 \text{ max}$ あるいはそれ以下の負荷レベルで、20分以上の運動時間を費やすことが、とくに脂質代謝を促進させるのに有効であること^{5,11,13,17}、などの諸点を勘案し、家庭婦人に対する運動処方の時間的条件を、30分間のサイクリングと規定した。

これにより、家庭婦人の30分間サイクリングに関する2,3の予備実験を行い、負荷強度を「ややきつい」あるいは「きつい」と自覚しうる程度の、RPE値にして13ないし15の強度を、サイクリング・スピードとした。こうしたサイクリング運動が家庭婦人の体力に及ぼす影響について、図1のような状況のもとに実験が行なわれた。

実験は、連続30分間にわたるサイクリング運動を行わせたときの家庭婦人について、安静時の1

時間尿およびサイクリング運動を含む2時間後の尿を採集した。尿は、ただちに尿量を測定したのち、pH指示薬によって尿pHを求めた。次いで少量のトルエンを加え、5°C以下の条件下に冷蔵した。

VMAの定量はPisano法により、17-OHCS排泄量はPorter-Silber反応、また17-KS排泄量はZimmermann反応をそれぞれ利用して定量を行った。尿定性試験はBoehringer-Mannheimのtest stripにより、蛋白、糖、Keton体、Urobilinogen, Bilirubin, 潜血および細菌をそれぞれ測定した。

また、30分間のサイクリング運動の全経過にわたり、telemetering systemにより、被検者から、胸部双極誘導の心電図と鼻孔部の呼吸曲線とを、連続的に記録した。さらに、運動の前後では聴診法により、上腕部の動脈血圧を、また、運動の前中後で随時にRPE値（主観的運動強度, Ratings of perceived exertion）を測定した。

実験成績

1) サイクリング運動時の呼吸循環機能およびRPEの変化



図1 A photograph showing the experiment of thirty minutes of cycling.

連続30分間にわたるサイクリング運動時の血圧、心拍数、呼吸数およびRPEの変動を図2に示した。家庭婦人のなかから、20歳代(○印)、30歳代(▲印)および40歳代(●印)の典型例を

あげて比較してみた。

各被検者の performance をサイクリングの平均速度から比較してみると、図中に示したように、20歳代では 290m/min であったのに対し、

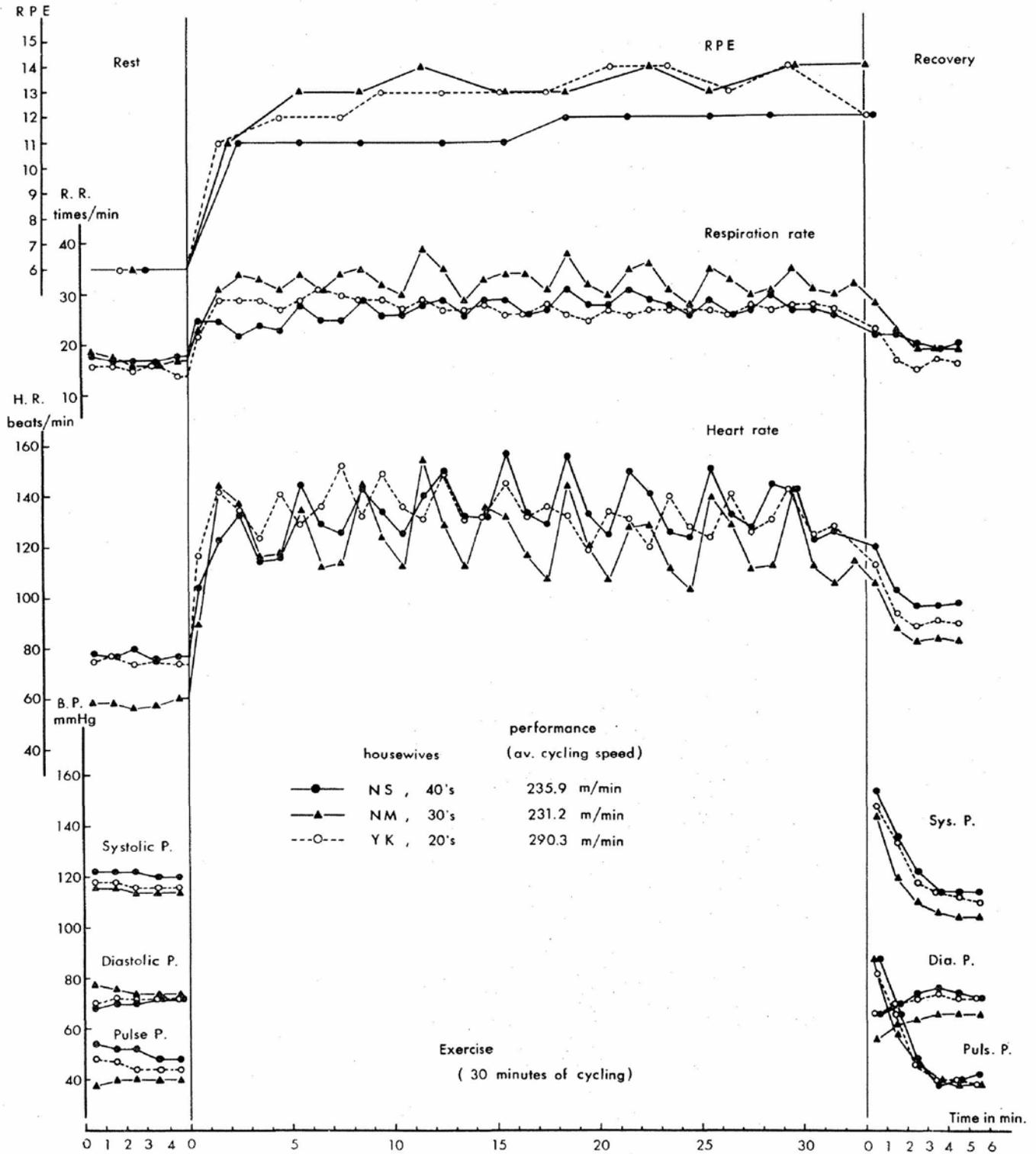


図2 Changes in cardio-respiratory functions due to thirty minutes of cycling

30歳代および40歳代では 230m/min 程度と、20%も小さい値を示した。

連続 30分間のサイクリング 運動直後の 血圧値は、安静時に比して、最大血圧はおよそ20%の上昇、また、最小血圧はおよそ15%の低下を示し、平均すると 152.2/66.4mmHg となって、年代による差はほとんど認められなかった。

心拍数は運動開始とともに上昇し、30分間のサイクリング 時におおむね 100~150% 程度の増加率を示し、最高心拍数は、平均 161.7 ± 11.22 beats/min に達して、そのバラツキは年代による差というよりも、むしろ個人差に由来するものと思われた。同様に、呼吸数変動の推移も、多くは個人差に由来し、サイクリング 時の最高呼吸数は、平均 33.2 ± 3.77times/min に達した。

サイクリング 運動中の任意の 8 ないし 11 の時点で測定した RPE 値は、11~13 を示すのが一般で、RPE max は運動最後の 10 分以内に表れることが多く、それは 12~15 に分布し、平均 13.8 ± 1.09 であった。同じく、年代差による特徴は必ずしも明らかではなかった。

2) サイクリング 運動による尿中物質の変動

連続 30分間のサイクリング 運動の前後で採集した尿により、尿量、尿 pH、VMA 排泄量、17-OHCS 排泄量および 17-KS 排泄量を測定した。その結果を表 3 に示した。

すなわち、尿量は平均で 47.8 ± 18.45 から 36.1 ± 13.79ml/h へと 24.6% の減少となり、加齢とともに尿量は多い傾向にあったが、必ずしも有意ではなかった。

尿 pH は 6.1 ± 0.63 から 5.4 ± 0.73 へと、11.5% の低下であったが、年代による差は認められなかった。

VMA 排泄量は 2 例で減少を示したものの、他の被検者はすべて、サイクリング 運動によって排泄量の増加を示した。平均値で見ると、それは 156.8 から 178.4 μg/h へと、およそ 13.8% の増加率に相当した。

一方、17-OHCS 値および 17-KS 値は、いずれも増加する例と減少する例が相半ばして、平均値で見ると、17-OHCS 値は 222.1 から 197.4 μg/h へ、また、17-KS 値は 379.3 から 338.1 μg/h へ

表 3 Changes in urinary excretion before and after thirty minutes of cycling

	Urinary volume (ml/h)			Urine pH			VMA (μg/h)			17 OHCS (μg/h)			17 KS (μg/h)		
	Before	After	Ratio	Before	After	Ratio	Before	After	Ratio	Before	After	Ratio	Before	After	Ratio
CM	30.00	26.00	-13.3	6.5	6.0	-7.7	186	159	-14.5	261	164	-37.2	504	403	-20.0
MT	24.76	20.49	-17.2	5.5	5.0	9.9	94	166	76.6	—	125	—	—	332	—
YK	58.42	37.00	-36.7	7.0	5.0	-28.6	175	189	8.0	216	215	-0.5	380	377	-0.8
mean	37.73	27.83	-26.2	6.3	5.3	-15.9	151.7	171.3	12.9	238.5	168.0	-20.5	442.0	370.7	-11.8
NM	47.06	40.89	-13.1	6.0	5.0	-16.7	151	168	11.3	254	196	-22.8	400	331	-17.3
KA	65.06	32.24	-50.4	6.0	6.0	0	312	177	-43.3	273	184	-32.6	625	268	-57.1
HB	24.00	20.00	-16.7	5.5	5.0	-9.1	125	166	32.8	—	224	—	—	176	—
mean	45.37	31.04	-31.6	5.8	5.3	-8.6	196.0	170.3	-13.1	263.5	201.3	-27.9	512.5	258.3	-41.6
TE	44.44	36.28	-18.4	7.0	7.0	0	142	225	58.5	187	254	35.8	258	305	18.2
KE	63.45	62.98	-0.7	5.5	5.0	-9.1	102	157	53.9	152	126	-17.1	298	372	24.8
NS	73.13	48.59	-33.6	5.5	5.0	-9.1	124	199	60.5	212	243	14.6	190	311	63.7
mean	60.34	49.28	-18.3	6.0	5.7	-5.0	122.7	193.7	57.9	183.7	207.7	13.1	248.7	329.3	32.4

と、ともに有意ではないが、10%程度の減少を示した。

尿中排泄物質によって生体のホルモン分泌の動

向を観察する場合、尿中では一般に、その大部分が代謝産物であるため、安静時値においても分布幅が著しく大きくなる傾向にあることが知られて

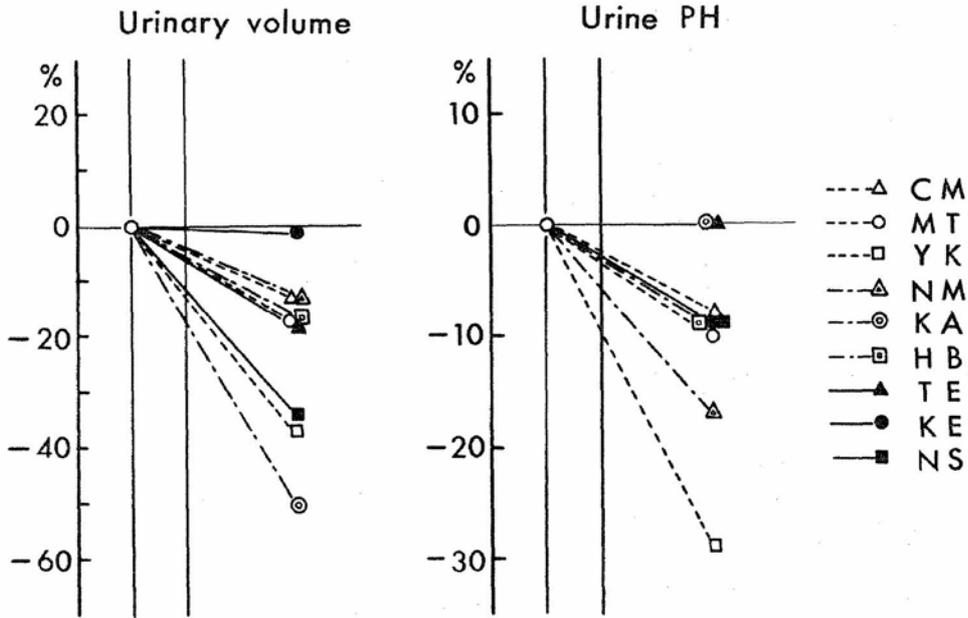


図3 Changes in percent of urinary volume and urine pH due to thirty minutes of cycling.

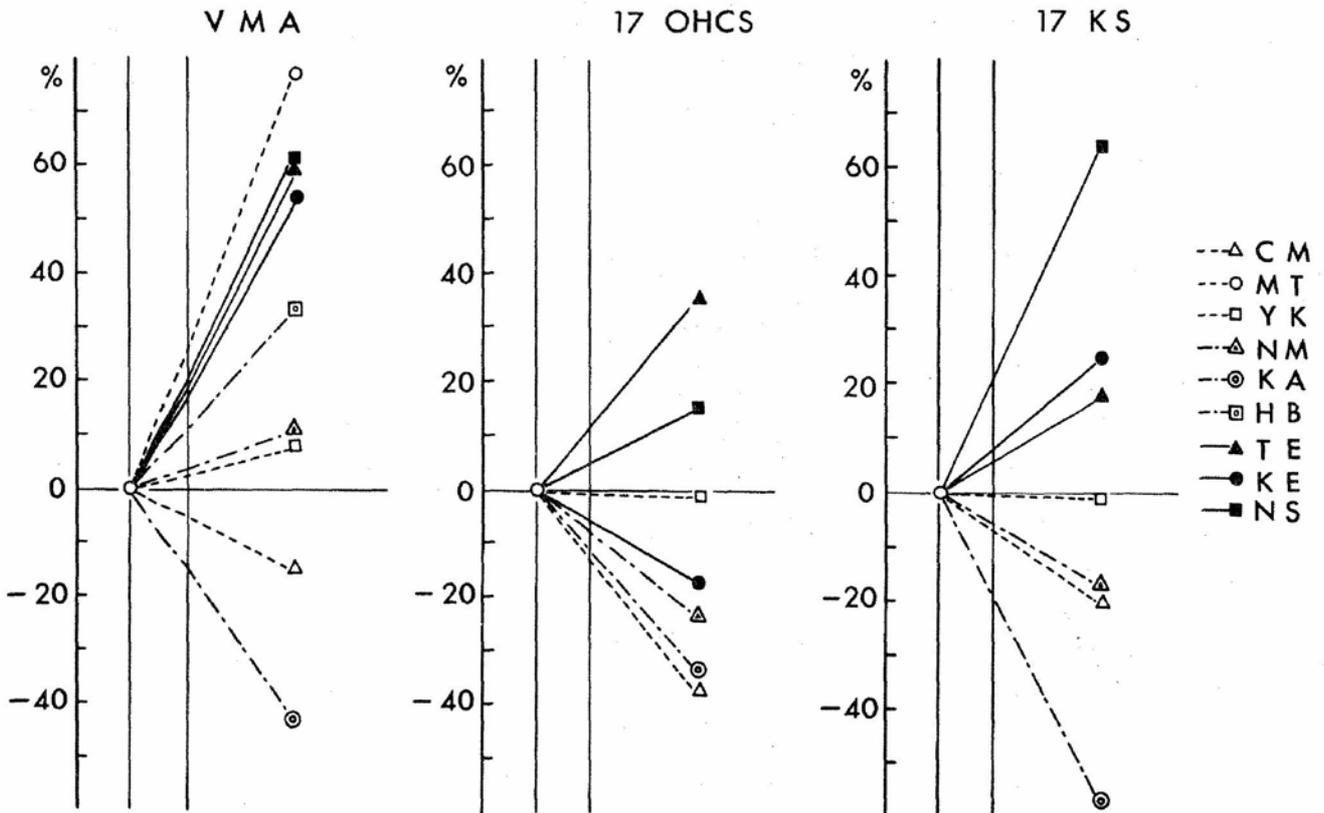


図4 Changes in percent of urinary excretion of VMA, 17-OHCS and 17-KS due to thirty minutes of cycling.

いる^{7,12,20)}。そこで、家庭婦人のサイクリング運動による代謝的変動を、安静時値に対する変化率であらわしてみた。図3に尿量および尿pH、図4にVMA、17-OHCSおよび17-KSをあげた。

尿量は全被検者で減少し、尿pH値も、変わらなかった2例を除いて、サイクリング運動によって低下することが認められた。

VMA排泄量の変動は、個人差のバラツキが非常に大きく、1例で43.3%減を示したものがあつたが、おおむね増加の傾向にあり、最高76.6%増を示した。

17-OHCS および 17-KS 排泄量の変動は、図にもあるようにバラツキが大きく、サイクリング運動の効果として特定の傾向を認めるまでには至らなかった。

さらに、連続30分間のサイクリング運動の前後で行った、尿中の蛋白、糖、Keton体、Urobilinogen, Bilirubin, 潜血および細菌に関する定性試験成績を、表4にあげた。

いずれも、有意な変化は見られなかったが、蛋白についてのみ1例に、25mg/100ml^lまでの排出が認められた。

表4 Results of urfne tests before and after thirty minutes of cycling

	Protein		Glucose		Ketones		Urobilinogen		Bilirubin		Occult blood		Bacteria	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
CM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
YK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HB	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

考 察

日常の自転車乗用習慣から考えて、30分間のサイクリング運動という処方、量的には必ずしも不可能ではない。そこで、この運動が家庭婦人の身体に及ぼす適応過程を、実験成績で述べたように、尿中に排泄されたVMAの変動から観察してみた。図4に示したように著しい増加が認められる。

Nealらは、運動負荷にともなう酸素摂取量の増大とVMA排泄量の増加に高い相関関係のあることを報告しており¹²⁾、また後藤らも、sub-maximalに至るような負荷強度では、増加率およそ100%という著しいVMA排泄量の増高を認めている⁴⁾。堤によれば、この量は毎分10μg以上のカテコールアミン分泌増大に相当するといふ¹⁹⁾。したがって、本報告の連続30分にわたるサイクリング運動時の生体負担は、VMA排泄量を

指標とするならば、増加率50%を越えるものだけでも全9例中4例に達し、尿量が半分以下に減少したために VMA 排泄量 43.3% 減となった1例を除けば、137.4 μ g/h から 178.6 μ g/h へと、平均的にみても30%増に相当し、カテコールアミンの十分な分泌増大が推察される。

副腎・交感神経系のホルモンであるカテコールアミンは、体内環境の恒常性維持にはたらき、生体の必要に応じて血中に分泌され、その大部分は VMA まで代謝されて尿中に排泄される^{2,4,20)}。したがって、この VMA 排泄量は、体内のカテコールアミン分泌量のレベルを、間接的に知る手段として、きわめて重要視されている^{6,19)}。

本研究のサイクリング運動でみられたカテコールアミン分泌の変動パターンは、この運動負荷が十分に over-load principle の成立するような、高い生体負担を示すストレスラーとしてはたらいたことを示唆するものであろう^{14,18)}。

また、尿量の減少、尿 pH の低下、尿蛋白の陽性反応出現、そして RPE max が平均でも14に近く達したなど、自身で「ややきつい」あるいは「きつい」と自覚しうる程度のサイクリング運動であっても、30分間連続して行うことにより、全体として、家庭婦人の身体に、より高いトレーニング効果をもたらすに十分な運動刺激となっていることが推察される。事実、心拍数が最高 161.7beats/min、呼吸数が最高 33.2times/min という運動時の変動パターンは、呼吸循環機能の動員レベルが、70% $\dot{V}O_2$ max 水準を越えるほどのものであることを示唆している^{5,15)}。

以上のことから、日常、運動習慣を有しない家庭婦人に、自転車乗用習慣を利用して、身体機能の活動水準を高めさせるには、自身の生活空間のなかで、「ややきつい」あるいは「きつい」と自覚しうる程度のスピードで、30分間つづくようなサイクリング運動を行わせるが、運動刺激として

適当なストレスラーであり、家庭婦人の体力づくりとしてきわめて効果の高い方法であると考察した。

総 括

体力と健康の維持増進および老化にともなう機能衰退の防止をはかるには、日常生活における運動習慣の形成が重要な意義を有する。しかし、本来、身体運動と無縁であった家庭婦人に、新たなスポーツ活動への参加を期待することは、理念としては理解されても、著しく実現性に乏しい。

そこで、家庭婦人の日常生活に定着している自転車乗用習慣を積極的に利用して、これにより over-load principle の成立するような生体負担を検索し、これを1日の運動処方として負荷する方が、より現実的であろうと考えた。

被検者として、20歳代、30歳代および40歳代から各3名ずつ計9名の健康な家庭婦人をえらび、屋外のサイクリング・ロードを利用してサイクリング運動を行わせ、このときの生理機能の変化を、尿中物質の変動と呼吸循環機能の反応から追究した。

その結果、日常、運動習慣を有しない家庭婦人に、自転車乗用習慣を利用して身体機能の活動水準を高めさせるには、自身の生活空間のなかで、「ややきつい」あるいは「きつい」と自覚しうる程度のスピードで、30分間つづくようなサイクリング運動を行わせるのが、運動刺激として適当なストレスラーであり、家庭婦人の体力づくりとしてきわめて効果の高い方法であると結論した。

文 献

- 1) Åstrand, P.O. and K. Rodahl ; Textbook of work physiology Mc Graw-Hill Book Co, N.Y., 1970
- 2) Bloom, S.R., R.H. Johnson, D.M. Park, M.J. Rennie and W.R. Sulaiman ; Differences in the metabolic and hormonal response to exercise between racing cyclists and untrained individuals, *J. Physiol.*, 258, 1—18, 1976
- 3) 江橋 博, 芝山秀太郎 ; 中高年者の体力づくりに関する意識, 第15回人類働態学会抄録集12, 1980
- 4) 後藤芳雄 ; 運動とカテコールアミン, 体育の科学, 27 (4), 289—294, 1977
- 5) 後藤芳雄, 堤 達也, 江橋 博, 芝山秀太郎 ; 鍛練者における運動時のカテコールアミン及び副腎皮質ホルモンの分泌について, 第28回日本体育学会大会号, 261, 1977
- 6) Hartley, L.H. ; Growth hormone and catecholamine response to exercise in relation to physical training, *Med. Sci. Sports*, 7 (1), 34—36, 1975
- 7) Howley, E.T., J.S. Skinner, J. Mendez and E.R. Buskirk ; Effect of different intensities of exercise on catecholamine excretion, *Med. Sci. Sports*, 2 (4), 193—196, 1970
- 8) 加賀谷淳子 ; 現代の家庭婦人の運動行動, 体育の科学, 25 (4), 230—236, 1976
- 9) 加賀谷淳子 ; 生活における運動不足の現状—家庭婦人を中心に, 体育の科学, 27 (1), 26—32, 1977
- 10) 増田 允, 芝山秀太郎, 遠藤和枝 ; 女子中高年者の体力特性について, 体力研究, 13, 27—35, 1967
- 11) 松沢真知子, 芝山秀太郎, 江橋 博, 西島洋子 ; 長期トレーニングにともなう成人女子の安静時血中物質の推移, 体力科学, 28 (4)336—337, 1979
- 12) Neal, C., C. Smith, K. Dubowski and J. Naughton ; 3-methoxy-4-hydroxymandelic acid excretion during physical exercise, *J. Appl. Physiol.*, 24 (5), 619—621, 1968
- 13) 西島洋子, 芝山秀太郎, 江橋 博 ; 走トレーニングが成人女子の有酸素的作業能におよぼす影響, 第32回日本体力医学会総会報告書 52, 1979
- 14) Ohira, Y., H. Shibayama and H. Ebashi ; Energy sources in skeletal muscle for various types of exercise, *Bull. Phys. Fitness Res. Inst.*, 43, 28—40, 1979
- 15) Rennie, M.J. and R.H. Johnson ; Alteration of metabolic and hormonal responses to exercise by physical training, *Europ. J. Appl. Physiol.*, 33, 215—226, 1974
- 16) Ricci, B. ; Physical and physiological conditioning for men., W.M.C. Brown Co., Dubuque, Iowa, 1976. (芝山秀太郎, 江橋博共訳「科学的な身体づくり」, 現代人社, 東京, 1976)
- 17) Shibayama, H. and H. Ebashi ; A study on the effect of long-term physical training of adult men., In: Landry, F. and W.A.R. Orban Eds "Exercise physiology" 433—444, Symposia Specialists, Inc., Miami, Florida, 1978
- 18) 芝山秀太郎, 江橋 博, 西島洋子, 松沢真知子 ; 中学校における体力づくり教材の生理機能におよぼす効果, 体育科学, 7, 72—79, 1979
- 19) 堤 達也 ; 運動とホルモンの動態, スポーツ関係臨床医相互研修会報告, 61—73, 日本体育協会, 東京, 1979
- 20) White, J.A., A.H. Ismail and G.D. Bottoms ; Effect of physical fitness on the adrenocortical response to exercise stress, *Med. Sci. Sports.*, 8, 113—118, 1976