

# 保存血に関する研究

## 第 1 編 解 糖 作 用

岡山大学医学部陣内外科教室（指導：陣内教授）

専攻生 西 原 庸 一

〔昭和34年1月22日受稿〕

### 目 次

第1章 緒 言	第1項 実験方法
第2章 文 献	第2項 実験成績
第3章 保存血保存中の葡萄糖及び乳酸量の変化	第3項 小 括
第1節 実験方法	第2節 保存血中における赤血球の解糖作用
第2節 実験成績	第1項 実験方法
第3節 小 括	第2項 実験成績
第4章 保存血中の赤血球の解糖作用	第5章 総括ならびに考按
第1節 生理的食塩水中における赤血球の解糖作用	第6章 結 論
	参考文献

### 第1章 緒 言

Rous and Turner (1916) に端を発した保存血の研究は、各国において種々研究改良せられ、わが国においても木口 (1932) 以来保存血に関する研究が行われていたが、戦前には広く使用されるに至らず、戦後各種外科手術の発達につれて、ようやく保存血輸血も広く使用されるようになり、現在では外科のみならず、各科領域においても欠くことのできないものとなった。

本邦でも保存血の臨床上の重要性にかんがみ、全国国立病院では、昭和28年以来、輸血の研究班が設立せられ、主として保存血の解糖作用と、保存血輸血の副作用について研究が行われている。そこでまず第1編においては保存血の解糖作用について述べることにする。

### 第2章 文 献

1879年 Cl. Bernard は生体外に取り出された血流の糖分解に初めて注目し、G. Embden, B. Kraske, Kondo 等は糖分解は終には乳酸を生成することに注目した。Kawashima は血液内の解糖力は、白血球はその数が僅少なるために、主として赤血球によるものとなし、また宇多小路は血清、血漿には解糖力がな

く、赤血球に著明な解糖力があるものとのべた。また前記諸氏は赤血球の解糖作用は

- 1 媒体 (Medium) の種類
- 2 葡萄糖の濃度
- 3 温度の如何

によつて左右されるとのべている。

また一方、保存血は新鮮血と冷蔵血とも異なつた解糖作用を示すということも知られている。

そこで私は本編においては保存血の解糖作用に関し、とくに保存血保存中の葡萄糖乳酸量の変化と保存血の赤血球の解糖作用とについて研究することとした。

### 第3章 保存血保存中の葡萄糖及び乳酸量の変化

#### 第1節 実験方法

A・C・D—B液保存血液 (2~6°C 保存) の葡萄糖及び乳酸量を、採血日、第1、第2、第3、第4週に測定した。

葡萄糖の測定には Hagedorn-Jensen 氏法を用い、乳酸の測定にはヒドロキノン光電比色法を用いて定量した。

またヘマトクリット (以後 Ht と略記) 値には、

Wintrobe 氏管3000回転30分値をとつた。

## 第2節 実験成績

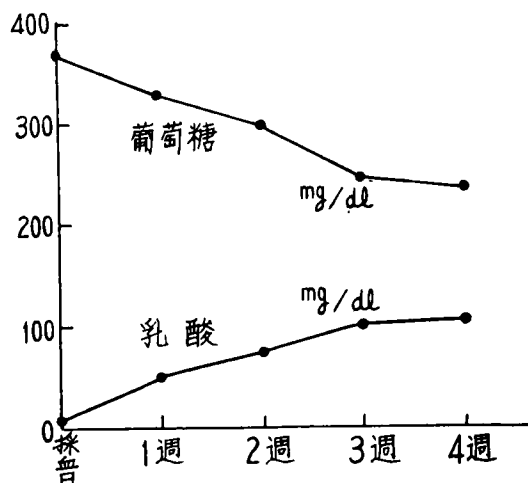
健康人の正常時において、採血日及び採血後第1、

2, 3, 4週に測定した葡萄糖及び乳酸量の値は第1表に示すごとくで、その平均値の時間的推移を図示すれば第1図のごとくである。

第1表 保存血保存中の葡萄糖及び乳酸量の変化

No.	Ht 値	葡萄糖 mg/dl					乳 酸 mg/dl				
		採血日	1 週	2 週	3 週	4 週	採血日	1 週	2 週	3 週	4 週
1	51	378	336	312	280	300	6	46.5	87	93.5	81.5
2	43	370	318	304	274	256	7.5	45	84	93.5	112.
3	40.5	362	346	294	250	248	11.	39.5	109	113.	117.
4	46	318	276	236	188	197	13.	45.5	90.5	146	135
5	41	406	328	318	300		3	49	76.5	99.5	
6	39	396	352	282	268		4	55	100.5	137	
7	33	373	340	320	308	291	5.5	40.5	62	79	86.5
8	48	374	350	346	333	304	7.5	30	37	51.5	82.
平均		372	331	302	275	266	7.3	43.9	79.5	101.6	102.3

第1図 保存血保存中の葡萄糖及び乳酸量の変化



すなわち、採血日より第4週に至るまで、葡萄糖の量は漸次減少するに反し、乳酸は漸次増量している。そしてその増減の仕方は第3週までかなり急速であるが、第3週後になると大した変化はみられず、なかにはむしろ僅かながら逆に戻っているものもある。

すなわち、保存期間が長くなるとともに、漸次葡萄糖量の減少速度は少くなり、逆に乳酸量の増加は、葡萄糖の減少に正しく比例して、漸次その増加速度が少なくなつてゆく。

## 第3節 小 括

本章においては、私は保存血保存中の葡萄糖及び乳酸量の変化を調べたところ、保存期間が長期となるに

従つて、葡萄糖は減量し、乳酸は増量することを認め、その増減率の著明なのは第3週までであることがわかつた。そして葡萄糖量の減少と乳酸量の増加とはほぼ比例することを知つた。

## 第4章 保存血中の赤血球の解糖作用

保存血中の赤血球（以下保存赤血球と略記する）の解糖力を異なつた媒体すなわち生理食塩液（以下生食と略記する）中と血漿中における差異を比較するために本章の実験を行つた。なお白血球は解糖力にたいしてほとんど関係しないので、後者すなわち血漿中における赤血球の解糖作用は保存血そのものについて測定した。

### 第1節 生理食塩液中における赤血球の解糖作用

#### 第2項 実験方法

採血日及び1, 2, 3, 4週間2~6°Cに保存したA.C.D-B液保存血を軽く遠心沈澱し、底にたまつた赤血球粥を約3倍量の200mg/dl葡萄糖加滅菌生食中に浮遊せしめ、37°Cの孵卵器内にA群では24時間、B群では6時間放置してその前後のHt値、葡萄糖及び乳酸量を測定した。

Ht値にはWintrobe氏管3000回転15分値をとつた。また、葡萄糖及び乳酸量の測定には前章と同様の測定法を用いた。

#### 第2項 実験成績

1) A群5例における採血日及び1週保存赤血球についての各測定値及び各Ht値50にたいする、葡萄糖

量、乳酸量の増減は、第2表及び第2図に示す如くである。

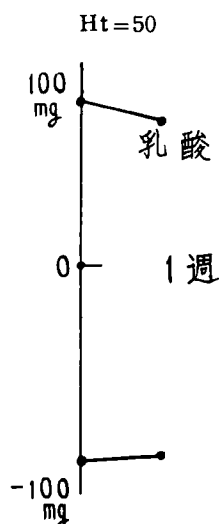
すなわち、A群(24時間)の場合は、Ht 値50についてみれば、葡萄糖の減少は採血日では平均 94.4mg/dl、第1週では平均 91.4mg/dl、ついで乳酸量の増

加は採血日では平均 81.8mg/dl、第1週では平均75.3mg/dlを示し、1週保存赤血球は、採血日のものに比して 3.2%の解糖力の減衰を示している。但し第2週以後の保存赤血球では、24時間孵卵器内放置でとも

第2表 生理的食塩水における赤血球の解糖作用 A群(24時間)

保存期間	例	Ht 値	葡萄糖 mg/dl				乳酸 mg/dl				乳酸変化
			前値	24時間値	減少量	Ht=50減少量	前値	24時間値	増加量	Ht=50増加量	
採血日	1	39.2	177	101	76	97	8	40	32	41	
	2	38	172	136	36	57.5	1.5	46	44.5	58.5	
	3	25.8	166	138	28	54.6	3.5	46	42.5	82.5	
	4	35.8	170	69	101	142	3	83	80	112	
	5	31	182	107	75	121	3.5	75	71.5	115	
	平均				94.4				81.8	87.0%	
一週保存血	1	42	192	124	68	81	18	67.5	49.5	59	
	2	32.3	160	106	55	83.5	7.5	48.5	41	63.5	
	3	34.1	158	64	94	138	14	54	40	58.5	
	4	21.6	182	146	36	83	15.5	74	58.5	135	
	5	39.2	175	119	56	71.5	18	65.5	47.5	60.5	
	平均				91.4				75.3	82.5%	

第2図 生理的食塩水中における赤血球の解糖作用A群(24時間)



2) B群5例における各判定値及び各 Ht 値50に対する葡萄糖及び乳酸量の増減は第3表、第3図に示す如くである。

すなわちB群(6時間)5例の場合は、Ht 値50についてみれば、葡萄糖量の減少は、採血日から第4週

になるにしたがい、平均 34.7 mg/dl、36.5 mg/dl、35.9mg/dl、19.5mg/dl、22.6mg/dl で、保存期間が長期となるにしたがい、解糖力の減衰を示し、とくに第3週において急に減衰し、第4週における差はほとんどない。

次に、乳酸量の増加は、採血日から第4週になるにしたがい平均 29.5mg/dl、28.5mg/dl、26.9mg/dl、17mg/dl、12.1mg/dl となり、保存の長期となるに従って漸減しているが、とくに第3週において急に衰える。この結果は、第3章における保存血保存中の葡萄糖及び乳酸量の変化が第3週目までであることとよく一致している。また乳酸増加の葡萄糖減少に対する比は85%~53.5%である。

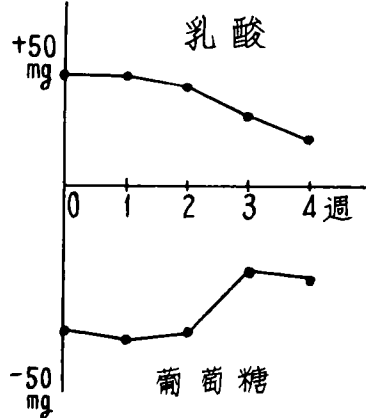
第3項 小 括

本節においては、生食中における保存血赤血球の解糖作用をA群では24時間、B群では6時間、37°Cの孵卵器中に放置した前後で検してみたところ、A、B群ともに保存期間が長期となるにしたがい、解糖力の減衰を示すが、A群では第2週以後は溶血のため測定不能であった。しかして、葡萄糖量の減少と乳酸量の増加はいずれも第3週目まで、第4週以後は差がな

第 3 表

保存期間	例	Ht	葡 萄 糖 mg/dl				乳 酸 mg/dl				乳酸変化
			前 値	6 時 値	減 量	Ht=50 減 量	前 値	6 時 値	増 量	Ht=50 増 量	
採 血 日	1	27.9	184	162	22	39.5	5.5	27	21.5	38.5	85%
	2	38.7	184	162	22	29	2.0	22	20	26.5	
	3	34.4	171	138	33	48	1.0	18	17	24.5	
	4	34	185	170	15	22	1.5	19.5	18	26.5	
	5	30	184	163	21	35	2.0	21	19	31.5	
	平均						34.7				
1 週	1	20.5	180	158	22	55.5	9.5	29	19.5	47.5	78%
	2	40.5	188	184	4	5	16.5	22	5.5	7	
	3	31.2	174	147	27	43	16	45.5	29.5	47.	
	4	20.4	221	203	18	44	13	25.5	12.5	30.5	
	5	33	183	159	23	35	21	28	7	10.5	
	平均						36.5				
2 週	1	21.8	196	172	24	55	16	34	18	41.5	75%
	2	41.5	162	138	24	29	25	34	9	11	
	3	29.3	190	170	20	34.5	29.5	53	23.5	40	
	4	21.4	180	158	22	35	27	39.5	12.5	23	
	5	29.5	187	170	17	29	31.5	42.5	11	19	
	平均						35.9				
3 週	1	25	188	177	11	22	8.5	17.5	9	18	87.5%
	2	27	172	168	5	9.5	13	25	12	22	
	3	31	171	162	9	14.5	25	31	6	9.5	
	4	31.5	167	142	25	39.5	40.5	57	17	27	
	5	36	156	140	16	22	46.5	52.5	6	8.5	
	平均						19.5				
4 週	1	25.4	171	158	13	25.5	25	36	11	21.5	53.5%
	2	32.5	183	158	25	39.5	23.5	30	6.5	10	
	3	43.5	171	151	20	23	29	37	8	9	
	4	33.4	161	155	6	9	31.5	37.5	6	9	
	5	34	173	162	11	16	20.5	28.5	8	11	
	平均						22.6				

第 3 図



い。そして解糖作用の程度はA群の場合ではB群の場合よりもはるかに強い。

第2節 保存血中における赤血球の解糖作用

第1項 実験方法

採血日及び1, 2, 3, 4週2~6°Cに保存したA・C・D—B液保存血を, 37°Cの孵卵器内に24時間放置した前後のHt値, 及び葡萄糖量, 乳酸量を測定した。

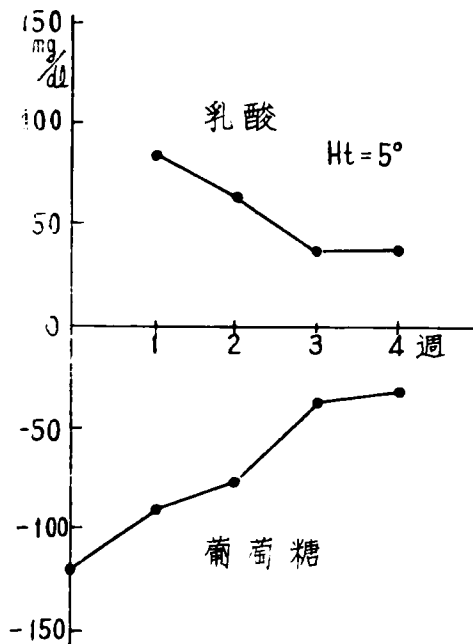
Ht値にはWintrobe氏管3000回転30分値をとった。

葡萄糖及び乳酸は前章同様の測定法を用いた。

第 4 表

保存期間	No.	Ht値	葡 萄 糖 mg/dl				乳 酸 mg/dl				乳酸変化
			前	24 時	減 量	Ht=50 減 量	前	24 時	増 量	Ht=50 増 量	
採 血 日	1	41.2	410	316	94	114	6.5	115	95	115	97.5%
	2	41.5	368	274	94	113	7.0	101	94	113	
	3	33	373	291	82	124	5.5	87	81.5	123	
	4	51	402	302	100	98	4.5	99.5	95	93	
	5	40.5	362	284	78	96.5	11	92	81	100	
	6	39	396	298	98	121	4	95	91	117	
	7	41	406	406	132	161	5	122	117	143	
	平均					118.2				114.9	
1 週	1	45	318	244	74	82	45	114.5	69.5	77	96.5%
	2	51.5	292	186	106	103	56	159	103	100	
	3	36	428	386	42	58.5	31.6	80.5	49	68	
	4	46	276	176	100	108.5	45.5	137	91.5	99.5	
	5	43	344	270	74	86	48	131	83	96.5	
	6	41	328	220	108	131.5	49	130	81	99	
	7	51	336	264	72	70.5	46.5	119.5	73	71.5	
	平均					91.4				87.9	
2 週	1	51	312	258	54	53	87	123	45	44	94.0%
	2	45	304	258	46	51	74	119	45	50	
	3	46.5	324	242	82	90	73.5	153	79.5	85	
	4	48.7	342	298	46	48	59.5	109	49.5	51	
	5	41	252	198	54	66	91.5	144.5	53	64.5	
	6	40.5	294	220	74	91.5	109	169	60	74	
	7	39	282	229	53	68	101	156	55	7.05	
	平均					66.8				62.7	
3 週	1	51	250	252	28	27.5	108.5	135	26.5	26	96.5%
	2	45.6	272	230	42	46	89.5	132	43	47	
	3	40.5	214	176	38	47	113.5	148	34.5	42.5	
	4	46	126	104	22	24	141	162	21	23	
	5	39	268	239	29	37	137	164	27	34.5	
	6	45	274	252	22	24.5	93.5	122.5	29	32	
	7	41	246	214	32	39	99.5	132.5	33	40.5	
	平均					36.4				35.1	
4 週	1	45.6	244	202	42	46	106	156	40	44	100%
	2	50.5	177	128	49	48.5	112	166	54	53.5	
	3	46	136	112	24	26	141	165	24	26	
	4	40.5	248	217	31	38.5	117	147	30	37	
	5	46	136	110	26	28	141	165.5	25.5	27.5	
	6	37	300	278	22	30	80.5	107	27	36.6	
	7	32.5	291	276	15	23	92	119	27	45	
	平均					34.3				38	

第 4 図



### 第2項 実験成績

7例における測定値及びHt値50に対する葡萄糖、乳酸の増減は、第4表、第4図のごとくである。

すなわち葡萄糖の減量は、採血日～4週にいたる間、平均 118.2mg/dl, 91.4mg/dl, 66.8mg/dl, 36.4mg/dl, 34.3mg/dl となり、保存が長期となるとともに、漸次解糖力の減衰を示し、第3週ではほぼ限界がみられ、3週と4週保存したものにおける差異は少い。また乳酸は、葡萄糖の減量に比例して増量し、葡萄糖減少に対する比は、100～94%で、やはり3週ではほぼ平均となる。

### 第3項 小 括

本節においては血漿中における保存血球の解糖作用を調べたのであるが、第1節の生食中における場合と全体としてほぼ同様の傾向を示し、保存時間が長期となるにしたがい葡萄糖の減量の点からみても乳酸の増量の点からみても第3週までかなり急激に解糖力の減衰を示す。その程度は採血日には生食中における同じ24時間加温のA群の場合よりもやや高度であるけれども第1週では同じく 91.4mg/dl となり、この場合では生食中の場合よりも急激な減衰を示している。

## 第5章 総括ならびに考按

以上私は第3章においてます「備実験として、保存血中の葡萄糖及び乳酸量の変化をしらべたところ、保存期間が長期となるに従つて、葡萄糖は減量し乳酸は増量することを認め、その増減率の著明なのは

第3週までであることを知つた、この成績は Rapoport, 福武, Kawashima らの報告と一致している。また葡萄糖量の減少と乳酸量の増加とは比例していることを知つた。

Rapoport は保存血の研究において、クエン酸加血液すなわち冷蔵血では、血液の解糖力は急激に減衰して8日でなくなるが、保存血ではより長いことに注目した。保存血の葡萄糖量の変化については、すでに Guest, Rapoport, 福武等による研究があり、保存液の種類や保存の温度によつて軽度の差が認められるが、ともかく保存期間が長くなるに従つて葡萄糖が漸次減量してくることを認めている。

次に、第4章第1節及び第2節において生食中と、血漿中における保存赤血球の解糖力を比較した。実験中混入した少数の細菌は解糖力にたいし、大した影響がないために無視した。また各葡萄糖減量、乳酸増量は、便宜上 Ht 値 50 にたいして比較、考察した。

葡萄糖量の減少：保存血中24時間加温例では、採血日葡萄糖は 118.2mg/dl の減少を示したが、1, 2, 3週保存した血液中では採血日の77.5%, 56.5%, 30.8%の減少を示し、4週保存では29%で3週との間にあまり差がない。

すなわち解糖力は血中では、採血日より3週に至る間急激に減衰し、3, 4週における解糖力の減衰は著明ではない。

次に、生食中24時間加温例では、採血日の値と比較すれば血中値のほぼ80%にあたる 94.4mgで、Kawashima のいうごとく、血中では生食中よりも赤血球の解糖力が著明であることを示しているが、第1週値では、ともに 91.4mg であり、血中の解糖力が生食中の場合よりも著明に減衰を示した。これは血中では、乳酸が生食中の2～3倍量になるため、前者では後者に比較し媒体 pH が著しく酸性化して解糖力をさまたげているのによるものと思われる。

生食中に2週以上保存した赤血球を浮游、24時間、12時間加温した場合は、ともに溶血著明のため、解糖力の比較ができなかつた。これは生食中では、保存赤血球の生存期間が著明に短縮するのを示している。

生食中6時間加温例では、24時間の場合に比して解糖作用の程度は著しく弱い、採血日、1, 2週はそれぞれ、34.7mg/dl, 36.5mg/dl, 35.9mg/dl とほとんど解糖力に差異を認めないが、3, 4週では、19.5mg/dl, 22.6mg/dl で急激に解糖力の減衰を認めるも、なお採血日の56%, 65%の解糖を示す。この6時

間例のような短時間の解糖力の変化は、後藤等の報告した赤血球呼吸の減衰と同一傾向を示している。

乳酸量の増加：Kraske, Morgulisa, Barkus, Guest らは葡萄糖量の減少と乳酸量の増加とは同量であると、また Kondo, Katayama は乳酸生成は葡萄糖減少よりも少ないと述べている。

測定値においては、生食中では葡萄糖減少量の85.0～53.5%、血中では100～94%の乳酸増加を示した。すなわち、血中では葡萄糖減少と同量の乳酸が生成されたのに反し、生食中においては、はるかに少い乳酸しか生成されなかつた。この事実はきわめて注目すべき興味あることであつて、血液をそのまま保存することは赤血球の解糖作用がつよく、乳酸の生成が大なることを知っておかねばならぬ。

## 第6章 結 論

保存血保存中の葡萄糖及び乳酸量の変化を測定するとともに、保存血赤血球の解糖作用につき実験して下記のごとき結論を得た。

1. 保存血は保存期間が長期となるにしたがい、葡

萄糖は減量し、乳酸は増量する。その増減率の著明なのは第3週までで、第4週以後は大差がない。そして葡萄糖の減少量と乳酸の増加量とはほぼ比例する。

2. 生食中における保存血赤血球の解糖作用を24時間及び6時間、加温した前後で検してみたところ、いづれも保存期間が長期となるにしたがい、解糖作用の減衰を示し、葡萄糖の減少、乳酸の増加ともに第3週までで、第4週以後は大差がない。

3. この際解糖作用は24時間の場合では6時間の場合よりもはるかに強い。

4. 血漿中すなわち保存血赤血球の解糖作用はほぼ生食中におけると同様の傾向を示し、第3週まで解糖作用の減衰を示すが、その程度は採血直後では生食中におけるよりも高度であるけれども、生食中の場合よりも急激に減衰する。これは血中では乳酸の増加がより強く、解糖作用をさまたげるためと思われる。

5. 解糖作用による葡萄糖の乳酸への変化は、血中ではほとんどすべてが変化するが、生食中では乳酸への変化ははるかに少ない。

## 文 献

- 1) Rousa. Turner : J. exp. Med (Am) 23, 219, 1916.
- 2) 木口・京都府立医科大学誌, 13, (1097—1185), 昭10.
- 3) Cl. Bernard : cit Oppenheimer, Die Fermente u. chse wivkungen, 1913.
- 4) G. Emden : 宇多小路 : 京都医学誌より引用.
- 5) B. Kraske : Biochem. Ztschr XIV, 88-94, 1912.
- 6) K. Kondo : Biochem, Ztschr XIV, 94-103, 1912.
- 7) Y. Kawashima : J. Biochem, 1923, 131-171, 273-281, 1923.
- 8) 宇多小路 : 京都医学誌, 昭7.
- 9) 齊藤 : 光電比色計による臨床化学検査, (南山堂)
- 10) S. Rapoport : J. clin Investig, 26, 591-635, 1947.
- 11) G. M. Guest : J. clinn Investig 11, 555-569, 1932.
- 12) 福武等 : 日本血液学会誌.
- 13) 後藤等 : 京都府立医科大学誌, 53, 227—239, 昭28.
- 14) Morgulis a, Bar Kus : J. Biol chem IXV, 1-16, 1925.
- 15) I. Katagama : J. Lab.a. clin. Med., 7, 239-254, 1926.
- 16) 加藤 : 輸血学, (南山堂)

## A Study on Stored Blood Part 1. Glycolysis

By

Yoichi NISHIHARA

1st Dept. of Surgery, Okayama University Medical School

(Director : Prof. D. Jinnai M. D.)

Changes of glucose and lactic acid in stored blood was investigated and glycolysis of red cells was experimentally studied.

1) As the storage becomes longer, glucose lessens but lactic acid increases. This change is marked until the third week and from the fourth week they show no definite change. The decreasing of glucose and the increasing of lactic acid are nearly in proportion.

2) The glycolysis of red cells of stored blood in physiological saline solution after 24-hour and 6-hour heating was measured.

3) The glycolysing power after 24-hour heating is much stronger than that after 6-hour heating.

4) The glycolysis of red cells in stored blood shows a same tendency to that in physiological saline solution.

5) The change from glucose to lactic acid is performed in blood almost completely while in physiological saline solution it works weaker.