

運動の腎臓機能に及ぼす影響

東京慈恵会医科大学 鈴木 政 登
 (共同研究者) 同 塩 田 正 俊
 同 中 島 孝 之

I. はじめに

腎臓は体内で生成された終末代謝産物や有害物質の排泄，体液浸透圧および pH の調節など内部環境の恒常性維持機能を有し、身体運動に際しては運動機能の亢進には直接貢献する臓器ではない。また，レニン (Renin) — アンジオテンシン (Angiotensin) — アルドステロン (Aldosterone) 系 (RAA 系) を介しての循環体液量や血圧調節など¹⁾も知られている。

運動時には腎血流量の減少²⁾や尿中に血漿由来のタンパクなどが観察される³⁾ことから，筋活動時には腎臓機能が一時的に障害されるものと思われる。また，血漿レニン活性 (PRA) やアンジオテンシン (Ang.) 等が著しく変動する⁴⁾ことから，運動時の体液量維持や血圧調節にも RAA 系が関与していることは十分に推定される。

本研究では，健康成人を対象にトレッドミルでいろいろの強度の運動 (100 ~ 40% $\dot{V}O_2\text{max.}$) を

負荷し，腎クリアランス試験⁵⁾，尿中 β_2 ミクログロブリン排泄量⁶⁾ および血中 RAA 系の動態などを観察し，腎臓機能と運動強度との関連を調べ，腎臓への影響の少ない運動強度の把握を試みた。

II. 方 法

研究対象者は，高血圧症，腎疾患，循環器疾患その他の明らかな内科的疾患の病歴がなく，現在もきわめて健康な成人男子 5 名であった。対象者の形態的特性や最大心拍数 (max. HR.)，最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max.}$) を一括して表 1 に示した。

実験は午前 9 時から午後 1 時の間に行われた。実験室来室後排尿し，60 分以上の椅坐安静保持後に 20 分間のトレッドミル走を負荷した。但し，all out 運動は 15 ~ 17 分間の運動であった。安静時，運動時および回復期にテレメーターで心電図および心拍数を記録した。また，運動時にダグラ

表 1 Anthropometric data and results of maximal exercise tests

Subj.	Age (yrs.)	Height (cm)	Body weight (kg)	Maximal heart rate (beats/min)	Maximal O_2 uptake (l/min)
Y.E.	20	168	70	202.4	2.294
S.M.	29	168	70	201.0	3.023
K.S.	21	170	62.5	211.3	2.938
N.K.	26	164	65	207.0	3.686
S.U.	31	170	69	199.0	3.513
mean	25.4	168	67.3	204.1	3.091
± SD	± 4.8	± 2.4	± 3.4	± 5.0	± 0.55

スバック法で呼気ガスを採取し、ショランダーおよび AIC 呼気ガスアナライザーで分析し、運動時の酸素摂取量を求めた。負荷強度は $\dot{V}O_2\max.$ を指標とし、その 100%, 82±9.4%, 50±4.7%, 40±3.5%相当強度の 4 種類であった。

血液、尿の採取および血圧計測は、運動前、運

動後 3 分、30 分および 120 分後に行った。血液および尿中成分の検査項目、検査方法、正常範囲^{6)~8)} を表 2 に示した。この他に、ウロラブステックスによる尿定性試験および尿素、尿酸、クレアチニンクリアランス値なども算出した。

表 2 Determined items, methods and normal ranges in blood and urine

検査項目	検査方法	正常範囲
血糖	Glucose-oxidase-peroxidase	60~110mg/dl
乳酸	Enzymatic	9~16mg/dl
遊離脂肪酸	Laurell-TAC	0.2~0.6mEq/l
尿酸	Uricase	3.5~8.4mg/dl (男)
クレアチニン	Jaffe 法	0.5~1.3mg/dl (男)
尿素窒素	ジアセチルモノオキシム法	8~17mg/dl
血漿レニン活性	RIA デキストランチャコール	0.5~20ng/ml/hr
アンギオテンシンII	RIA 二抗体法	100pg/ml 以下 (安静時)
アルドステロン	RIA ポリエチレングリコール法	113.6±61.5pg/ml (立位)
β_2 ミクログロブリン	RIA セファデックス	血漿 : 0.8~24mg/l 尿 : 5~253 μ g/l
<クレアチニン> <クリアランス>		70~130ml/mm
尿素クリアランス		62~77ml/mm

III. 結 果

血糖(BS)、乳酸(LA)、血清遊離脂肪酸(FFA)、血清尿酸(UA)および血中 β_2 ミクログロブリン(β_2 micr.)の運動前後の変化を表 3 に示した。

BS, LA は激しい運動ほど運動直後の上昇が著明であった。FFA および β_2 micr. と運動強度とは明らかな関連は認められなかった。UA は運動後漸次上昇し、2 時間後にはいずれの強度の運動でも有意 ($P<0.001$) な上昇であり、all out 後の上昇が最も著しかった。

表 4 には PRA, Ang. II, アルドステロン (Ald.) および血圧の変化を示した。運動前の PRA, Ang. II は表 2 の正常値と比較し、やや高値であるが、Ald. は正常範囲にあった。Ang. II の日差変動はやや大きく、変動係数は 24% であ

たが、血圧はほぼ 106~118mmHg の範囲内にあり、日差はなかった。

図 1 は運動後の PRA の消長を、運動前値を基準とし、運動強度別に図示したものである。運動後 3 分時ではいずれも有意な上昇を示し、50% $\dot{V}O_2\max.$ 強度後の上昇が最も著明であり、次いで 82%, 100%, 40% $\dot{V}O_2\max.$ 強度の順であった。ほとんどの場合、30 分後には減少し、120 分後にはほとんど前値に回復していたが、100% 運動では運動後 30 分以降減少するものの、30 分後の値は前値と比較し有意 ($P<0.01$) な高値であり、120 分後でもやや高値を示していた。

図 2 は運動後の Ang. II の消長を示しものである。激しい運動ほど運動後 3 分時の上昇が著明であり、100% および 50% $\dot{V}O_2\max.$ 運動後では、30 分および 120 分後にも前値と比較しやや高値であった。40% 運動では運動後 3 分の上昇も有意では

表3 Blood sugar, blood lactate, FFA, uric acid and β_2 microglobulin levels before and after exercises

Items		before exercise	after exercise		
			3 min	30 min	120 min
BS mg/dl	A	78±5	105±15	81±13	72±12
	B	74±6	94±6	70±7	77±7
	C	78±2	88±9	77±6	77±6
	D	80±5	84±5	77±6	79±9
LA mg/dl	A	10±2	95±14	53±22	12±2
	B	9±5	51±19	18±6	12±2
	C	10±1	19±10	13±4	10±2
	D	11±2	14±5	12±3	10±3
FFA mEq/l	A	0.39±0.19	0.49±0.17	0.37±0.08	0.67±0.26
	B	0.51±0.23	0.73±0.34	0.51±0.14	0.63±0.15
	C	0.35±0.11	0.58±0.19	0.47±0.07	0.58±0.09
	D	0.43±0.19	0.64±0.34	0.55±0.20	0.57±0.08
UA mg/dl	A	6.2±0.3	6.2±0.4	7.3±0.9	7.7±0.9
	B	6.0±0.6	6.1±0.7	6.3±0.5	6.3±0.6
	C	5.6±0.5	5.9±0.6	5.9±0.6	5.0±0.6
	D	5.3±0.8	5.5±0.5	5.5±0.7	5.5±0.7
β_2 micr μ g/ml	A	1.11±0.12	1.22±0.23	1.16±0.17	1.12±0.12
	B	1.25±0.36	1.40±0.41	1.44±0.37	1.33±0.34
	C	1.12±0.36	1.35±0.48	1.19±0.21	1.27±0.31
	D	1.17±0.22	1.32±0.33	1.30±0.29	1.29±0.34

A : 100%, B : 82±9.4%, C : 50±4.7%, D : 40±3.5% $\dot{V}O_{2max}$.

表4 Plasma renin activity (PRA), angiotensin II (Ang. II), aldosterone (Ald.) and blood pressure before and after exercises

Items		before exercise	after exercise			
			3 min	30 min	120 min	
PRA ng/ml/hr	A	1.9±0.90	8.8±4.2	5.1±1.8	3.2±1.2	
	B	2.6±0.70	10.5±4.2	4.2±1.8	3.3±1.3	
	C	2.7±1.0	12.6±4.0	4.4±1.9	3.1±1.0	
	D	2.3±1.2	5.6±2.9	3.6±1.4	3.1±0.8	
Ang. II pg/ml	A	116±44	201±35	165±35	133±37	
	B	140±26	196±50	142±41	132±25	
	C	169±24	200±45	196±23	180±20	
	D	185±17	203±41	194±24	180±22	
Ald pg/ml	A	76±14	122±32	151±50	99±31	
	B	89±40	159±48	121±56	87±34	
	C	63±21	134±57	93±49	62±30	
	D	62±29	116±66	91±47	65±34	
Blood pressure mmHg	A	a	115±7	154±8	107±5	112±13
		b	73±13	24±22	66±13	64±9
	B	a	118±4	137±15	111±5	108±7
		b	72±7	48±16	69±5	72±9
	C	a	116±12	133±13	110±11	114±8
		b	73±7	95±18	67±6	70±17
	D	a	106±14	119±15	102±10	103±13
		b	69±10	67±11	64±11	68±10

A : 100%, B : 82±9.4%, C : 50±4.7%, D : 40±3.5% $\dot{V}O_{2max}$.
a : systolic pressure, b : diastolic pressure

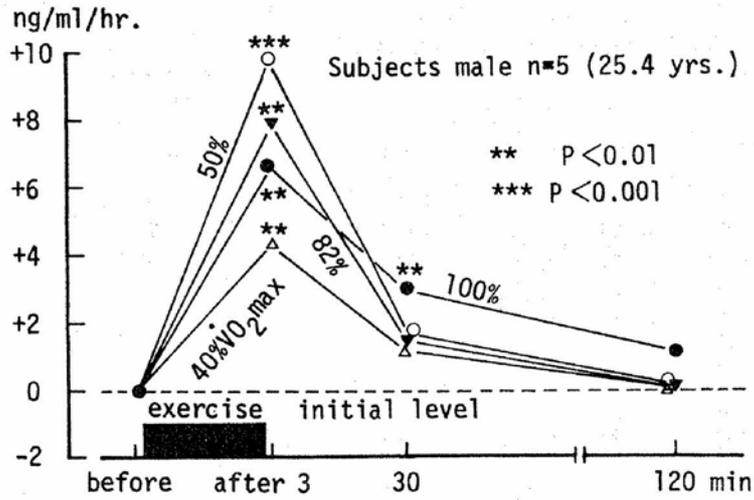


図1 運動強度と運動後の血漿レニン活性の消長

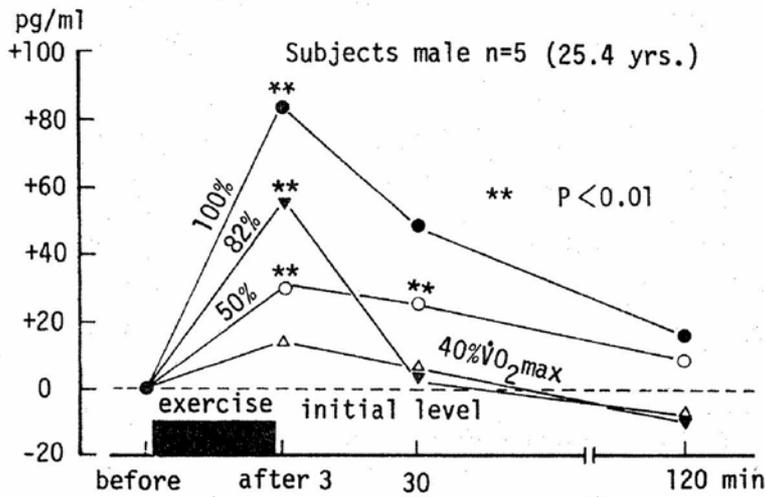


図2 運動強度と運動後の血漿アンギオテンシンIIの消長

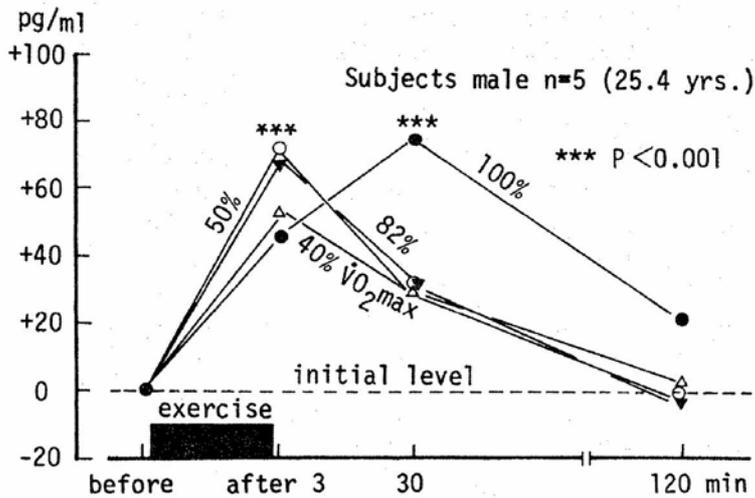


図3 運動強度と運動後の血漿アルドステロンの消長

なく、30分後にはほぼ前値に回復していた。

図3に運動後のAld.の消長を示した。Ald.は運動後に上昇するが、40~82% VO₂max.運動後

では、3分後の上昇が最も著しく、120分後にはほぼ前値に回復していたが、100%運動後では、30分後に最も上昇し、120分後でもやや高値であ

った。運動強度と運動後の Ald. の上昇程度とは関連が認められなかった。また、運動前および後の血圧値と Ang. II との関連は低く、相関係数 $r=0.116$ であったが、運動前値のみの相関係数は $r=-0.346$ と負の相関であった。PRA と Ang. II との相関は $r=0.353$ であったが 40~50% $\dot{V}O_2\text{max.}$ の中等度以下の運動では、 $r=0.422$ であった。血圧と PRA および Ald. の相関はきわめて低かった。

表 5 には、尿酸(CuA)、クレアチニン(Ccrea.)、尿素クリアランス (Cun)、尿量および β_2 micr 尿中排泄量を示した。運動前の CuA, Ccrea. および Cun 値には大きな日差変動は見られなかった。

図 4 に、CuA および Cun 値の運動後の変化を、運動前値を基準として強度別に示した。CuA お

よび Cun いずれも、82%~100% $\dot{V}O_2\text{max.}$ の激しい運動後では有意な低下を示している。しかし、50%運動30分後では CuA, Cun いずれも上昇する傾向にあり、2時間後では、CuA は前値に回復するが、Cun ではやや低下する傾向であった。40% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 運動後には CuA, Cun いずれもやや減少する傾向にあった。

尿量は表 5 に見られるように、運動強度との関連はほとんど認められなかった。また、尿量と Ald. との相関係数は、 $r=-0.112$ の負の相関であった。 β_2 micr. 尿中排泄量は図 5 に見られるように、100%運動後の排泄が著しく、運動後30分までの排泄量は平均ではほぼ運動前の23倍の増加であった。120分後でも3.6倍の高値を示した。82% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 以下の強度では、運動による変化はほ

表 5 Levels of renal clearance, urine volume and β_2 microglobulin output in urine before and after exercises

Items		before exercise	after exercise	
			30 min	120 min
Cua ml/min	A	6.8±2.5	3.3±1.6	5.7±2.2
	B	6.2±2.3	2.9±1.0	4.9±1.8
	C	6.9±1.2	8.3±4.5	6.7±2.8
	D	7.0±2.1	5.9±3.2	5.4±1.9
Ccrea. ml/min	A	102±25	76±15	83±17
	B	103±28	85±16	96±17
	C	104±29	154±90	121±75
	D	109±18	114±23	105±16
Cun ml/min	A	45± 8	27± 6	34± 5
	B	50±17	29± 4	43± 6
	C	43± 7	50±23	37±10
	D	42± 7	39± 8	37± 7
Urine volume ml/min	A	0.75±0.24	0.76±0.50	0.71±0.36
	B	0.63±0.26	0.34±0.16	0.50±0.24
	C	0.79±0.21	0.92±0.48	0.70±0.30
	D	0.79±0.29	0.65±0.30	0.57±0.16
β_2 micr* ng/min	A	47±19	1085±1021	167±172
	B	88±50	72±32	85±22
	C	57±20	99±44	55±22
	D	85±70	78±68	65±39

A : 100%, B : 82±9.4%, C : 50±4.7%, D : 40±3.5% $\dot{V}O_2\text{max.}$
* output in urine

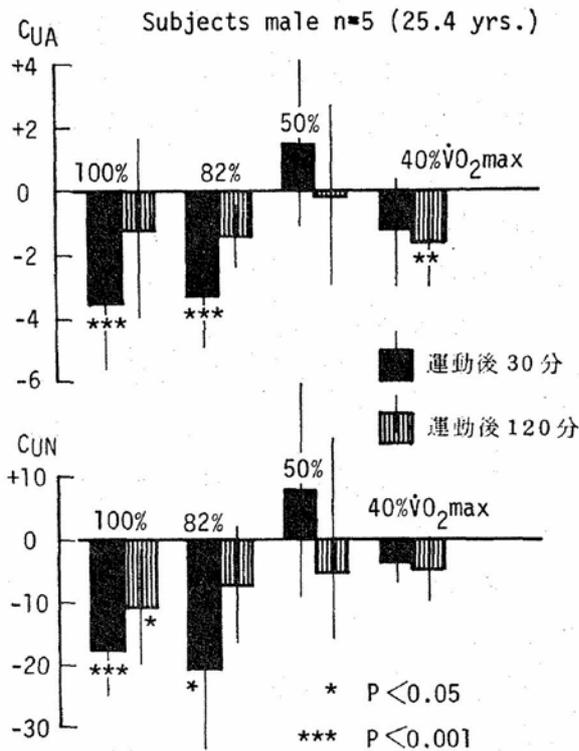


図4 運動強度と尿酸および尿素クリアランス (運動前値からの増減で示した)

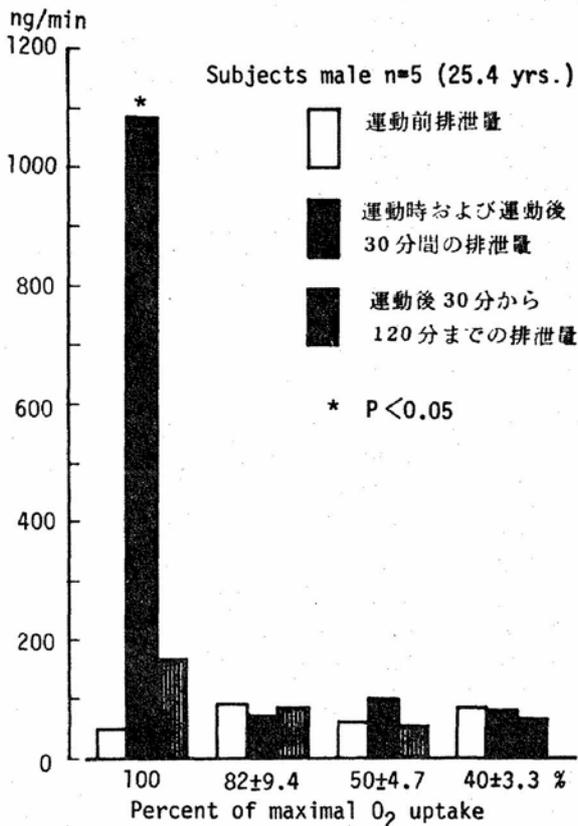


図5 運動前および運動後の β_2 ミクログロブリン尿中排泄量

とんど見られなかった。また、尿定性試験の結果、100%運動30分後にほとんどが尿タンパク陽性(+~卍)を示した。

IV. 考 察

安静時の腎循環血流量は1380ml/minもあり、心拍出量のほぼ23%にも相当する⁹⁾。腎臓機能のうち、体液恒常性維持としての具体的な働き¹⁰⁾は、尿素、尿酸、クレアチニン、 SO_4^{--} 、 PO_4^{--} などの排泄、水・電解質代謝平衡の維持、細胞外液量・浸透圧の調節、酸・塩基平衡の調節などである。その他の機能としては、RAA系を介しての血圧調節作用や各ホルモンなどの産生¹⁰⁾があげられよう。したがって、腎血流量を正常に維持することによって、腎本来の機能がはたさることになるのは言うまでもない。

腎血流量の調節については3つの機序^{12,13)}が考えられている。すなわち、神経性、体液性および自働性調節の3つであり、これらの3つの機構が互いに関連しあっていることは言うまでもない。とくに、腎臓は他のどの内臓よりも豊富な交感神経支配を受けており、しかも、その血管壁には α 受容体が豊富に分布している¹³⁾といわれる。また、腎はRAA系による局所的調節も受け、ショック時などでは乏尿・無尿がおり、低血圧に対して真先に犠牲にされる弱い臓器の1つでもある¹³⁾。

運動時には、腎血流量はほぼ心拍出量の2.3%に減少し、絶対腎血流量は安静時のほぼ半分以下に減少することが報告されている¹⁴⁾。また、Grimby¹⁵⁾は、運動強度の上昇に従い腎血流量が低下することを報告している。

このように、運動時に腎の機能が低下し、その回復が遅延するような場合には、生体にとって好

ましからざる影響をもたらすことは言うまでもなく、とくに軽度であれ腎疾患を有する者では深刻となる。

本研究では、種々の強度で運動負荷し、負荷後の RAA 系や各腎クリアランス試験の結果から、運動強度と腎機能との関連を調べた。

運動が激しいほど運動後の血圧上昇が著しく、Ang. II の上昇も著明であったことから、運動時の血圧上昇に Ang. II の関与のあることは十分に推定される。しかし、PRA は 50% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 運動後に最も上昇し、以下 82%、100%、40% $\dot{V}O_2\text{max.}$ の順であった。レニンは傍糸球体細胞装置から分泌される¹⁶⁾が、その分泌調節^{16~20)}は交感神経、体液中のカテコールアミンおよび輸入細動脈圧などであり、運動時にはカテコールアミン分泌が増し、70% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 以上の強度ではその上昇が著明となる²¹⁾。Kotchen²²⁾らは、運動強度の上昇にともない PRA が上昇することを報告しているが、本研究では、50% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 後の上昇が最も著しかった。中等度強度で PRA が上昇することは、われわれの先行研究⁴⁾でも認められた。この理由として、次のようなことが考えられる。すなわち、中等度強度以下の運動では、カテコールアミンの分泌が比較的少なく、輸入細動脈圧の変化も少なかった結果、レニンの分泌が軽度であったものと思われる。また、Ang. II の産生過剰はレニンの分泌を抑制する¹⁶⁾ことから、激運動後の PRA 値は、Ang. II の上昇に抑制された結果と思われる。

Ald. は運動強度と関係なく運動後に上昇したが、その分泌はレニン—アンギオテンシン系を介して行われており¹⁾、運動後に骨格筋の血管床の拡張にともなう血圧の低下を防止するために、運動後比較的高値が持続していたものと思われる。

各腎クリアランス試験の結果、運動が激しいほど CuA, Cun および Ccrea. が低下することが示

されたが、これは、腎血流量減少に起因する²³⁾のものであろう。しかし、50% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 程度の中等度運動後では、むしろ腎クリアランスが運動前値よりも上回ることが示された。このような結果は、Kachadorianら²⁴⁾やわれわれの先行研究²⁵⁾でも認められたが、その機序は今のところ明らかではない。

100% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 運動後に、尿中に $\beta_2\text{micr.}$ の排泄が著しく増した。しかし、血清 $\beta_2\text{micr.}$ 水準はほとんど変化しなかったことから、近位尿細管における $\beta_2\text{micr.}$ の再吸収能の低下によるものではなく、尿細管組織由来⁶⁾のものと思われ、激運動後には、一過性に尿細管障害をもたらされるものと思われる。

尿定性試験の結果、激運動後にほとんどの者が尿タンパク陽性 (+~++) を示した。運動後の尿タンパクはほとんどが血漿由来であり、その主成分はアルブミンである²⁶⁾と言われ、その出現機序は、糸球体濾過膜の透過性亢進による血漿タンパク濾過の増加に起因する²⁶⁾と言われている。しかし、小郷らは²⁷⁾、長距離走後に腎尿細管上皮細胞に多く含まれる r-GTP や LAP (ロイシンアミノペプチダーゼ) の尿中排泄量が増すことから、尿タンパクは血漿由来のみによるものでないことを指摘し、Poortmans ら²⁸⁾は、血漿由来の尿タンパクは安静時尿では 57%、運動後尿では 82% を占めていると報告している。

これらの知見や、激運動後に血清 $\beta_2\text{micr.}$ 水準がほとんど変化しないにもかかわらず尿中に著しく排泄されることから、運動後の尿タンパクには、腎組織由来のものも含まれているものと思われる。しかし、激運動でも 2 時間後にはほぼ回復することから、これは一過性の障害であろう。また、82% $\dot{V}O_2\text{max.}$ 以下の強度では尿中 $\beta_2\text{micr.}$ 排泄増加は認められなかったことから、尿細管に及ぼす影響はそれほど著明ではなかったものと思

われる。

V. 結 論

健常成人男子5名を対象に20分間のトレッドミル走 (All out 運動は15~17分間) を負荷し, 各腎クリアランス試験, RAA系, 血圧の動態, β_2 micr. 尿中排泄量 および尿定性試験の結果などから, 腎臓機能に及ぼす運動強度の影響を調べ, 腎への影響の少ない運動強度の把握を試み, 次のような知見を得た。

1) 100% $\dot{V}O_2$ max. 強度の運動後では, 血圧の著しい上昇とともに, Ang. II の著明な上昇, CuA, Cun および Ccrea. の有意 ($P < 0.001$) な低下を示し, 運動後2時間を経ても回復していなかった。また, 運動後30分までの β_2 micr. の尿中排泄量は運動前のほぼ23倍であり, 2時間後でも3.6倍の排泄量であった。運動後の尿タンパク定性試験の結果, ほとんどの者が+~卅の陽性を示した。

2) 82% $\dot{V}O_2$ max. 強度の運動後では, β_2 micr の尿中排泄量の増加は認められなかったが, 腎クリアランスの結果は100% $\dot{V}O_2$ max. 運動後の消長とほとんど同様であった。運動後の尿タンパク定性試験の結果, ほとんどの者が+~±を示した。

3) 50% $\dot{V}O_2$ max. 強度の運動後では, 運動後30分までの腎クリアランス試験の結果は, 運動前値を上回っていた。尿タンパク定性試験の結果は, ほとんどが-~±の反応を示した。運動後のPRAやAng. IIの上昇も比較的軽度であった。

4) 40% $\dot{V}O_2$ max. 強度の運動後では, 運動後の腎クリアランスは運動前値を下回る傾向であった。PRAやAng. IIの運動後の上昇も軽度であり, 運動後の尿タンパク定性試験の結果は, ほとんどが陰性であった。

以上の結果から, 腎機能への影響は運動強度が

低い程少ないと思われるが, 呼吸・循環機能や代謝能への運動効果を考慮すると, 健常者が日常行う運動の強度としては, 50% $\dot{V}O_2$ max. 程度の中等度運動が妥当と思われる。

文 献

- 1) 屋形稔; レニン・アンジオテンシン・アルドステロン, *medicina*, Vol. 17, 4, 602-604 (1980)
- 2) Chapman, C.B., et al; The effect of exercise on renal plasma flow in normal male subjects, *J. Clin. Invest.*, 27, 639 (1948)
- 3) McKay, E., et al; Studies of human proteinuria. II. Some characteristics of the gamma globulins excreted in normal, exercise, postural, and nephrotic proteinuria. *J. Clin. Invest.*, 41, 1638-1652 (1962)
- 4) 鈴木政登・他; 血漿レニン, アンジオテンシン及びカテコールアミン水準に及ぼす運動強度の影響, 日本体育学会第30回記念大会号, P292 (1979)
- 5) 武内重五郎編; 臨床腎臓病学, 76-83, 南江堂, 東京 (1975)
- 6) 馬場茂明・他; β_2 -microglobulin, *medicina* Vol. 17, 4 (1980)
- 7) SRL 検査要覧, 東京 (1980)
- 8) 臨床検査正常値, 東京慈恵医大中央検査部 (1980)
- 9) Haddy, F.J.; Survey of current knowledge of visceral blood flow, *Am. J. Digest. Dis.*, 8, 558 (1963)
- 10) 武内重五郎編; 臨床腎臓病学, P19, 南江堂, 東京 (1975)
- 11) Thurau, K.; Renal hemodynamics, *Amer. J. Med.*, 36: 698 (1964)
- 12) 武内重五郎・他; 腎循環調節, Recent Advance Series「腎臓」, P313, 中山書店, 東京 (1973)
- 13) 吉竹毅・他; ショック—理論と実際, P92-93, 中外医学社, 東京 (1979)
- 14) P.O. オストランド (浅野勝己訳); 運動生理学, P94, 大修館, 東京 (1976)
- 15) Grimby, G.; Renal clearances during prolonged supine exercise at different loads., *J.*

- Appl. physiol.* 20 (6), 1294—1298 (1965)
- 16) 熊原雄一・他；レニン・アンギオテンション，「血中ホルモン」，P448—458，医学書院，東京（1980）
- 17) Sandford, L.S. ; Control of renin secretion, *Circulation Research*, 15, 64—76 (1964)
- 18) Suzanne, O. ; Role of renin in acute postural homeostasis, *Circulation*, 16 (1970)
- 19) Ljubomin, B. ; Effect of ganglionic blocking on plasma renin activity in exercising and pain-stressed rats, *Acta physiol. scand.* 70, 290—292 (1967)
- 20) Richard, D.G. ; Role of the sympathetic nervous system in regulating renin and aldosterone production in man, *J. Clin. Invest.* 46, 599—605 (1967)
- 21) Ikawa, S., et al ; Catecholamines metabolism during physical exercise (3), *J. physiol. Soc. Japan*, 41, 418 (1979)
- 22) Kotchen, A.T., et al ; Renin, norepinephrine, and epinephrine responses to graded exercise, *J. Appl. physiol.* 31 (2), 178—184 (1971)
- 23) 阿部正和編（村上長雄）；運動療法，P67，朝倉書店，東京（1978）
- 24) Kachadorian, W.A., et al ; The effect of exercise on some clinical measures of renal function, *Amer. Heart J.*, 82, 2, 278—280 (1971)
- 25) 井川幸雄；中高齢者の運動処方と安全限界の生化学的解釈，*体力科学*，Vol. 27, 4, 173—174 (1978)
- 26) 藤原芳廣・他；運動性蛋白尿，*臨床病理*，臨時増刊特集第36号，75—84 (1979)
- 27) 小郷克敏・他；長距離走によるタンパク尿，*医学と生物学*・第96巻・第3号，131—135 (1978)
- 28) Poortmans, J., et al ; Quantitative immunological determination of 12 plasma proteins excreted in human urine collected before and after exercise, *J. Clin. Invest.*, 47, 386—393 (1968)