

Title	長時間運動と乳酸脱水素酵素(LDH)の増加について： 長時間運動時におこる心臓・心筋障害の存在を探知するLDH-1アイソエンザイムの増加について
Sub Title	Serum lactate dehydrogenase (LDH) and prolonged exercise : LDH-1 and possible heart muscle injuries after prolonged exercise
Author	橋本, 治雄(Hashimoto, Haruo) 中村, 毅志夫(Nakamura, Kishio) 近藤, 明彦(Kondo, Akihiko) 松田, 雅之(Matsuda, Masayuki)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	1982
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the institute of physical education, Keio university). Vol.22, No.1 (1982. 12) ,p.19- 29
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00135710-00220001-0019

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

——長時間運動時におこる心臓・心筋障害の存在を探知
する LDH-1 アイソエンザイムの増加について——

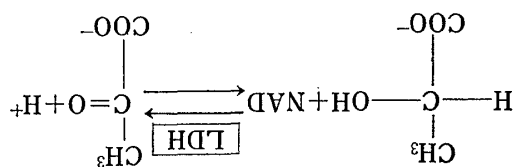
橋 本 治 雄*
中 村 毅 志**
近 藤 明 彦***
松 田 雅 之****

緒 言
方 法
結 果
考 察
結 論

緒 言

この論文においては、血清逸脱酵素の1つである乳酸脱水素酵素 (lactate dehydrogenase LDH) を被検者 (Subjects) の運動前後において採血、測定、比較検討し、心筋由来の LDH アイソエンザイムの上昇について興味ある結果を得たので報告する。

臨床医学的検査の観点からみると、乳酸脱水素酵素 (LDH) は系統名を L-Lactate: NAD Oxidoreductase と呼称され、酵素化学の領域では普遍的な酵素の1つである⁽¹⁾。LDH は乳酸と焦性ブドウ酸との交換を可逆的に触媒する酵素である。



* 慶應義塾大学体育研究所助教授
** 慶應義塾大学体育研究所専任講師
*** 慶應義塾大学体育研究所助手
**** 慶應義塾大学体育研究所助手

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

血液中、とくに血清中の LDH 活性の量的変動は、悪性腫瘍、心肺疾患、血液疾患、肝疾患、過激な運動その他で認められており比較的特色がなく、LDH の単なる増加だけでは診断的価値は高くない。その為に LDH を更に細かくサブタイプに分析した、LDH アイソエンザイム (isoenzyme) による質的分析を加えることが検査上必要となってくる。アイソエンザイムパターンの変動分析が各種臓器の障害の存在並びに程度を推測する際意味をもってくる。各種病気診断上も LDH アイソエンザイムの分析は必要な検査となっていることは明らかである。

本論文においては各種運動時における、骨格筋、心筋、肝臓等の障害の存在、程度を推察する目的で、各種運動前後に血液を採取し、total LDH 活性の測定、LDH アイソエンザイムの分析を行なっている。

LDH は電気泳動法により 5 種のアイソエンザイム (isoenzyme)、LDH-1, LDH-2, LDH-3, LDH-4, LDH-5 に分けられる。LDH-5 は主に骨格筋、肝臓等に存在し、LDH-4 はやはり骨格筋、肝臓等に存在するが、LDH-5 に比較するとその量はずっと少ない。LDH-1, LDH-2 は主に心筋に存在する。血清 LDH アイソエンザイムを測定することにより、臓器特異性が顕著になり臓器の障害程度を推測することが可能となってくる。本論文では LDH-5, LDH-1 の増減を特に注目している。LDH は他の血清逸脱酵素であるクレアチンフォスフォキナーゼ (CPK) に比較すると増加の速度が遅いといわれているが、6 時間 30 分、7 時間 30 分、9 時間 30 分等の長時間運動 (prolonged exercise) においては、その運動直後においても著明な増加が認められた。9 時間 30 分の長時間泳の Subjects においては心筋障害を思わせる心筋由来の LDH-1, LDH-2 も有意に増量してくるとの結果を得たので報告する。

方 法

被検者 (Subjects): 慶應義塾大学体育会水泳部員 (葉山部門) 15 名、同体育会競走部員 5 名の計 20 名の学生から各種運動前後において血液を採取し分析を行なっている。体育会の学生は慶應義塾大学を代表する各運動部の選手であり、日頃よくトレーニングしている (trained subjects)。

運動種目: 57 年 7 月 5 日、慶應義塾大学日吉プールにおいて 15 名の葉山部門選手が長時間泳を行なった。Subjects No. 11, 12, 18, 19 の 4 名は 6 時間 30 分 (6:30), Subjects No. 13, 14, 15, 16, 17 の 5 名は 7 時間 30 分 (7:30), Subjects No. 1, 2, 3, 4, 5, 6 の 6 名は 9 時間 30 分 (9:30) の長時間泳をおのおの行なった。また競走部員は 57 年 7 月 5 日、慶應義塾大学日吉陸上競技場において同志社大学との対抗戦に出場した。Subjects No. 101, 102 は 1,500 m, Subjects No. 103 は 1,500 m と 5,000 m, Subjects No. 104, 105 は 5,000 m の

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

レースに参加した (1,500m, 5,000m group)。

採血方法：各 Subjects の血液は各々の運動前後に採血されている。正中静脈より静脈血を採取している。長時間泳グループの Subjects No. 1—19 の 15 名はすべて運動前後の 10 分以内に採血されている。陸上競技グループにおける運動前採血は約 60 分前に行なわれた。運動後の採血はすべて 10 分以内に行なわれた。

LDH 測定法：紫外線法 (U. V. 法), LDH アイソエンザイム測定法：アガロースフィルム電気泳動法により測定した。

流動食利用：1,500m, 5,000m group の Subjects No. 101—105 の 5 名はレース前の食事としてハイネックス R (大塚製薬) 流動食を摂取している。長時間泳者 Subjects No. 1—19 はスタート後約 1 時間ごとに主にハイネックス R 流動食を加温して摂取している。1 回量は各 Subjects により異なるが、300—500 カロリーである。

結 果

I. 総 LDH 活性

Table 1 に各運動グループの運動前後における総 LDH (IU/l) の測定値が示されている。運動前の測定値を B (Before) 欄に、運動後の測定値を A (After) 欄に示してある。Table より明らかなように、すべての Subjects において総 LDH は $A > B$ である。これだけでは総 LDH の運動後の増量は明らかであるが、身体の中の臓器から由来してきたものかは不明である。骨格筋、心筋、肝等の臓器由来を明らかにするために LDH アイソエンザイムの分析を行

Table 1

LDH (IU/l)											
1,500m, 5,000m (Track & Field)			6:30 Swimming			7:30 Swimming			9:30 Swimming		
Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A
101	261	466	11	419	424	13	389	416	1	333	880
102	343	523	12	499	543	14	326	392	2	370	709
103	285	508	18	341	455	15	282	488	3	338	470
104	278	392	19	342	465	16	272	415	4	242	306
105	348	499				17	362	536	5	398	898
									6	323	417
\bar{X}	303	477.6		400.3	471.8		326.2	449.4		334	613.3
SD	39.8	52.2		75.3	50.6		50.3	60.4		52.9	250.9
Signif., p value	p<0.01		N. S.			p<0.05			p<0.05		

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

Table 2

LDH-1 (%)											
1,500m, 5,000m (Track & Field)			6:30 Swimming			7:30 Swimming			9:30 Swimming		
Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A
101	24.7	22.1	11	25.5	23.5	13	28.0	22.7	1	23.6	18.0
102	24.6	23.4	12	29.8	24.8	14	28.8	23.7	2	24.8	19.5
103	22.4	21.8	18	25.9	24.3	15	19.7	23.2	3	28.6	24.6
104	26.5	25.1	19	26.5	28.1	16	21.9	20.7	4	26.7	23.0
105	25.0	26.5				17	23.0	21.0	5	25.4	20.3
									6	25.1	22.9
n=5			n=4			n=5			n=6		
\bar{X}	24.6	23.8		26.9	25.2		24.3	22.3		25.7	21.4
SD	1.5	2.0		2.0	2.0		4.0	1.3		1.7	2.5
Signif., p value	N. S.		N. S.			N. S.			p<0.001		
LDH-1 (IU/l)											
101	64.5	103.0	11	106.8	99.6	13	108.9	94.4	1	78.6	158.4
102	84.4	122.4	12	148.7	134.7	14	93.9	92.9	2	91.8	138.3
103	63.8	110.7	18	88.3	110.6	15	55.6	113.2	3	96.7	115.6
104	73.7	98.4	19	90.6	130.7	16	59.6	85.9	4	64.6	70.4
105	87.0	132.2				17	83.3	112.6	5	101.1	182.3
									6	81.1	95.5
\bar{X}	74.7	113.3		108.6	118.9		80.3	99.8		85.7	126.8
SD	10.8	13.9		28.0	16.6		22.6	12.4		13.5	41.2
Signif., p value	p<0.001		N. S.			N. S.			p<0.05		

なった。

II. LDH アイソエンザイム

アガロースフィルム電気泳動法により測定した LDH は LDH-1, LDH-2, LDH-3, LDH-4, LDH-5 の 5 種類に分析された。Table 2 の上段には LDH-1 アイソエンザイムの % の結果を示してある。9:30 Swimming においてはじめて心筋由来の LDH-1 アイソエンザイムは有意の差をもって増加してくる。下段には % より LDH-1 アイソエンザイム絶対量を算出して表に示してある。6:30<7:30<9:30 と LDH-1 アイソエンザイムの絶対量が増加し、時間の増加とともに心筋よりの逸脱酵素が増量してきていることが明らかとなった。

Table 3 には LDH-2 アイソエンザイムの結果が示されている。

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

Table 3

LDH-2 (%)											
1,500m, 5,000m (Track & Field)			6:30 Swimming			7:30 Swimming			9:30 Swimming		
Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A
101	38.9	33.3	11	37.3	32.7	13	37.5	31.7	1	35.8	28.3
102	35.3	31.8	12	37.2	31.7	14	36.6	30.0	2	36.4	29.4
103	35.5	26.7	18	33.0	31.8	15	30.3	29.7	3	36.5	29.7
104	36.8	33.1	19	34.8	35.2	16	33.7	29.0	4	37.1	31.4
105	34.8	32.9				17	33.5	30.0	5	34.5	28.9
									6	35.9	31.0
n=5			n=4			n=5			n=6		
\bar{X}	36.3	31.6		35.6	32.9		34.3	30.0		36.0	29.8
SD	1.7	2.8		2.1	1.6		2.9	0.9		0.9	1.2
Signif., p value	p<0.05		N. S.			p<0.05			p<0.001		
LDH-2 (IU/l)											
101	101.5	155.2	11	156.3	138.6	13	145.9	130.6	1	119.2	249.0
102	121.1	166.3	12	185.6	172.1	14	119.3	117.6	2	134.7	208.4
103	101.2	135.6	18	112.5	144.7	15	85.4	144.9	3	123.4	139.6
104	102.3	129.8	19	119.0	163.7	16	91.7	120.4	4	89.8	96.1
105	121.1	164.2				17	121.3	160.8	5	137.3	259.5
									6	116.0	129.3
\bar{X}	109.4	150.2		143.4	154.8		112.7	134.9		120.1	180.3
SD	10.7	16.7		34.1	15.7		24.5	18.0		17.1	68.0
Signif., p value	p<0.01		N. S.			N. S.			N. S.		

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

Table 4

LDH-3 (%)											
1,500m, 5,000m (Track & Field)			6:30 Swimming			7:30 Swimming			9:30 Swimming		
Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A
101	25.7	23.8	11	22.2	21.6	13	22.9	23.4	1	23.8	26.0
102	24.9	23.2	12	19.9	20.2	14	22.9	23.5	2	24.7	26.7
103	23.8	18.5	18	22.9	21.4	15	27.3	22.6	3	23.9	22.4
104	23.8	24.1	19	24.2	21.8	16	25.9	21.8	4	25.7	22.2
105	24.7	23.8				17	25.1	21.2	5	23.8	26.8
									6	25.6	22.2
n=5			n=4			n=5			n=6		
\bar{X}	24.6	22.7		22.3	21.3		24.8	22.5		24.6	24.4
SD	0.8	2.4		1.8	0.7		1.9	1.0		0.9	2.3
Signif., p value	N. S.		N. S.			N. S.			N. S.		
LDH-3 (IU/l)											
101	67.1	110.9	11	93.0	91.6	13	89.1	97.3	1	79.3	228.8
102	85.4	121.3	12	99.3	109.7	14	74.7	92.1	2	91.4	189.3
103	67.8	94.0	18	78.1	97.4	15	77.0	110.3	3	80.8	105.3
104	66.2	94.5	19	82.8	101.4	16	70.4	90.5	4	62.2	67.9
105	86.0	118.8				17	90.9	113.6	5	94.7	240.7
									6	82.7	92.6
\bar{X}	74.5	107.9		88.3	100.0		80.4	100.8		81.9	154.1
SD	10.2	13.0		9.6	7.6		9.1	10.6		11.4	74.7
Signif., p value	p<0.001		N. S.			p<0.05			N. S.		

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

Table 5

LDH-4 (%)											
1,500m, 5,000m (Track & Field)			6:30 Swimming			7:30 Swimming			9:30 Swimming		
Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A
101	7.4	12.3	11	9.0	11.4	13	7.6	13.4	1	9.5	14.0
102	10.2	13.3	12	6.3	10.4	14	7.0	12.1	2	8.6	14.7
103	10.0	13.2	18	9.9	11.4	15	13.1	11.7	3	6.9	10.7
104	7.5	11.5	19	8.0	8.2	16	11.7	14.5	4	6.3	11.2
105	8.8	9.8				17	10.9	12.8	5	10.9	14.8
									6	8.8	12.1
n=5			n=4			n=5			n=6		
\bar{X}	8.8	12.0		8.3	10.4		10.1	12.9		8.5	12.9
SD	1.5	1.4		1.5	1.5		2.6	1.1		1.7	1.8
Signif., p value	p<0.05		N. S.			N. S.			p<0.001		
LDH-4 (IU/l)											
101	19.3	57.3	11	37.7	48.3	13	29.6	55.7	1	31.6	123.2
102	35.0	69.6	12	31.4	56.5	14	22.8	47.4	2	31.8	104.2
103	28.5	67.1	18	33.8	51.9	15	36.9	57.1	3	23.3	50.3
104	20.9	45.1	19	27.4	38.1	16	31.8	60.2	4	15.2	34.3
105	30.6	48.9				17	39.5	68.6	5	43.4	132.9
									6	28.4	50.5
\bar{X}	26.9	57.6		32.6	48.7		32.1	57.8		29.0	82.6
SD	6.6	10.8		4.3	7.8		6.5	7.7		9.4	42.5
Signif., p value	p<0.01		p<0.05			p<0.001			p<0.05		

Table 4 には LDH-3 アイソエンザイムの測定値, 並びに LDH-3 アイソエンザイムの絶対量を示す。

Table 5 には LDH-4 アイソエンザイムの測定値を示す。下段で明らかなように, 各運動グループにおいて著しい増量が認められた。

Table 6 には LDH-5 アイソエンザイムの測定値を示す。長時間泳グループではすべて著増するという結果が得られた, とくに 9:30 グループでは最も顕著である。

Table 7 には各アイソエンザイムの $\bar{X}A$ (After)/ $\bar{X}B$ (Before) の値を示す。これをグラフにしたものが Fig. 1 である。長時間泳グループでは運動時間の延長に比例して, LDH-5, LDH-4 (主に骨格筋由来のアイソエンザイム) が増加してくる。

長時間運動と乳酸脱水素酵素 (LDH) の増加について

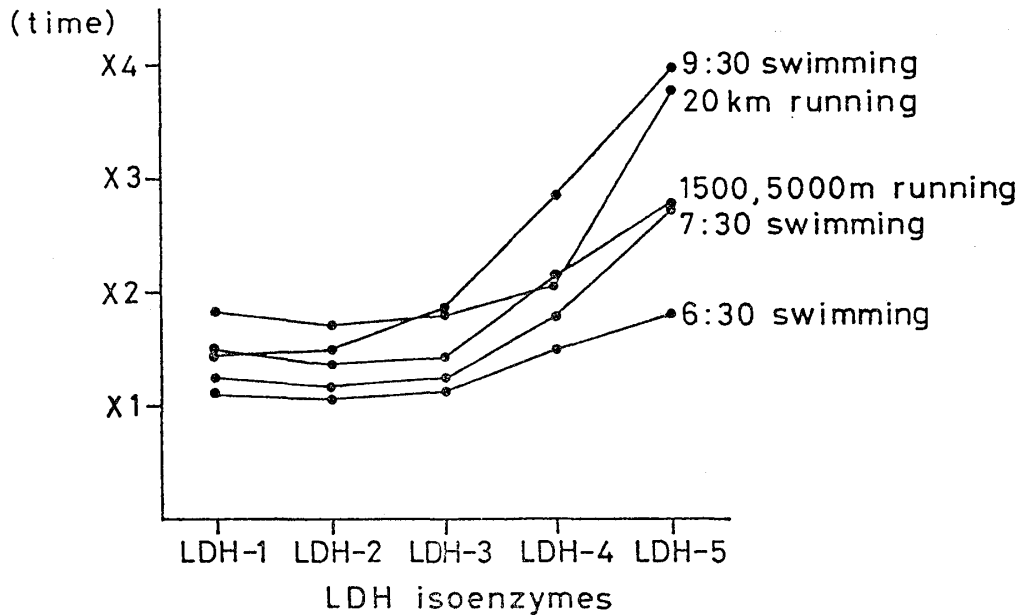
Table 6

LDH-5 (%)											
1,500m, 5,000m (Track & Field)			6:30 Swimming			7:30 Swimming			9:30 Swimming		
Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A	Subj. No.	B	A
101	3.3	8.5	11	6.0	10.8	13	4.0	9.1	1	7.3	13.7
102	5.0	8.3	12	6.8	12.9	14	4.7	10.7	2	5.5	9.7
103	8.3	19.8	18	8.3	11.1	15	9.6	12.8	3	4.1	12.6
104	5.4	6.2	19	6.5	6.7	16	6.8	14.0	4	4.2	12.2
105	6.7	7.0				17	7.5	15.0	5	5.4	9.2
									6	4.6	11.8
n=5			n=4			n=5			n=6		
\bar{X}	5.7	10.0		6.9	10.4		6.5	12.3		5.2	11.5
SD	1.9	5.6		1.0	2.6		2.2	2.4		1.2	1.7
Signif., p value	N. S.		N. S.			p<0.01			p<0.001		
LDH-5 (IU/l)											
101	8.6	39.6	11	25.1	45.8	13	15.6	37.9	1	24.3	120.6
102	17.2	43.4	12	33.9	70.0	14	15.3	41.9	2	20.4	68.8
103	23.7	100.6	18	28.3	50.5	15	27.1	62.5	3	13.9	59.2
104	15.0	24.3	19	22.2	31.2	16	18.5	58.1	4	10.2	37.3
105	23.3	34.9				17	27.2	80.4	5	21.5	82.6
									6	14.9	49.2
\bar{X}	17.6	48.6		27.4	49.4		20.7	56.2		17.5	69.6
SD	6.3	30.0		5.0	16.0		6.0	17.1		5.4	29.5
Signif., p value	N. S.		p<0.05			p<0.01			p<0.01		

Table 7

	LDH-1	LDH-2	LDH-3	LDH-4	LDH-5
9:30 Swimming	x 1.48	x 1.50	x 1.88	x 2.85	x 3.98
7:30 Swimming	x 1.24	x 1.20	x 1.25	x 1.80	x 2.71
6:30 Swimming	x 1.09	x 1.08	x 1.13	x 1.49	x 1.80
20 km Running	x 1.82	x 1.71	x 1.82	x 2.06	x 3.76
1,500m, 5,000m Running	x 1.52	x 1.37	x 1.45	x 2.14	x 2.76

Fig. 1



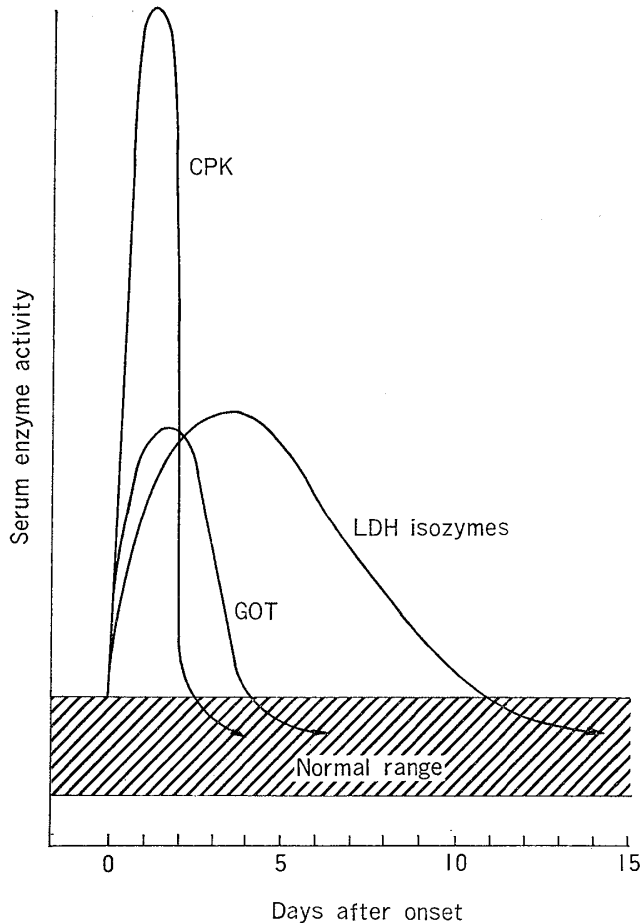
心筋由来の LDH-1, LDH-2 のアイソエンザイムの増量は 9:30 のグループにおいて初めて軽度増量が認められるという結果が得られた。この図に掲げた 20 km Running の結果は本論文では詳細には述べられていないが、後日発表予定論文のデータより得られたもので、参考までに示した。極めて興味ある結果であると思われる。

考 察

ある刺激が生体に加えられてから血中に逸脱してくる LDH の増加速度は、他の逸脱酵素 CPK (creatine phosphokinase), GOT (glutamate oxaloacetate transaminase) に比較すると latency が長く、持続時間が数日続く。参考までに Fig. 2 に上記 3 酵素のグラフを示す。5 種類の LDH アイソエンザイムのうち LDH-1 は total-LDH の増量より一早く現れてくることから、臨床医学的には CPK とともに心筋梗塞の診断上極めて重要な酵素の一つである。従って激しい運動、長時間運動直後においても LDH-1 アイソエンザイムの測定は有意義な研究であると思われる。本論文でも明らかなように、長時間泳、1,500m, 5,000m Running においても LDH は有意に上昇する。LDH アイソエンザイムの分析によるとそのほとんどは骨格筋由来の LDH-5, LDH-4 の増加によるといえる。これに対して心筋由来の LDH-1 アイソエンザイムは 9:30 グループにおいてはじめて有意に増加することが判明した。これは本紀要論文中的 CPK アイソエンザイム, CPK-MB の結果と一致している。従って 6:30, 7:30 の長時間泳においては心筋障害の徴候はまだ出ていないといえることができる。これは先ず第一

Fig. 2

The time course of serum enzyme concentration changes following a typical myocardial infarction. CPK, creatinine phosphokinase; LDH, lactic dehydrogenase; GOT, glutamic oxaloacetic transaminase.



に今回の実験に参加している各 Subjects がよくトレーニングされた選手であること、第2には長時間泳中全員が約1時間ごとに加温流動食ハイネックスRその他を摂取し、体温低下の予防、栄養補給につとめた等の結果であると思われる。

9:30の長時間泳になると、いかによくトレーニングされている水泳部員でも、心筋由来のLDH-1アイソエンザイムが上昇してくるという結果を得た。Rose, L. I. et. al (1970)の論文⁽³⁾によると、マラソンランニング(42.195km)後におけるtotal-LDH, LDH Isoenzymeについて報告している。この論文では、マラソン後においてLDH-1の $\bar{X}B$ は41.2, $\bar{X}A$ は45.6でNon significantという結果で、LDH-1は有意な増加を示さないと報告している。

McKechnie, J. K. (1967)⁽⁴⁾は50マイル(80.45km)ランニングにおけるtotal-LDHの上昇を報告し、LDH活性の上昇が3週間もつづいたと報告している。この論文ではLDHアイソエンザイムの分析については報告していない。本論文においては、心筋由来のLDH-1アイソエンザイムは9:30 Swimmingにおいてはじめて有意な増量が認められるという結果が得られた。これは同時に行なわれたクレアチンフォスフォキナーゼ(CPK)における心筋由来のアイソエンザイムCPK-MBの結果とよく一致している。⁽⁵⁾

LDHアイソエンザイムのLDH-1, LDH-2並びにCPKアイソエンザイムのCPK-MBを運動選手の運動前後において採血し、測定するこれらの方法は、運動選手の心臓障害の存在並びにその程度を判断する極めて重要な検査方法であると思われる。

結 論

- I. 総 LDH 活性は各種運動直後において増量する。
- II. 増量 LDH のほとんどは骨格筋由来の LDH-5, LDH-4 によるものである。
- III. 心筋由来の LDH-1, LDH-2 は 6 : 30, 7 : 30 Swimming では有意の増量は認められず, 9 : 30 Swimming において初めて増量するという結果が得られた。

参考文献

- (1) 青木隆一 : LDH, 日本臨床 40 : 140~142, 1982.
- (2) Braunwald, E. et al: Acute myocardial-infarction. Harrison's Principles of Internal Medicine, 9th Edition. pp.1126. McGraw-Hill International Book Company.
- (3) Rose, L. I. et al.,: Serum enzymes after marathon running. J. of Applied Physiology 29 : 3, 355-357, 1970.
- (4) McKechnie, J. K. et al.: Some electrocardiographic and biochemical changes recorded in marathon runners. S. African Med. J. 41 : 722-725, 1967.
- (5) 橋本治雄 : Serum Creatine Phosphokinase (CPK) and prolonged exercise. 慶應義塾大学体育研究所紀要, 1982 (In preparation)