

## 体育生理学の基礎的研究

### 第6報 摘出蟾心灌流及び摘出家兔腸管運動に 及ぼす2,3の中間代謝関係物質の影響

大 永 政 人

Studies on the Physiological Ability in relation to  
Physical Education.

Report 6, Influence of several metabolic substances on the  
function of perfused toad heart and the movement  
of isolated rabbit small intestine.

Masato ŌNAGA

は じ め に

体育において、心肺機能の占める意義は極めて大きく、特に多大のエネルギーを要する長距離競走、或いは水泳等においては、それらの能力の限界が心肺機能によって決定される事は周知の事である。即ち呼吸並びに循環器系の活動によって供給される血液中の酸素量によって、筋肉その他の細胞の好氣的酸化並びにその酸化によって生ずるエネルギー量或いは中間代謝物質の量などが規制され、その結果筋活動に伴う筋疲労の度合にも差を生ずる事になるのである。

心臓の機能は肺臓の機能に比較して神経系及び化学的物質による影響が大きく、心筋の運動時における組織への酸素需要等に関して占める割合もより大きいものと考えられている。生理的な作用物質であるアドレナリン、ノルアドレナリン及びアセチルコリン等は勿論の事、生理的代謝産物である乳酸、焦性ブドウ酸、その他も相当強力な影響を心臓機能に対して及ぼす事が知られているし、肺組織においては解糖作用が大きく、乳酸生成が多く、<sup>1)</sup>その血液は直接心臓に灌流し、心臓機能に直接影響する事が知られている。又焦性ブドウ酸はビタミン B<sub>1</sub> 不足によって増加し、<sup>2)</sup>心筋及び心臓機能障害をおこすともいわれて来ている。乳酸及び焦性ブドウ酸と心臓機能との関係は上述の通りであるが、これらの物質と関連して TCA サイクルの化学変化中の物質としてコハク酸及びクエン酸がある。コハク酸は同じ代謝産物中でも特に心筋の酸素消費を強く促進するが、<sup>3)</sup>摘出心臓に対しては抑制作用があるともいわれ、<sup>4)</sup>又クエン酸も心筋に対して障害を及ぼすという報告もみられている。このコハク酸と関係してコハク酸脱水素酵素の競合阻害物質として知られ、また TCA サイクル阻害物質として考えられているものにマロン酸<sup>5)</sup>がある。

次に焦性ブドウ酸代謝などに関係し、また血圧にも関係する物質としてビタミン B<sub>1</sub> がある。<sup>6)</sup>著者はさきに組織呼吸に対するビタミン B<sub>1</sub> の影響を観察し、<sup>7)</sup>また水泳練習にビタミン B<sub>1</sub> を投与してその影響をみたが、ビタミン B<sub>1</sub> は運動機能増進剤として実際使用の報告も多い。なお著者が学んでいる教室でも、松本教授以下、ビタミン B<sub>1</sub>、ブドウ糖、その他の物質の代謝に対する影響について調

べられている。<sup>8)9)10)</sup>

なお、筋収縮に関連してエネルギー貯蔵の役目をするといわれるものに、クレアチン 燐酸があるが、これはクレアチンと高エネルギー燐酸とが結合した形のもので燐酸の附加離断によりエネルギーの出納が行なわれるといわれる。<sup>18)</sup>

著者はこれらの一連の代謝物質及びその関係物質が心臓機能にどのような作用を与えるかについて摘出墓心灌流実験を行ない、更にこれと心筋の酸素消費との関係を追究すると共に平滑筋の運動及びその酸素消費との関係についても検討した。

### 実験材料並びに方法

心臓灌流には主として雄墓 (100~250gr) を使用し、酸素消費及び腸管運動実験には無糖リンゲル液で全身灌流した家兎の心室筋及び空腸上部の組織切片、また同部を 4~5cm に切断摘出したものを用いた。

心臓機能の測定には、八木—Straub 灌流装置を用い、初めリンゲル液で 10~15 分間灌流した後、1 分間毎の搏動数及び 5 回の搏出量を測定して分時量を計算し、同時に搏出された液の一部をとり pH を測定した。その後、直ちに実験液を添加し、同様の順序で実験液添加の影響を検討した。

腸管運動は前報<sup>11)</sup>において述べた Magunus 簡略法を用いた。

酸素消費量測定は Warburg 旧法<sup>12)</sup> によって 2 時間測定し、ガス腔は空気、実験温度は 37.5°C とした。pH はキンヒドロ電極法によって実験前後に測定した。<sup>13)</sup>

実験液は Krebs の燐酸塩緩衝リンゲル液を基礎液として使用した。腸管運動実験及び同酸素消費実験には 0.1 % にブドウ糖を加えて用い、摘出墓心灌流実験には NaCl 濃度は原処法のままにし、他は原処法の 1/2 にしたものを使用した。

実験に使用した種々の中間代謝物質の濃度は主として最終濃度を  $2 \times 10^{-3} \text{mol}$  として用い、1 部において  $1 \times 10^{-3} \text{mol}$ ,  $5 \times 10^{-3} \text{mol}$  の濃度として用いた。またビタミン B<sub>1</sub> は 2mg % クレアチンは 10mg % となるようにして用い、ビタミン B<sub>1</sub> とマロン酸は中和して用い、他は何れも Na 塩を用いた。

### 実験成績

#### 1. 摘出灌流墓心分時搏出量及び機械曲線に対する諸種代謝関係物質の影響

分時搏出量は墓の大小、気温、その他によって可成り大きく変動する。特に灌流液の温度は搏動数に大きな影響を与える。著者は灌流液にブドウ糖を含む場合、含まない場合について分時搏出量、灌流液の pH の変化について観察した。実験成績を示すと第 1 表及び第 2 表のようになる。即ち糖を含まない灌流液の場合の分時搏出量は平均 6.58ml であり、糖を含んだ灌流液では平均 6.47ml であった。そして 15 分間の灌流液による対照実験前後の pH の変化をみると、糖を含まない場合では灌流前液 pH—7.05, 15 分後 pH—7.01 であり、糖を含む場合では灌流前液 pH—7.02, 15 分後 pH—6.96 で無糖及び含糖灌流液の間に差異は見出だせなかった。また、対照実験 15 分間後と実験の 15 分間後

第1表 灌流臺心搏動に及ぼす影響  
(gl(-)リンゲル,  $2 \times 10^{-3}$ mol)

実験例数	対 照 (基礎リンゲル液)					添加物質の種類	実 験					増減率%
	搏動数 (分)	搏出量 (5回)	分時搏 出 量 (ml)	pH			搏動数 (分)	搏出量 (5回)	分時搏 出 量 (ml)	pH		
				前	後					前	後	
15	33	1.22	8.05	7.04	7.01	基礎リンゲル液	32	1.08	6.91	7.01	7.03	-15
20	33	1.02	6.72	7.15	7.11	焦性ブドウ酸ソーダ	33	0.86	5.67	7.11	7.09	-16
35	32	0.90	5.76	7.00	6.95	乳酸ソーダ	30	1.25	7.50	6.95	6.92	+30
10	31	0.93	6.66	7.04	7.01	クエン酸ソーダ	31	0.31	1.92	7.01	7.00	-71
5	33	0.99	6.54	7.04	7.01	コハク酸ソーダ	31	0.99	6.14	7.01	7.01	-6
5	34	0.84	6.72	7.02	6.99	マロン酸ソーダ	32	0.76	4.86	6.99	6.97	-15
	平均	6.58	7.05	7.01								

第2表 灌流臺心搏動に及ぼす影響  
(gl(+))リンゲル,  $2 \times 10^{-3}$ mol)

実験例数	対 照 (基礎リンゲル液)					添加物質の種類	実 験					増減率%
	搏動数 (分)	搏出量 (5回)	分時搏 出 量 (ml)	pH			搏動数 (分)	搏出量 (5回)	分時搏 出 量 (ml)	pH		
				前	後					前	後	
6	31	0.88	5.46	7.02	6.96	基礎リンゲル液	26	0.92	4.78	6.96	6.90	-12
6	30	1.12	6.72	7.16	7.10	焦性ブドウ酸ソーダ	30	0.98	5.88	7.10	6.97	-12
18	26	1.33	6.92	6.93	6.88	乳酸ソーダ	30	1.53	9.24	6.88	6.85	+33
6	30	1.15	6.90	7.02	6.97	クエン酸ソーダ	27	0.35	1.89	6.97	6.94	-73
16	32	1.18	7.56	7.00	6.93	コハク酸ソーダ	29	1.00	5.80	6.93	6.88	-23
6	28	0.94	5.26	7.02	6.95	マロン酸ソーダ	26	1.00	5.16	6.95	6.93	-2
	平均	6.47	7.02	6.96								

の結果から含糖及び無糖の場合を比較すると何れも平均約15%の減少で差を認められず、そしてpHの変化を比較してみると、無糖の場合は殆ど変化を認めないが、含糖の場合に平均0.05の減少を示した。

今第1表から、無糖灌流液中に各種代謝物質を添加した場合の結果から観察すると、焦性ブドウ酸ソーダ添加の場合の分時搏出量は対照に比して16%の減少を示し、乳酸ソーダ添加の場合は対照に比して30%の増加を示し、クエン酸ソーダ添加の場合は対照に比して71%の減少、コハク酸ソーダ添加の場合は6%の減少、マロン酸ソーダ添加の場合は15%の減少を示した。そして灌流液のpHは対照の場合の灌流前後のpHの変化に比較して乳酸ソーダではいくらか変化が認められ、他は殆ど変化が認められない。次に第2表から含糖の場合について観察すると、焦性ブドウ酸ソーダ添加の場合の分時搏出量は対照に比して12%の減少、乳酸ソーダ添加の場合は対照に比して33%の増加、クエン酸ソーダ添加の場合は対照に比して73%の減少、コハク酸ソーダ添加の場合は対照に比して23%の減少、マロン酸ソーダの場合は対照に比して2%の減少を示した。また灌流液のpHは、無糖灌流液中では対照の場合のpHの変化に比して実験時のpHの変化が殆どみられないのに対して、含糖灌流液の場合は対照におけるpHの変化と同様に実験時においてもpHの変化がみられた。

今、灌流液中にブドウ糖を含む場合と否との両者を比較すると、焦性ブドウ酸ソーダ、マロン酸ソーダの場合は含糖時に減少の程度が小さく、乳酸ソーダの場合には含糖時に増加の程度がわずかであ

るが大きい。しかしクエン酸ソーダ及びコハク酸ソーダの場合は全く逆の結果を示し、特にコハク酸ソーダの場合含糖の場合に減少の程度が小さい。

以上の結果は添加各物質の濃度が共に  $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の場合であるが、次に濃度が  $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$  と増加した場合は第3表に示すように分時搏出量はクエン酸ソーダの場合のみに減少の程度が増加したが、他の場合は減少の程度がすくなくなり、コハク酸ソーダの場合は対照に比較し19%の増加を示し、 $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の場合に比較して25%の増加を示した。乳酸ソーダの場合は55%の増加を示し、 $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の場合に比較して20%の増加を示した。乳酸ソーダの影響は  $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$  でも  $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$  でも、また無糖、含糖の何れにおいても分時搏出量を著明に増加する傾向を示した。しかし搏動数はむしろ減少している場合が多く、一回搏出量の増大が著明である。

次に第3表でみるとビタミン B<sub>1</sub> は乳酸ソーダに次いで分時搏出量を著明に増大している。またクレアチンは22%の減少を示し、抑制の傾向がみられたが、乳酸ソーダ添加後にこれを添加した場合には抑制傾向はみられなかった。

第3表 灌流臺心搏動に及ぼす影響  
(gl(-)リンゲル,  $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ )

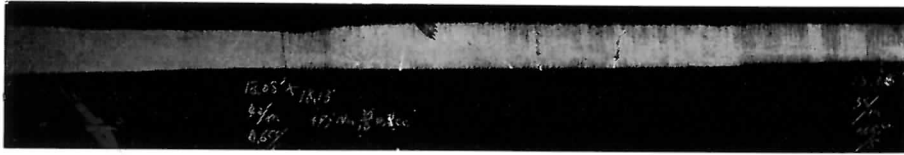
実験 例数	対 照 (基礎リンゲル液)			添 加 物 質 の 種 類	実 験			増 減 率 %
	搏 動 数 (分)	搏 出 量 (5回)	分時搏出量 (ml)		搏 動 数 (分)	搏 出 量 (5回)	分時搏出量 (ml)	
5	40.7	1.58	12.86	基礎リンゲル液	38.5	1.48	11.40	-11
5	40.3	0.85	6.85	焦性ブドウ酸ソーダ	38.8	0.83	6.44	-6
5	43.0	1.45	12.48	乳 酸 ソ ー ダ	41.5	2.33	19.35	+55
5	38.9	1.26	9.81	クエン酸ソーダ	22.6	0.51	2.22	-77
5	34.1	1.24	8.45	コハク酸ソーダ	37.8	1.34	10.12	+19
5	20.0	2.90	11.66	マロン酸ソーダ	18.0	2.88	10.38	-11
5	12.8	2.44	6.24	ビタミンB <sub>1</sub> 2mg%	13.2	3.36	8.88	+42
5	48.2	1.29	12.44	クレアチン 10mg%	42.0	1.15	9.66	-22

次に機械曲線に対しては第1図のような影響を与えた。即ち、焦性ブドウ酸ソーダは、添加によって幾分増大する傾向がみられたが、類似の現象がコハク酸ソーダ添加においてもみられる。またこれと類似の現象は乳酸ソーダ及びマロン酸ソーダの添加の場合にも見出だされたが、これらの場合は添加後の増大の度合が著明で心臓収縮が極めて大きいことを示している。これらに対してクエン酸ソーダ添加の場合は添加直後に1過性の増大の後急速に縮小を示した。 $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の時には搏動が停止に陥る場合もみられた。

なおビタミン B<sub>1</sub> の添加では、添加後しばらくして著明な機能高進がみられた。また心機能が正常に近い状態ではその作用が著明ではないが、心機能の低下している状態にこれを添加した場合には、著明に機能を回復する作用を示した。クレアチンの添加においては次第に機能が低下する状態を示した。



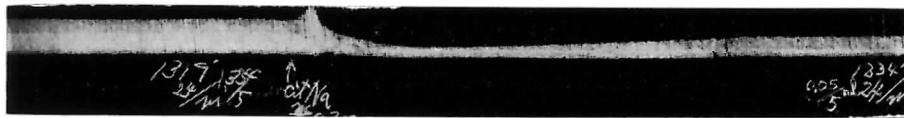
第1図 灌流墓心運動に及ぼす影響  
焦性ブドウ酸ソーダ



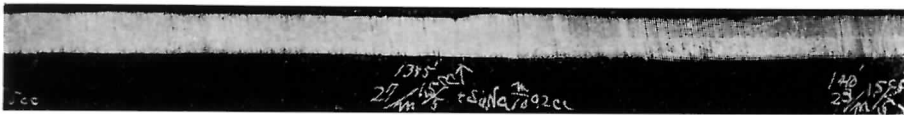
乳酸ソーダ



クエン酸ソーダ



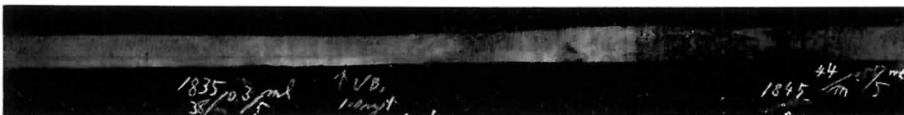
コハク酸ソーダ



マロン酸ソーダ



ビタミン B<sub>1</sub>



クレアチン



## 2. 心室筋の酸素消費に及ぼす影響

第4表に示すような結果になった。多くの人が気付いているように筋肉の  $Q_{O_2}$  は時間の経過と共に次第に減少する。著者の実験でも類似の結果を得た。各代謝物質の心室筋酸素消費に及ぼす影響をみると、焦性ブドウ酸ソーダは殆ど影響を与えない。これはクエン酸ソーダの場合でも同様な結果を示した。しかるに乳酸ソーダ及びマロン酸ソーダは5%及び4%の酸素消費量の促進を示し、コハク酸ソーダの場合は第I 30分の著明な増加を示し、 $TQ_{O_2}$  では45%の酸素消費量の促進を示した。こ

第4表 家兎心室筋酸素消費に及ぼす影響  
(gl(-)リンゲル,  $1 \times 10^{-3}$  mol)

	Q <sub>O<sub>2</sub></sub>					dry wt.	Z/K
	I <sub>30</sub>	II <sub>30</sub>	III <sub>30</sub>	IV <sub>30</sub>	TQ <sub>O<sub>2</sub></sub>		
基礎リンゲル(-)gl	2.64±0.18	2.07±0.18	1.76±0.13	1.45±0.23	7.92	14.3	1.00
焦性ブドウ酸ソーダ	2.71±0.20	2.18±0.16	1.68±0.16	1.38±0.21	7.95	13.8	1.00
乳酸ソーダ	2.63±0.16	2.33±0.20	1.91±0.22	1.48±0.21	8.35	14.0	1.05
コハク酸ソーダ	5.06±0.29	2.82±0.14	2.06±0.22	1.53±0.21	11.47	13.9	1.45
基礎リンゲル(-)gl	2.49±0.16	1.66±0.16	1.49±0.11	1.47±0.12	7.11	13.5	1.00
クエン酸ソーダ	2.70±0.13	1.67±0.07	1.42±0.06	1.39±0.07	7.18	12.9	1.00
マロン酸ソーダ	2.70±0.19	1.59±0.07	1.59±0.11	1.54±0.14	7.42	10.2	1.04

の場合の各代謝物質の最終濃度は共に  $1 \times 10^{-3}$  mol であった。

### 3. 摘出腸管の運動に及ぼす影響

第2図に示すように、焦性ブドウ酸ソーダ添加の場合は添加直後から腸管の緊張及び収縮の増加・増大がみられた。

乳酸ソーダ添加の場合は、焦性ブドウ酸ソーダと類似の結果を示したが、緊張及び収縮の増加・増大は余り著明でなかった。

クエン酸ソーダの場合は、心臓において示したような結果はみられず、極めて不定な結果を示した。コハク酸ソーダの場合は殆ど影響は認められないが、運動の安定性は幾分増加するようにも見えた。

マロン酸ソーダの場合は殆ど影響が認められなかった。

実験に用いた各代謝物質の濃度はすべて  $1 \times 10^{-3}$  mol として使用した。

### 4. 腸管酸素消費に及ぼす影響

第5表に示すとおりであった。一般に筋肉の容器内実験では、実験時間の経過に伴って酸素消費は次第に減少する傾向がみられる。しかるに平滑筋である腸管の場合は第5表でわかるように、実験時間が経過しても酸素消費は安定し、また骨格筋・心筋に比較して可成り大きいことがわかる。2時間の酸素消費量でみると対照で 27.35 であり、大脳皮質又は腎皮質における場合と近似の値を示した。

第5表により各代謝物質の腸管酸素消費に対する影響をみると、焦性ブドウ酸ソーダでは幾分の抑制がみられる。抑制は実験の後半に大である。pH の変化は小さい。

第5表 家兎腸管酸素消費に及ぼす影響  
(gl(+).0.1%リンゲル,  $1 \times 10^{-3}$  mol)

	Q <sub>O<sub>2</sub></sub>					dry wt.	pH		Z/K
	I <sub>30</sub>	II <sub>30</sub>	III <sub>30</sub>	IV <sub>30</sub>	TQ <sub>O<sub>2</sub></sub>		前	後	
基礎リンゲル(+).gl	6.67±0.16	6.31±0.20	8.39±0.28	5.98±0.38	27.35	8.7	7.00	6.64	1.00
焦性ブドウ酸ソーダ	6.33±0.35	6.65±0.39	7.71±0.20	5.53±0.33	26.22	8.8	7.05	6.83	0.96
乳酸ソーダ	5.89±0.32	6.71±0.49	8.23±0.20	6.33±0.29	27.16	9.3	7.01	6.86	0.99
クエン酸ソーダ	6.21±0.32	6.52±0.32	7.43±0.20	5.65±0.26	25.81	9.9	6.91	6.54	0.94
コハク酸ソーダ	7.35±0.34	7.56±0.34	8.94±0.15	6.56±0.37	30.41	9.4	6.97	6.66	1.11
マロン酸ソーダ	5.74±0.37	6.05±0.30	7.27±0.23	5.14±0.35	24.20	9.7	6.98	6.68	0.88

第2図 腸管運動に及ぼす影響

乳酸ソーダ



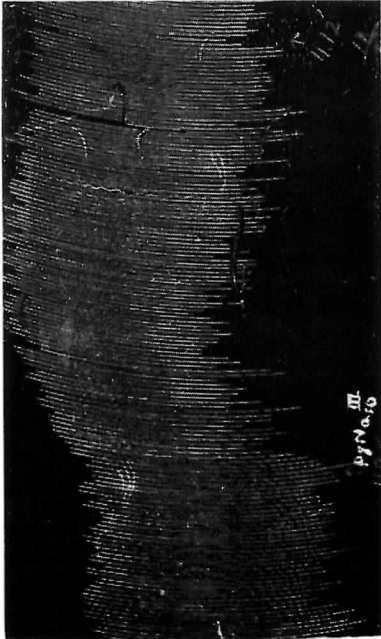
クエン酸ソーダ



マロン酸ソーダ



焦性ブドウ酸ソーダ



コハク酸ソーダ



乳酸ソーダでは焦性ブドウ酸とは逆に第 I 30 分において抑制がみられるが、以後はわずかに増加傾向を示している。pH の変化は小さい。

クエン酸ソーダは焦性ブドウ酸と殆ど同様な酸素消費量と経過をたどる。pH 変化は対照と略々同程度を示した。

コハク酸ソーダでは相当著明な酸素消費の増加がみられるが、心筋の場合のように第 I 30 分に集中した増加でなく、大凡そ平均した増加がみられた。pH の変化はやや小である。

マロン酸ソーダは平均した酸素消費の抑制を示し、コハク酸と逆の傾向がみられたが pH の変化では同程度の値を示した。

### 総括並びに考按

以上の成績から、心機能と酸素消費との関係をみれば、分時搏出量及び機械曲線を基準とした心機能は、基礎リンゲル液のブドウ糖存否にかかわらず、乳酸により最も著明な促進をうける。次いでビタミン B<sub>1</sub> の添加により略々同様の促進をうける。乳酸による促進は心臓活動が旺盛である時に大であって、疲労するにつれて減少を示した。これは生体において観察された事に対応して居り、乳酸その他の中間代謝の良否が心臓疲労と大きく関係していることを示している。

これに対してビタミン B<sub>1</sub> では全く逆の傾向を示した。ビタミン B<sub>1</sub> の作用については、交感神経作動物質の心筋内貯積に関係するともいわれるが、<sup>14)</sup>焦性ブドウ酸、乳酸、或いはクエン酸等の中間代謝物質が作用せぬか、抑制的に作用する場合において、ビタミン B<sub>1</sub> の作用が著明にみられ、逆に心臓活動が正常の場合にはビタミン B<sub>1</sub> の作用が著明でなかったことから考えると、ビタミン B<sub>1</sub> はこれらの物質の代謝に関与して心機能に影響するのではないかとも考えられる。

他の中間代謝物質でも幾分乳酸と類似の傾向を示すが、乳酸のような心機能増加作用は認められない。コハク酸は心室筋の酸素消費を急激に増加するけれども心機能の促進作用は示さず、心室筋の酸素消費に対してコハク酸と拮抗阻害物質のマロン酸でも心機能の抑制がみられない事は、TCA サイクル特にコハク酸の酸化が心機能と直接関係を有しない事を示しているようである。心筋が酸素不足に対して極めて鋭敏であり、心筋チトクローム含量が他組織の 2～数倍に及ぶとされる<sup>15)</sup>反面、組織酸素消費と機能がこのように直結していないことは、酸素酸化による ATP 形成がうまく行なわれず、又 ATP も直接搏動に使用されず、他の物質系の量的調整にあずかっているのも、それに共軛していないコハク酸による酸化増大は寧ろ空費された形になるのであろう。これは Furchgott<sup>16)</sup>等によってもいわれている事である。しかし生体投与時にはこのような現象はみられぬというようでもあり、in vitro での作用は必ずしも in vivo に適用できない。<sup>17)</sup>

クエン酸は酸素消費を増加しないが、機能抑制作用を示す。

クレアチンの添加では、心機能に対して寧ろ抑制傾向を示すのに、乳酸添加後に添加すれば抑制傾向の消失するのは、乳酸を経由するエネルギー産生、又は利用系が、心機能と密接に結びついているのを示す一つであろう。

腸管の酸素消費を心臓のそれとを比較すれば、腸管では、コハク酸によって2時間中平均した酸素消費がみられること、マロン酸がコハク酸と丁度逆の抑制傾向を示すこと等が異なっているが、腸管の運動と心臓のそれとを比較すれば、腸管では、焦性ブドウ酸が寧ろ乳酸より促進傾向が大で、クエン酸では抑制傾向がみられない点異なる。コハク酸・マロン酸は心臓に対する場合と同じく大きな作用を示さず、アセチルコリンに対する作用その他では互に逆の反応を示す両臓器が、コハク酸、マロン酸に対して同様に反応することは、コハク酸、マロン酸の作用が心臓に固有なものでなく、一般的に運動のエネルギー源として利用され難い事を示すものではあるまいか。

体育の立場からみれば、運動の結果生じると考えられる乳酸が通常では特に心機能を昂め、又それに対する酸素消費は余り増加しない事等非常に合目的であり、ビタミン B<sub>1</sub> が乳酸その他の代謝障害時に著明に作用する点等、ビタミン B<sub>1</sub> 投与と運動機能との関係にも一示唆を与えるものといえよう。

### む す び

体育の根本に係る心機能に対する代謝関係物質の影響を検討する目的をもって、摘出蕚心の分時搏出量、機械曲線、家兎心室筋切片の酸素消費量を測定し、之と比較する為家兎の腸管運動の機械曲線、並びに腸切片の酸素消費量を測定し、以下の結果を得た。

- 1) 心室筋及び腸平滑筋の酸素消費量はコハク酸により激増するが、他物質では大差がみられず、マロン酸により腸では減少するが心筋では殆ど差がみられない。
- 2) 心臓の分時搏出量はコハク酸、焦性ブドウ酸、クレアチンでは殆ど変化せず、乳酸により特異的に増加する。ビタミン B<sub>1</sub> でも著明に増加する。しかし乳酸は正常に近い状態で、より強く作用し、ビタミン B<sub>1</sub> は寧ろ疲労時に増加が著明である。クエン酸では抑制的に作用する。
- 3) 腸管運動でもコハク酸、マロン酸に対しては心臓の場合と同様であるが、クエン酸での抑制はみられず、乳酸では幾分緊張及び収縮の度が増し、焦性ブドウ酸では運動の高進がみられた。

最後にこの実験は鹿児島大学医学部第一生理学教室において松本保久教授指導の下に行ない、河田真雄助教授の助言と援助を得て作成したことを附記し、両先生及び教室員の方々に心から感謝の意を表する次第である。

### 文 献

1. Evans, C. L., Hsü, F. Y. and Kosaka, T.: J. physiol. 82, 41 (1934).
2. 鈴木梅太郎: ビタミン, 日本評論社 (1943).
3. 佐藤山人: 鹿児島医学雑誌, 11, 1831 (1959).
4. Wollenbergr, A. and Yaffe, S. J.: Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 75, 838 (1950).
5. Thunberg, T.: Biochem Z, 258 (1933).
6. 松本保久・溝口統・徳満豊: 日本生理学雑誌, 21, 947 (1959).
7. 大永政人: 鹿大教育学部紀要 (1959).
8. 松本保久・矢野弘道: 鹿医大紀要 II, 1 (1950).
9. 和田 円・橋元祐四: 鹿医大紀要 6, 89 (1954).
10. 和田 円・橋元祐四: 鹿医大紀要 6, 115 (1954).

11. 河田真雄・佐藤山人・本重尚雄・大永政人：鹿大医誌，11，2179 (1959).
12. 藤田秋治：検圧法と其応用（岩波）（東京）（1949）.
13. 吉村寿人：pH 理論と測定法.
14. Raab, W. and Supplee, G. C.: Exp. Med, Surg. 2, 152 (1949).
15. Stoty, E.: J. B. C. 131, 555 (1939).
16. Furchgott, R. F. and Shor, E.: J. B. C. 175, 201 (1948).
17. 長田 良：日本生理誌，436, (1960).
18. Baldwin, E. 江上不二夫，外共訳：動の生化学（岩波，東京）（1954）.

### Summary

With a view to studying the effect of metabolic substances on the function of the heart, the output of perfused toad hearts, movement curve, were measured with Yagi-Straub's apparatus, and the amount of oxygen consumption of the ventricular tissue of the heart was also measured. For the sake of comparison, small intestinal movement and the oxygen consumption of incised intestines were measured. The following are the results obtained.

1) The  $Q_{O_2}$  of the ventricular tissue of the heart increased markedly when succinate was added, but other substances showed no remarkable difference. The  $Q_{O_2}$  of the small intestinal tissue decreased when malonic acid was added, but that of ventricular tissue of the heart was not affected by malonic acid.

2) The heart output per minute showed no remarkable change when succinate, pyruvate and creatine were used, but it showed a peculiar increase when lactate was added, and vitamin  $B_1$  also caused it to increase. Lactate exercised a greater influence on the heart output under normal conditions, while vitamin  $B_1$  had a remarkable influence at the time of fatigue. Citrate showed an inhibiting effect.

3) The intestine responded to succinate and malonic acid in the same way as the heart, but it was not inhibited by citrate and accelerated by pyruvate, and was slightly accelerated by lactate.

---