

原 著

単純超低体温麻酔下開心例における
脂質代謝に関する研究

第一編 血漿遊離脂酸値ならびに血糖値の変動について

土 屋 隆

信州大学医学部第二外科学教室

STUDIES ON LIPID METABOLISM IN THE CASES OF
OPEN-HEART SURGERY USING SIMPLE PROFOUND
HYPOTHERMIA

PART I. CHANGES IN PLASMA NON-ESTERIFIED FATTY
ACID AND GLUCOSE LEVELS

Takashi TSUCHIYA

The Second Department of Surgery, Faculty of Medicine,
Shinshu University

Key words: 低体温麻酔 (hypothermia), 脂質代謝 (lipid metabolism),
血漿遊離脂酸 (plasma NEFA), 血糖 (plasma glucose)

緒 言

低体温麻酔法は、体温の下降に伴って生ずる組織代謝の低下を利用して、anoxia に対する耐性の増強をはかることを目的としたもので、1949年、Mc Quiston¹⁾ が本法を用いてフェロー四徴症における短絡手術に成功して以来、本法は Bigelow²⁾, Lewis and Tuafic³⁾, Swan⁴⁾ らの努力によって、直視下心臓内手術に応用されるようになった。その後、従来の低体温麻酔法は体温の下降ならびに血流の遮断時間に限界があるため⁵⁾⁶⁾、一時はかえり見られなかったが、人工冬眠法の理論⁷⁾ にもとづく交感神経遮断剤を用いたエーテル深麻酔による超低体温法が開発され^{8)~12)}、超低体温法は臨床的に広く応用されるようになった。しかしながら、超低体温麻酔下における病態生理はまだ十分に解明されておらず、ことに脂質代謝に関する知見はきわめて少ない。

著者は、単純超低体温麻酔下開心例における病態生理を脂質代謝の面から追求するために、本編においては血漿遊離脂酸値（以下血漿 NEFA 値と略す）なら

びに血糖値を術中、術後に測定し、その変動の機序について考察を加えた。

I 研究対象および方法

A 研究対象

研究対象は信州大学第二外科において単純超低体温麻酔下開心術を受けた先天性心疾患例である。術前の各測定値の対照としては単純超低体温麻酔下の開心例とほぼ同年令の健康児童を用いた。さらに術中、術後の対照例として、手術侵襲、栄養摂取、補液などの類似した常温麻酔下開胸例を用いた。

B 研究方法

12時間絶食後の早朝空腹時に肘静脈より採血し、その資料について血漿 NEFA 値は Dole¹³⁾法により、血糖値は Hoffman¹⁴⁾法により autoanalyzer を用いて測定した。なお単純超低体温麻酔下開心例および常温麻酔下開胸例においては、手術前投薬などの影響をさけるために、手術前日に測定した値を前値とした。

術中の測定は、単純超低体温麻酔下開心例においては、気管内チューブ挿管後（麻酔開始時）、冷却時（食道温 30°C、ヘパリン投与前）、最低温時（食道温 20~25°C、開心術直後）、加温時（食道温 30°C）および復温時（麻酔深度Ⅲ期Ⅰ相）に測定し、常温麻酔下開心例においては、気管内チューブ挿管後（麻酔開始時）、執刀1時間後、執刀2時間後、執刀3時間後および抜管後（半覚醒時）に測定した。

術後は、単純超低体温麻酔下開心例および常温麻酔下開心例とも、1週間経日的に早朝空腹時に採血して測定を行なった。

Ⅱ 研究成績

A 血漿 NEFA 値

1) 空腹時血漿 NEFA 値

a) 対 照

健康児9例（男性5例、女性4例）について測定した早朝空腹時血漿 NEFA 値は表1に示すごとく、457~552 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $501 \pm 31 \mu\text{Eq}/\ell$ である。なお対照例の男女間に有意の差を認めない。

表 1 対照の血漿 NEFA 値

氏 名	年 令	性	血漿 NEFA 値 ($\mu\text{Eq}/\ell$)
1. 等々力(輝)	10	♀	457
2. 内 山(理)	8	♀	467
3. 等々力(公)	9	♂	476
4. 等々力(成)	9	♂	486
5. 一ノ瀬(文)	10	♂	495
6. 一ノ瀬(治)	8	♂	505
7. 酒 井	14	♀	524
8. 内 山(文)	10	♂	543
9. 宮 原	11	♀	552
平 均			501 ± 31

b) 単純超低体温麻酔下開心例

単純超低体温麻酔下開心例15例（男性8例、女性7例）の早朝空腹時血漿 NEFA 値は表2に示すごとく、425~673 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $541 \pm 80 \mu\text{Eq}/\ell$ で、対照と比較して高値 ($p < 0.01$) を示している。

c) 常温麻酔下開心例

常温麻酔下開心例12例（男性6例、女性6例）の早

表 2 単純超低体温麻酔下開心例の血漿 NEFA 値

氏 名	年 令	性	疾 患 名	血漿 NEFA 値 ($\mu\text{Eq}/\ell$)
1. 上条	9	♀	VSD	425
2. 岩野	6	♀	PDA+VSD	455
3. 楠	13	♂	ASD	473
4. 依田	7	♂	VSD+ASD	473
5. 百瀬	8	♂	ASD	473
6. 亀井	11	♂	PS+ASD	496
7. 土谷	10	♂	PS+ASD	500
8. 福田	4	♀	VSD	513
9. 北原	3	♀	VSD	531
10. 保尊	12	♂	ASD	566
11. 西山	7	♂	VSD+ASD	602
12. 勝野	12	♂	PS+ASD	620
13. 笹沢	12	♀	ASD	655
14. 山藤	4	♀	ASD	667
15. 宮下	10	♀	PS+ASD	673
平 均				541 ± 80

朝空腹時血漿 NEFA 値は表3に示すごとく、500~633 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $546 \pm 38 \mu\text{Eq}/\ell$ で、対照と比較して高値 ($p < 0.01$) を示している。しかし単純超低体温麻酔下開心例との間には有意の差はない。

2) 血漿 NEFA 値の術中変動

a) 単純超低体温麻酔下開心例

単純超低体温麻酔下開心例12例（男性7例、女性5例）の術中変動は表4、図1に示すごとく、前値は425~673 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $555 \pm 82 \mu\text{Eq}/\ell$ であり、気管内チューブ挿管後では500~733 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $603 \pm 62 \mu\text{Eq}/\ell$ で、前値との間に有意の差を認めない。血漿 NEFA 値は体温の下降とともに上昇し、冷却 30°C では571~709 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $639 \pm 40 \mu\text{Eq}/\ell$ となり、前値との間に有意の差をもって上昇し ($p < 0.02$)、20~25°C の最低温時には818~1200 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 998 $\mu\text{Eq}/\ell$ と最高値を示し ($p < 0.01$)、加温とともに低下し、加温 30°C では566~827 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $676 \pm 79 \mu\text{Eq}/\ell$ 、復温時には513~850 $\mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $632 \pm$

単純超低体温麻酔下開心例における脂質代謝に関する研究 (第一編)

表 3 常温麻酔下開胸例の血漿 NEFA 値

氏名	年齢	性	疾患名	血漿NEFA値 ($\mu\text{Eq}/\ell$)
1. 横山(美)	43	♀	胸腺腫	500
2. 神田	22	♀	MS	500
3. 矢島	23	♂	PDA	513
4. 中岡	25	♂	右肺結核	525
5. 矢野	18	♀	縦隔腫瘍	525
6. 城島	5	♀	PDA	545
7. 西條	51	♂	左肺結核	546
8. 大口	30	♂	MS	550
9. 成沢	18	♀	MS	550
10. 熊崎	33	♀	縦隔腫瘍	566
11. 小林	49	♂	肺結核+膿胸	600
12. 横山(平)	61	♂	肺線維症	633
平均				546 ± 38

96 $\mu\text{Eq}/\ell$ と冷却時の値とほぼ同等の値にまで低下した。すなわち、血漿 NEFA 値は体温の下降とともに上昇し、体温の上昇とともに低下するという一定のパターンを示した。

b) 常温麻酔下開胸例

単純超低体温麻酔を行なわない胸部疾患9例(男性3例, 女性6例)の血漿 NEFA 値の術中変動をみると, 表5, 図2に示すごとく, 一定の変動を示さず単純超低体温麻酔下の変動と全く趣を異にしている。その経時的変動は, 前値 500~600 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 540 ± 30 $\mu\text{Eq}/\ell$, 気管内チューブ挿管後 550~982 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 722 ± 147 $\mu\text{Eq}/\ell$, 執刀1時間後 571~1097 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 771 ± 141 $\mu\text{Eq}/\ell$, 執刀2時間後 600~1065 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 835 ± 137 $\mu\text{Eq}/\ell$, 執刀3時間後 607~1161 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 958 ± 212 $\mu\text{Eq}/\ell$, 抜管後 500~1200 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 843 ± 186 $\mu\text{Eq}/\ell$ である。術中には不規則な変動を示すが, 前値に比して高値 ($p < 0.01$) を示している。

3) 血漿 NEFA 値の術後変動

a) 単純超低体温麻酔下開心例

単純超低体温麻酔下開心例10例(男性6例, 女性4

表 4 単純超低体温麻酔下開心例の血漿 NEFA 値の術中変動

氏名	年齢	性	疾患名	血漿 NEFA 値 ($\mu\text{Eq}/\ell$)					
				前値	挿管後	冷却時	最低温時	加温時	復温時
1. 上条	9	♀	VSD	425	577	577	955	685	613
2. 楠	13	♂	ASD	473	582	636	818	709	636
3. 依田	7	♂	VSD+ASD	473	655	709	1073	827	691
4. 亀井	11	♂	PS+ASD	496	500	571	964	571	518
5. 土谷	10	♂	PS+ASD	500	567	633	1000	608	567
6. 福田	4	♀	VSD	513	633	—	1100	—	750
7. 保尊	12	♂	ASD	566	509	660	1019	566	528
8. 西山	7	♂	VSD+ASD	602	584	655	956	673	513
9. 勝野	12	♂	PS+ASD	620	613	629	968	694	677
10. 笹沢	12	♀	ASD	655	661	677	1000	774	645
11. 山藤	4	♀	ASD	667	733	—	1200	—	850
12. 宮下	10	♀	PS+ASD	673	622	639	924	655	597
平均				555 ± 82	603 ± 62	639 ± 40	998 ± 92	676 ± 79	632 ± 96

表 5

常温麻醉下開胸例の血漿 NEFA 値の術中変動

氏 名	年 令	性	疾 患 名	血 漿 NEFA 値 (μEq/l)					
				前 値	挿 管 後	執 刀 1 時 間 後	執 刀 2 時 間 後	執 刀 3 時 間 後	抜 管 後
1. 横 山 (美)	43	♀	胸 腺 腫	500	550	767	850	—	717
2. 神 田	22	♀	MS	500	667	767	600	—	500
3. 中 岡	25	♂	右 肺 結 核	525	968	871	1032	1161	968
4. 矢 野	18	♀	縦 隔 腫 瘍	525	645	1097	1065	1081	1200
5. 城 鳥	5	♀	PDA	545	982	764	800	—	909
6. 西 條	51	♂	左 肺 結 核	546	589	571	804	982	804
7. 成 沢	18	♀	MS	550	740	762	857	—	910
8. 熊 崎	33	♀	縦 隔 腫 瘍	566	736	698	811	—	887
9. 小 林	49	♂	肺 結 核 + 膿 胸	600	625	643	696	607	696
平 均				540 ± 30	722 ± 147	771 ± 141	835 ± 137	958 ± 212	843 ± 186

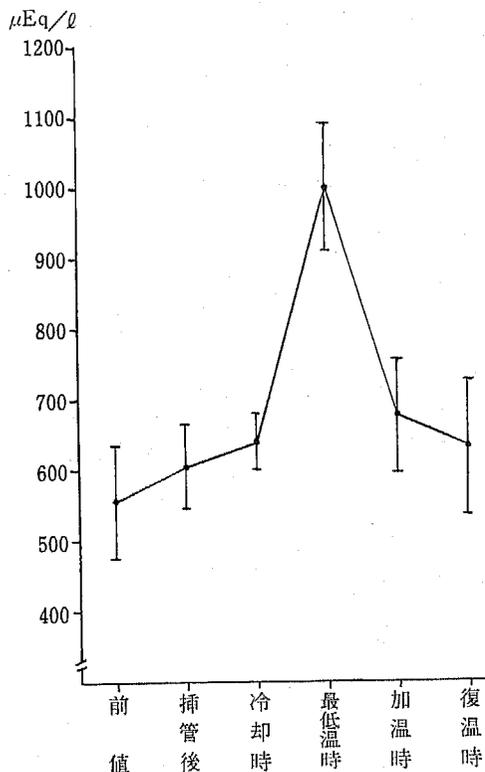


図 1 単純超低体温麻醉下開心例の血漿 NEFA 値の術中変動

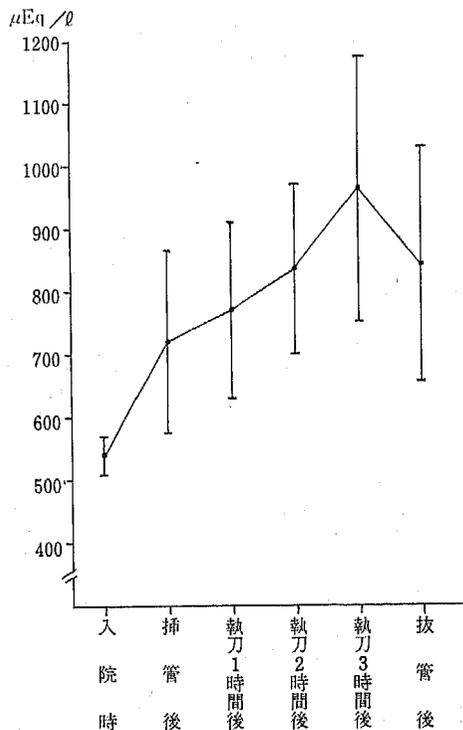


図 2 常温麻醉下開胸例の血漿 NEFA 値の術中変動

例)の血漿 NEFA 値の術後変動は表 6, 図 3 に示すごとく, 前値 425~673 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $539 \pm 80 \mu\text{Eq}/\ell$, 術後 1 日目 790~1233 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $990 \pm 114 \mu\text{Eq}/\ell$, 術後 2 日目 672~967 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $780 \pm 93 \mu\text{Eq}/\ell$, 術後 3 日目 629~909 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $754 \pm 106 \mu\text{Eq}/\ell$, 術後 4 日目 518~817 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $643 \pm 93 \mu\text{Eq}/\ell$, 術後 5 日目 550~717 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $630 \pm 59 \mu\text{Eq}/\ell$, 術後 6 日目 505~700 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $592 \pm 63 \mu\text{Eq}/\ell$,

術後 7 日目 470~655 $\mu\text{Eq}/\ell$, 平均 $564 \pm 59 \mu\text{Eq}/\ell$ である。すなわち単純超低体温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値の術後変動は, 術後 1 日目に最高値を示し, 以後しだいに低下して術後 6 日目にはほぼ前値に復した。

b) 常温麻酔下開胸例

単純超低体温麻酔を行なわない胸部疾患 6 例 (男性 2 例, 女性 4 例) の血漿 NEFA 値の術後変動は表 7,

表 6 単純超低体温麻酔下開心例の血漿 NEFA 値の術後変動

氏名	年令	性	疾患名	血漿 NEFA 値 ($\mu\text{Eq}/\ell$)							
				前値	術後 1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日
1. 上条	9	♀	VSD	425	991	901	865	757	685	505	505
2. 楠	13	♂	ASD	473	891	691	691	673	709	618	618
3. 依田	7	♂	VSD+ASD	473	954	818	909	582	636	585	470
4. 亀井	11	♂	PS+ASD	496	1071	768	679	518	589	518	559
5. 土谷	10	♂	PS+ASD	500	1033	967	867	817	717	700	583
6. 福田	4	♀	VSD	513	1233	—	883	—	550	—	—
7. 保尊	12	♂	ASD	566	1057	717	660	547	555	540	560
8. 勝野	12	♂	PS+ASD	620	790	742	700	581	570	565	500
9. 笹沢	12	♀	ASD	655	968	742	629	661	650	661	655
10. 宮下	10	♀	PS+ASD	673	908	672	655	655	639	639	625
平均				539 ± 80	990 ± 114	780 ± 93	754 ± 106	643 ± 93	630 ± 59	592 ± 63	564 ± 59

表 7 常温麻酔下開胸例の血漿 NEFA 値の術後変動

氏名	年令	性	疾患名	血漿 NEFA 値 ($\mu\text{Eq}/\ell$)							
				前値	術後 1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日
1. 横山(美)	43	♀	胸腺腫	500	833	750	700	655	575	533	550
2. 神田	22	♀	MS	500	850	783	783	700	667	533	505
3. 中岡	25	♂	右肺結核	525	1000	1016	935	910	887	532	525
4. 成沢	18	♀	MS	550	777	793	740	825	592	554	423
5. 熊崎	33	♀	縦隔腫瘍	566	792	736	725	717	642	679	566
6. 小林	49	♂	肺結核+膿胸	600	804	679	661	625	536	500	464
平均				540 ± 36	843 ± 74	793 ± 106	757 ± 88	739 ± 99	650 ± 114	555 ± 58	506 ± 49

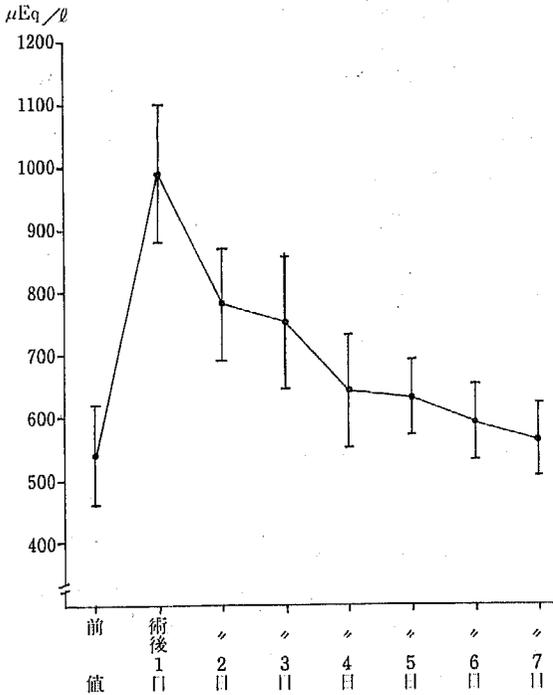


図3 単純超低温麻酔下開心例の血漿 NEFA 値の術後変動

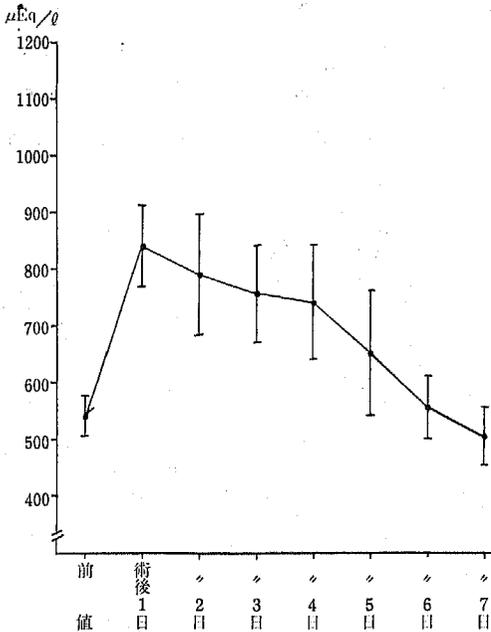


図4 常温麻酔下開胸例の血漿 NEFA 値の術後変動

図4に示すごとく、前値 500~600 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 540 $\pm 36 \mu\text{Eq/l}$ 、術後1日目 777~1000 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 843 $\pm 74 \mu\text{Eq/l}$ 、術後2日目 679~1016 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 793 $\pm 106 \mu\text{Eq/l}$ 、術後3日目 661~935 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 757 $\pm 88 \mu\text{Eq/l}$ 、術後4日目 625~910 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 739 $\pm 99 \mu\text{Eq/l}$ 、術後5日目 536~887 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 650 $\pm 114 \mu\text{Eq/l}$ 、術後6日目 500~679 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 555 $\pm 58 \mu\text{Eq/l}$ 、術後7日目 423~566 $\mu\text{Eq/l}$ 、平均 506 $\pm 49 \mu\text{Eq/l}$ である。すなわち、常温麻酔下開胸例における血漿 NEFA 値の術後変動は、術後1日目に最高値を示し、以後しだいに低下して術後5日以降は前値との間に有意の差を認めなくなる。

B 血糖値

1) 空腹時血糖値

a) 対 照

健康児10例(男性5例, 女性5例)について測定した早朝空腹時血糖値は表8に示すごとく、80~105 mg/dl 、平均 $92 \pm 8 \text{mg/dl}$ である。なお対照例の男女間に有意の差を認めない。

b) 単純超低温麻酔下開心例

単純超低温麻酔下開心例10例(男性3例, 女性7例)の早朝空腹時血糖値は表9に示すごとく、85~136 mg/dl 、平均 $96 \pm 14 \text{mg/dl}$ で、対照例との間に有意の差を認めない。

c) 常温麻酔下開胸例

常温麻酔下開胸例6例(男性1例, 女性5例)の早

表8 対 照 の 血 糖 値

氏 名	年 令	性	血 糖 値 (mg/dl)
1. 堀 内	5	♂	80
2. 武 井	7	♂	84
3. 古 畑	8	♀	86
4. 藤 田	8	♀	88
5. 等々力(成)	9	♂	90
6. 林	7	♀	92
7. 内 山(理)	8	♀	95
8. 等々力(輝)	10	♀	100
9. 等々力(公)	9	♂	100
10. 内 山(文)	10	♂	105
平 均			92 \pm 8

表 9 単純超低温麻酔下開心例の血糖値

氏名	年齢	性	疾患名	血糖値 (mg/dl)
1. 矢口	8	♂	ASD +I-Sup. V. Cava	85
2. 池内	8	♀	ASD +I-Sup. V. Cava	87
3. 津金	9	♀	VSD	88
4. 日達	12	♀	VSD	91
5. 山口	11	♀	VSD	91
6. 百瀬	6	♂	ASD	92
7. 滝沢	13	♀	VSD+ASD	95
8. 高橋	5	♀	ASD	98
9. 仲藤(佳)	4	♂	PS+ASD	100
10. 田中	16	♀	VSD+ASD	136
平均				96 ± 14

朝空腹時血糖値は表10に示すごとく、95~145mg/dl、平均 117 ± 16mg/dl で対照例 (p < 0.02)、単純超低温麻酔下開心例 (p < 0.05) に比較して高い。これら症例中、血糖値が正常なものは縦隔腫瘍と軽度のポタロ管開存例 (PDA) であって、他の肺瘍患者と僧帽弁

表10 常温麻酔下開胸例の血糖値

氏名	年齢	性	疾患名	血糖値 (mg/dl)
1. 矢野	18	♀	縦隔腫瘍	95
2. 橋場	29	♀	PDA	104
3. 村上	52	♀	右肺癌	110
4. 太田	39	♀	左自然気胸	120
5. 小沢	54	♂	左肺癌	127
6. 成沢	18	♀	MS	145
平均				117 ± 16

閉鎖症患者はやや高値を示した。

2) 血糖値の術中変動

a) 単純超低温麻酔下開心例

単純超低温麻酔下開心例10例 (男性3例、女性7例) における血糖値の術中変動は表11、図5に示すごとく、気管内チューブ挿管後では75~170mg/dl、平均 114 ± 30mg/dlで、前値との間に有意の差はないが、体温下降とともに上昇し、冷却30°Cでは90~215mg/dl、平均 155 ± 36mg/dlとなり (p < 0.01)、20~25°Cの最低温時には154~305mg/dl、平均 209 ± 46mg/dlとな

表 11 単純超低温麻酔下開心例の血糖値の術中変動

氏名	年齢	性	疾患名	血糖値 (mg/dl)					
				前値	挿管後	冷却時	最低温時	加温時	復温時
1. 矢口	8	♂	ASD +I-Sup. V. Cava	85	90	90	240	300	255
2. 池内	8	♀	ASD +I-Sup. V. Cava	87	91	105	154	188	240
3. 津金	9	♀	VSD	88	75	145	171	221	187
4. 日達	12	♀	VSD	91	104	162	192	232	255
5. 山口	11	♀	VSD	91	110	157	164	230	245
6. 百瀬	6	♂	ASD	92	80	130	206	263	140
7. 滝沢	13	♀	VSD+ASD	95	135	180	305	360	250
8. 高橋	5	♀	ASD	98	170	215	268	265	245
9. 伊藤(佳)	4	♂	PS+ASD	100	130	180	181	295	314
10. 田中	16	♀	VSD+ASD	136	152	183	213	251	228
平均				96 ± 14	114 ± 30	155 ± 36	209 ± 46	261 ± 46	236 ± 43

るが、血糖値は血漿 NEFA 値の変動と異なり、加温時でもさらに上昇を示し、加温 30°C では 188~360 mg/dL、平均 261±46 mg/dL と最高値を示し、復温時になると 140~314 mg/dL、平均 236±43 mg/dL とはじめて低下の傾向を示すが、前値と比較するとなおかなり

高い値 (p<0.01) を示す。

b) 常温麻醉下開胸例

単純超低体温麻醉を行なわない胸部疾患 5 例 (男性 1 例, 女性 4 例) の血糖値の術中変動は表 12, 図 6 に示すごとく、時間の経過とともに上昇するが、一般に

表 12 常温麻醉下開胸例の血糖値の術中変動

氏 名	年 令	性	疾 患 名	血 糖 値 (mg/dL)					
				前 値	挿 管 後	執 刀 1 時間 後	執 刀 2 時間 後	執 刀 3 時間 後	抜 管 後
1. 矢 野	18	♀	縦 隔 腫 瘍	95	92	108	127	—	155
2. 橋 場	29	♀	PDA	104	120	175	150	—	146
3. 太 田	39	♀	左 自 然 気 胸	120	110	130	170	—	180
4. 小 沢	54	♂	左 肺 癌	127	156	174	200	194	208
5. 成 沢	18	♀	MS	145	205	163	164	166	160
平 均				118 ± 18	137 ± 40	150 ± 27	162 ± 24	180 ± 14	170 ± 22

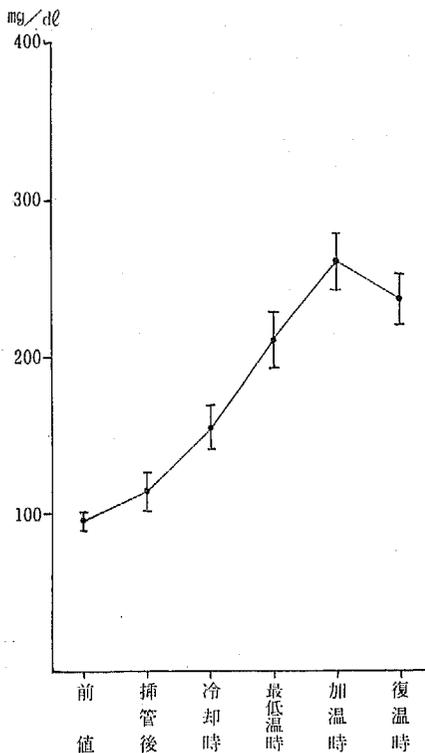


図 5 単純超低体温麻醉下開心例の血糖値の術中変動

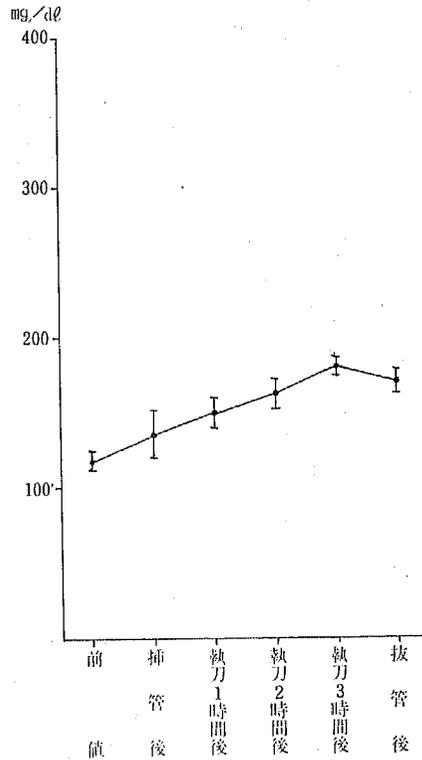


図 6 常温麻醉下開胸例の血糖値の術中変動

単純超低温麻酔下開心例における脂質代謝に関する研究 (第一編)

単純超低温麻酔下開心例におけるごとき著明な上昇はみられない。その術中経過は気管内チューブ挿管後 92~205mg/dL, 平均 137±40mg/dL, 執刀1時間後 108~175mg/dL, 平均 150±27mg/dL, 執刀2時間後 127~200mg/dL, 平均 162±24mg/dL, 執刀3時間後 166~194mg/dL, 平均 180±14mg/dL, 抜管後 146~208mg/dL, 平均 170±22mg/dL である。

3) 血糖値の術後変動

a) 単純超低温麻酔下開心例

単純超低温麻酔下開心例 5 例 (男性 2 例, 女性 3 例) における血糖値の術後変動は表 13, 図 7 に示すごとく, 前値 85~100mg/dL, 平均 92±6mg/dL, 術後 1 日目 115~146mg/dL, 平均 128±12mg/dL, 術後 2 日目 110~140mg/dL, 平均 123±11mg/dL, 術後 3 日目 102

~130mg/dL, 平均 117±10mg/dL, 術後 4 日目 95~124mg/dL, 平均 107±10mg/dL, 術後 5 日目 90~133mg/dL, 平均 109±14mg/dL, 術後 6 日目 85~120mg/dL, 平均 100±12mg/dL, 術後 7 日目 82~125mg/dL, 平均 97±15mg/dL である。すなわち, 術後 1 日目に最高値を示し, 以後しだいに低下して術後 4 日目にほぼ前値に復した。

b) 常温麻酔下開胸例

単純超低温麻酔を行わない開胸例 6 例 (男性 1 例, 女性 5 例) の血糖値の術後変動は表 14, 図 8 に示すごとく, 前値 95~145mg/dL, 平均 117±16mg/dL, 術後 1 日目 125~215mg/dL, 平均 158±34mg/dL, 術後 2 日目 113~162mg/dL, 平均 141±17mg/dL, 術後 3 日目 115~165mg/dL, 平均 133±20mg/dL, 術後 4 日目

表 13 単純超低温麻酔下開心例の血糖値の術後変動

氏名	年令	性	疾患名	血 糖 値 (mg/dL)							
				前値	術後1日	// 2日	// 3日	// 4日	// 5日	// 6日	// 7日
1. 矢口	8	♂	ASD +1-Sup. V. Cava	85	125	120	110	95	90	90	85
2. 津金	9	♀	VSD	88	146	130	122	100	133	85	82
3. 山口	11	♀	VSD	91	115	110	102	110	106	120	125
4. 高橋	5	♀	ASD	98	116	115	120	108	105	100	100
5. 伊藤(佳)	4	♂	PS+ASD	100	136	140	130	124	110	105	95
平均				92±6	128±12	123±11	117±10	107±10	109±14	100±12	97±15

表 14 常温麻酔下開胸例の血糖値の術後変動

氏名	年令	性	疾患名	血 糖 値 (mg/dL)							
				前値	術後1日	// 2日	// 3日	// 4日	// 5日	// 6日	// 7日
1. 矢野	18	♀	縦隔腫瘍	95	125	113	117	124	130	128	115
2. 橋場	29	♀	PDA	104	150	158	118	132	150	100	116
3. 村上	52	♀	右肺癌	110	215	140	115	120	110	135	118
4. 太田	39	♀	左自然気胸	120	125	130	125	155	165	105	140
5. 小沢	54	♂	左肺癌	127	143	162	155	126	105	150	130
6. 成沢	18	♀	MS	145	190	145	165	135	140	146	140
平均				117±16	158±34	141±17	133±20	132±11	133±21	127±19	127±11

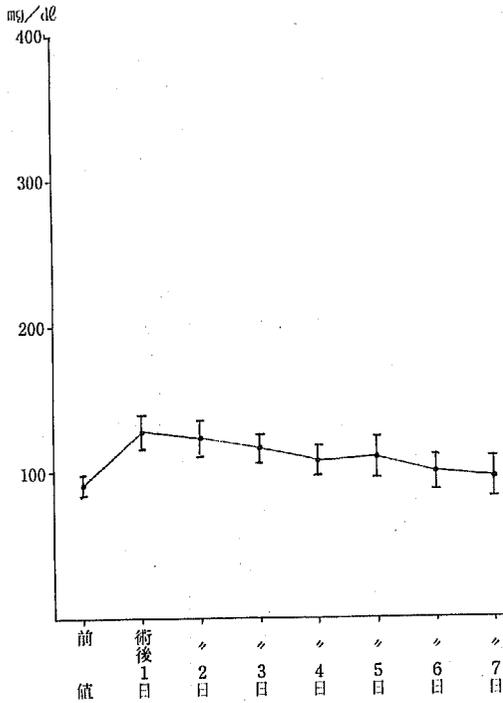


図 7 単純超低体温麻酔下開心例の血糖値の術後変動

120~155 mg/dl, 平均 132±11 mg/dl, 術後5日目 105~165 mg/dl, 平均 133±21 mg/dl, 術後6日目 100~150 mg/dl, 平均 127±19 mg/dl, 術後7日目 115~140 mg/dl, 平均 127±11 mg/dl である。

すなわち, 常温麻酔下開胸例における血糖値の術後変動は, 単純超低体温麻酔下開心例の術後変動と同様に, 術後1日目に最高値を示し, 以後しだいに低下して前値に復し, 単純超低体温麻酔下開心例とほぼ同じパターンを示す。

III 考 察

血漿中には中性脂肪, 燐脂質, コレステロール, コレステロールエステル, 遊離脂酸が存在しており, このうち遊離脂酸 free fatty acids (FFA) は非エステル型脂酸 non-esterified fatty acids (NEFA) とも呼ばれ, 血漿中に存在する脂質の約5%を占めるのみであるが¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾, 生体内の各組織に最も利用されやすい形で存在しているため, 重要なエネルギー源とみなされている¹⁵⁾¹⁸⁾。

血漿 NEFA は主として脂肪組織より血中へ動員され, 大部分はアルブミンと結合し, 一部はリポ蛋白と

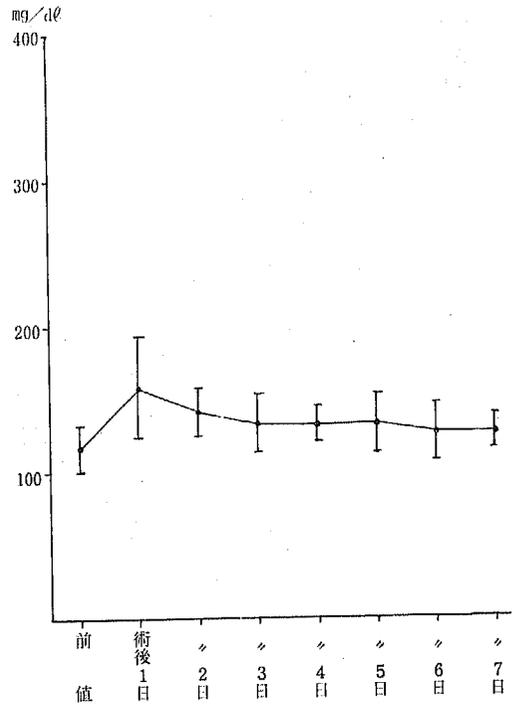


図 8 常温麻酔下開胸例の血糖値の術後変動

結合して循環しており¹⁵⁾, その交替率はきわめて速く, 半減期は約2分とされている¹⁵⁾¹⁸⁾。

脂肪組織より脂酸を動員する因子, すなわち lipid mobilizer としてあげられているものには, カテコールアミン¹³⁾¹⁵⁾¹⁹⁾²⁰⁾, ACTH²⁰⁾²¹⁾, TSH²⁰⁾²²⁾, 成長ホルモン²⁰⁾²³⁾, グルカゴン²⁴⁾, 副腎皮質ホルモン²⁵⁾, 甲状腺ホルモン²⁶⁾などがあり, その他, 下垂体から Rudman²⁷⁾因子, Chalmers²⁸⁾因子, lipid mobilizer (L.M)²⁹⁾, pituitary peptide I, II³⁰⁾などが分離されている。これらの内分泌系あるいは交感神経系の関与があつて, 飢餓, 寒冷, 恐怖, 運動, 外傷, ストレスなどのときに血漿 NEFA は上昇するといわれている¹³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾³¹⁾。逆に脂酸の動員を抑制する因子としては, ブドウ糖¹³⁾¹⁹⁾²⁰⁾³²⁾, インシュリン¹³⁾¹⁹⁾²⁰⁾³²⁾, ニコチン酸³³⁾, パルピツレート³⁴⁾, 交感神経遮断剤¹⁶⁾³⁵⁾などがあげられている。

空腹時血漿 NEFA の正常値は測定法の相違などにより多少異なるが, 400~600 μ Eq/l を正常範囲とみなすものが多い²⁰⁾³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾。著者の成績では対照の空腹時血漿 NEFA 値は 457~552 μ Eq/l, 平均 501±31 μ Eq/l で, 諸家の成績とほぼ一致している。田苗³⁹⁾

らは小児の空腹時血漿 NEFA 値は $629 \pm 66 \mu\text{Eq}/\ell$ で、正常成人より高いと報告しているが、古川³⁶⁾らは $415 \pm 158 \mu\text{Eq}/\ell$ で、著者の値よりむしろ低い値を報告している。したがって、成人と小児とはそれほど差がないようであり、著者は $457 \sim 552 \mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $501 \pm 31 \mu\text{Eq}/\ell$ を本研究における正常値とみなして研究を進めた。

単純超低体温麻酔下開心例における著者の成績を検討すると、空腹時血漿 NEFA 値は $425 \sim 673 \mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $541 \pm 80 \mu\text{Eq}/\ell$ で、対照と比較して高値 ($p < 0.01$) を示している。しかし常温麻酔下開胸例の空腹時血漿 NEFA 値 $500 \sim 633 \mu\text{Eq}/\ell$ 、平均 $546 \pm 38 \mu\text{Eq}/\ell$ との間には有意の差はない。単純超低体温麻酔下開心例は血行に短絡を有し、循環動態の異常を有する例であり、常温麻酔下開胸例も諸種の疾患を有する例であるから、術前の血漿 NEFA 値が健康児に比してわずかな高値を示すことも容易に理解できることである。

単純超低体温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値の術中変動については、体温の下降とともに血漿 NEFA 値は上昇し、体温の上昇とともに低下するという一定のパターンが得られた。本麻酔法においては患者の冷却、加温のほかに種々の薬剤を用いているので、この点について考察を加えたい。

バルビツレートには脂酸の動員を抑制する作用があるといわれているので³⁷⁾、前値とバルビツレートで導入した気管内チューブ挿管後の値と比較検討してみると、単純超低体温麻酔下開心例においては、12例中4例に血漿 NEFA 値の低下を認めるが、残りの8例はむしろ上昇を示した。一方、常温麻酔下開胸例においては、全例とも前値より気管内チューブ挿管後の方が有意の差をもって高値 ($p < 0.01$) を示している。バルビツレートによる前麻酔は $5\text{mg}/\text{kg}$ と少ないため、この程度の投与量では血漿 NEFA の動員を抑制し得ないであろう。

交感神経遮断剤も脂酸の動員を抑制することが知られている³⁸⁾³⁹⁾。自律神経は内分泌系と密接な関係を有し、生体に侵襲を加えると、交感神経の興奮によりアドレナリンが分泌され、ついで副腎皮質ホルモンの分泌を促す。また寒冷というストレスに対し、交感神経系の緊張亢進が起ることは衆知の事実である。ところで、単純超低体温麻酔法では、この寒冷反応を防止するため交感神経遮断剤を用いており、冷却時に shivering などの寒冷反応が全く認められないにも拘ら

ず、血漿 NEFA 値は体温の下降とともに上昇し、体温の上昇とともに低下するという一定のパターンを示した。この事実は、単純超低体温麻酔下開心例における血漿 NEFA の術中変動に対して交感神経遮断剤は影響を与えないことを示すものである。

教室の志田⁴⁰⁾は単純超低体温麻酔下開心例について、血漿 NEFA の上昇作用を有するカテコールアミンを追求し、ノルアドレナリンおよびアドレナリンの尿中排泄量は冷却時に減少し、加温時に増加する傾向を認め、Fisher⁴¹⁾ら、および Hume⁴²⁾らもアドレナリンおよびノルアドレナリンの分泌は低体温麻酔により減少すると述べている。このように、単純超低体温麻酔下では血漿 NEFA とカテコールアミンとは負の相関関係にあるので、冷却時における血漿 NEFA 値の上昇をカテコールアミンの動きから説明することは困難である。

一方、ヘパリンは脂酸の動員を促進して血漿 NEFA 値を上昇させる作用がある⁴³⁾。単純超低体温麻酔下開心術においては、体温が 30°C 以下に下降すると血液粘稠度が増加して泥濁化を来すので⁴⁴⁾、これを防止するために我々は冷却 30°C 時にヘパリンを $1\text{mg}/\text{kg}$ の割合で投与している。そこで血漿 NEFA 値が最低温時に最高値を示すのはヘパリンの影響であろうかとの疑問が生ずる。しかるに冷却 30°C 時のヘパリン投与前の測定値が前値と比較して有意の差 ($p < 0.02$) をもって上昇していることから、単純超低体温麻酔時の血漿 NEFA 値の上昇は主として低体温によるものであろうと考えているが、ヘパリンの影響については、今後の検討の結果論じたい。

単純超低体温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値の冷却時における上昇は、脂酸の動員に対して利用が下まわるためであり、加温とともに低下するのは、利用が活発となり動員を上まわることによると推測されるが、以上のバルビツレート、交感神経遮断剤などを検討した成績から考察すれば、これら薬剤の影響はほとんどないごとくである。しかしながら、他の因子、例えば副腎皮質ホルモン、インシュリン、甲状腺ホルモン、あるいは冷却時における肝、腎などの諸臓器における循環血流量も検討する必要があるので、血漿 NEFA 値の術中変動の機序をここで明確に説明することは困難である。

一方、常温麻酔下開胸例の術中変動は、前値と比較して術中には有意の差をもって上昇するが、一定のパターンを示さず、抜管後(半覚醒時)も前値と比較し

てかなり高い。Le Veen⁴⁵⁾らは、術中および術後2～3時間の中性脂肪は手術侵襲の程度に一致して上昇の傾向を示したが、血漿 NEFA 値は不規則で一定の傾向を示さず、中性脂肪との相関々係は見出し得なかったと述べており、また大野⁴⁶⁾は、術中の血漿 NEFA は不規則な変動を示すが、一般に術前よりも高値を示し、手術が終了し、麻酔から覚醒した後では著しい増加が認められたと報告している。教室の志田⁴⁰⁾は常温麻酔下の術中ではカテコールアミンも一定の変動を示さないことと確認している。したがって、常温麻酔下開胸例の血漿 NEFA 値の術中変動は、単純超低温麻酔下開胸例のそれとは全く趣を異にしているものである。

常温麻酔下開胸例においては、単純超低温麻酔下開胸例に比較して麻酔深度も浅く、手術々式、手術の難易度、疾患の差、出血量、輸血および輸液量などの点において異なり、一定の条件下におくことが困難なため、共通したパターンを示すことはあり得ない。また抜管後、前値と比較してかなり高値を示すことに関しては、単純超低温麻酔下開胸例では復温時とはいえ、まだ深い麻酔状態（麻酔深度Ⅲ期Ⅰ相）にあるのに比し、常温麻酔下開胸例においては、半覚醒の浅い麻酔状態にあり、疼痛などのストレスが加わるためと考えられる。

単純超低温麻酔下開胸例の血漿 NEFA 値の術後変動は、術後1日目に最高値を示し、以後徐々に低下して術後6日目にはほぼ前値に復し、また常温麻酔下開胸例においてもほぼ同様の変動を示したことより、血漿 NEFA 値の術後変動は、術後1日目に最高値を示し、以後低下するというほぼ一定のパターンを示している。血漿 NEFA 値の術後における経日的な変動に関しては、Wadström³¹⁾、木村ら⁴⁷⁾、大野⁴⁶⁾、野中⁴⁰⁾らは著者の成績とほぼ一致した成績を報告しているが、血漿 NEFA 値の術後変動は、手術侵襲に対する生体反応であって、脂酸の動員の増加によるパターンと考えている。さらに彼等によれば、術後変動は手術侵襲の大きなものほど回復が遅れる傾向があり、栄養の経口摂取が早期から可能なものほど、早期に前値に復するとされている。

血糖の測定にはいくつかの方法があり、Somogyi-Nelson 法⁴⁰⁾、Hagedorn-Jensen 法⁵⁰⁾が代表的であるが、最近 autoanalyzer による分析が普及しつつあり、著者は Hoffman 法¹⁴⁾による autoanalyzer の分析値を用いた。空腹時血糖の正常値は測定法によって

異なるが、Somogyi-Nelson 法⁴⁰⁾では 65～110mg/dl、Hagedorn-Jensen 法⁵⁰⁾では 80～120mg/dl とされ、autoanalyzer 法は Somogyi-Nelson 法⁴⁰⁾に近似した値が得られるといわれている⁵¹⁾⁵²⁾。著者の成績では対照の空腹時血糖値は 80～105mg/dl、平均 92±8mg/dl である。

単純超低温麻酔下開胸例における空腹時血糖値は 85～136mg/dl、平均 96±14mg/dl で、対照と比較して有意の差を認めないが、常温麻酔下開胸例のそれは 95～147mg/dl、平均 117±16mg/dl で、対照に比し有意の差を認めた。これらの症例中には、癌患者、循環障害患者などが含まれており、これら症例の血糖値がわずかに高い値を示した。

つぎに、血糖値の術中変動についてみると、単純超低温麻酔下開胸例においては、体温の下降とともに血糖値は上昇するが、加温時においてもさらに上昇して最高値を示し、復温時になってはじめて低下の傾向を示した。Blair⁵³⁾、Bickford⁵⁴⁾、Henneman⁵⁵⁾らも低温麻酔では一般に高血糖の状態にあり、復温時でも高血糖が存続し、少なくとも24時間は正常値に復さないと報告している⁵³⁾。血糖値の上昇機序については、Henneman⁵⁵⁾、Wynn⁵⁶⁾らは低温麻酔による糖の利用の低下が主な要因であるとみなしている。一方、甲田⁵⁷⁾は低温麻酔時には肝臓よりの糖駆出量が減少することを認めている。著者は単純超低温麻酔下の血糖値の上昇機序は、諸組織における糖利用の減少と循環血流量の低下によって肝臓の糖収容量が減少するからであり、加温により諸組織の代謝抑制がしだいに回復し、肝臓の糖収容量もしだいに正常化するため、復温時に至ってはじめて血糖値は低下の傾向を示すようになるものと考えている。ただし、著者は肝臓の循環血流量を測定していないので、この見解も推測の域を脱し得ない。

一方、常温麻酔下開胸例の術中の血糖値は、時間の経過とともに上昇するが、単純超低温麻酔下開胸例のような高値を示さない。これは諸組織の活潑な糖の利用を示唆するもので、血糖値の変動の面からみても、両者の術中変動は明らかに異なることを示している。岡村¹⁰⁾らは常温麻酔と低温麻酔との肝グリコーゲンの消長を比較検討し、手術前では両者とも肝細胞内グリコーゲンが豊富に認められるが、手術後では常温麻酔例の肝グリコーゲンの減少度が著しいのに対し、低温例の肝グリコーゲンの減少度はさほどでなく、両者間に明らかな差異が認められることを報告

し、さらにこの事実は低体温下では常温時に比し、エネルギー消費度が少ないことを物語るものであると述べている。

血糖値の術後変動は、単純超低温麻酔下開心例、常温麻酔下開胸例とも、術後1日目に最高値となり、以後しだいに低下する共通のパターンを示した。術後における血糖値の上昇については、手術侵襲によってアドレナリン、副腎皮質ホルモンなどの分泌が増加し、その結果、糖の肝臓からの動員が増して過血糖が生ずるものと考えられる⁵⁸⁾。

血漿 NEFA 値と血糖値との間には密接な関係のあることが広く知られている。すなわち、ブドウ糖負荷により血糖値を上昇させると、血漿 NEFA 値は低下する。教室の宮崎⁵⁹⁾もブドウ糖負荷後の血漿 NEFA 値は血糖値の上昇に一致して低下し、互いに鏡面像の関係にあることを確認した。このような血漿 NEFA 値と血糖値の関係を、Randle²⁰⁾らは glucose fatty acid cycle という概念であらわしている。すなわち、ブドウ糖の利用が少なければ、脂肪組織からの脂酸の動員と利用が高まり、また血糖値が上昇してインシュリンの分泌が起り、ブドウ糖の利用が促進されれば、脂酸の動員と利用は制限されるという。またこのような関係を Gordon³²⁾ らは caloric homeostasis と呼んでいる。Buckle⁵⁹⁾ らは糖質より α -glycerophosphate の供給が増加すれば、NEFA の再エステル化 (re-esterification) が促進されるから血中の NEFA 濃度が低下すると述べている。

著者の術中、術後の血糖値と血漿 NEFA 値について検討すると、単純超低温麻酔下開心例のみでなく、常温麻酔下開胸例においても術中、術後とも血糖値ならびに血漿 NEFA 値は上昇を示し、生理的状态に見られるような caloric homeostasis は認められなかった。大野⁴⁰⁾は術後糖負荷を試み、術後1日目のように脂質動員を促進する因子が作動し、糖耐容力の低下している時期でも、糖投与により血漿 NEFA の動員を抑制することが可能であると述べている。一方、野中⁴⁸⁾は非手術時では血糖値の 50mg/dl 程度の上昇でも血漿 NEFA は低下を示すのに対して、手術侵襲後では血糖値を 160mg/dl 程度上昇させないと血漿 NEFA 値の低下が見られないと報告している。血漿 NEFA 値と血糖値との間には術中、術後においても密接な関係が存在するものと思われるが、手術侵襲下では種々な因子が関与するため、生理的状态とはかなり異った様相を呈するものと思われる。

以上の成績から、単純超低温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値ならびに血糖値の術中の上昇は、主として低体温による脂酸ならびに糖の利用の減少によるものであり、術後の上昇は手術侵襲による動員の増加にもとづくものであって、その上昇の機序には相違のあるものと考えられる。

結 論

著者は単純超低温麻酔下開心例における病態生理をエネルギー代謝の面から解明するために、血漿 NEFA 値および血糖値の術中、術後の変動を検討し、つぎの成績を得た。

1) 対照 (健康児童) の空腹時血漿 NEFA 値は 457~552 μ Eq/l, 平均 501 \pm 31 μ Eq/l であって、性差は認められない。

2) 単純超低温麻酔下開心例の空腹時血漿 NEFA 値は 425~673 μ Eq/l, 平均 541 \pm 80 μ Eq/l であり、常温麻酔下開胸例では 500~633 μ Eq/l, 平均 546 \pm 38 μ Eq/l で、両者とも対照と比較して高値を示す。

3) 単純超低温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値の術中変動は、体温の下降とともに上昇し、体温の上昇とともに低下するという一定のパターンを示した。これに対して、常温麻酔下開胸例における術中変動は不規則であって、一定の傾向を認めない。

4) 単純超低温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値の術中変動に対するバルビツレート、交感神経遮断剤などの影響を検討したが、臨床的に用いられる量では影響はほとんどないようである。

5) 単純超低温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値の術後変動は術後1日目に最高値を示し、以後しだいに低下して術後6日目には前値に復す。常温麻酔下開胸例においてもほぼ同様の変動を示す。

6) 対照の空腹時血糖値は 80~105mg/dl, 平均 92 \pm 8mg/dl であって、性差はない。

7) 単純超低温麻酔下開心例の空腹時血糖値は 85~136mg/dl, 平均 96 \pm 14mg/dl であり、対照との間に有意差はないが、常温麻酔下開胸例の空腹時血糖値は 95~145mg/dl, 平均 117 \pm 16mg/dl で対照、単純超低温麻酔下開心例に比較してわずかに高い。

8) 単純超低温麻酔下開心例における血糖値の術中変動は、体温の下降とともに上昇するが、加温時においてもさらに上昇して最高値を示し、復温時に至り、はじめて低下の傾向を示す。常温麻酔下開胸例においても、血糖値は上昇するが、その上昇は軽度であ

る。

9) 単純超低体温麻酔下開心例における血糖値の術後変動は、術後1日目に最高値を示し、以後しだいに低下して術後4日目にほぼ前値に復す。常温麻酔下開心例においてもほぼ同様の変動を示す。

10) 以上の成績から、単純超低体温麻酔下開心例における血漿 NEFA 値ならびに血糖値の術中の上昇は、主として低体温による脂酸ならびに糖の利用の減少によるものであり、術後の上昇は主として手術侵襲による動員の増加にもとづくものであって、その上昇の機序には相違のあるものと考えられる。

(本論文の要旨は第6, 7回術後代謝研究会, 第22, 23回胸部外科学会総会において発表した。なお, 本研究については信大附属病院中央検査部金井正光助教授および野本昭三助手の御協力を得た。ここに深甚の謝意を表します。)

文 献

- 1) Mc Quiston, W. O.: Anesthetic problems in cardiac surgery in children, *Anesthesiology*, 10: 590-600, 1949.
- 2) Bigelow, W. G., Lindsay, W. K. and Greenwood, W. F.: Hypothermia. Its possible role in cardiac surgery. An investigation of factors governing survival in dogs at low body temperatures, *Ann. Surg.*, 132: 849-866, 1950.
- 3) Lewis, F. J. and Tuafic, M.: Closure of atrial septal defects with the aid of hypothermia. Experimental accomplishments and the report of one successful case, *Surgery*, 33: 52-59, 1953.
- 4) Swan, H.: Discussion on hypothermia in cardiac surgery, *J. thorac. cardiovasc. Surg.*, 28: 478-478, 1954.
- 5) Swan, H., Zeavin, I., Holmes, J. and Montgomery, V.: Cessation of circulation in general hypothermia. I Physiologic changes and their control, *Ann. Surg.*, 138: 360-376, 1953.
- 6) Swan, H., Kortz, A. B., Davies, H. and Blount, S. G. Jr.: Atrial septal defect secundum. An analysis of one hundred patients undergoing open surgical repair, *J. thoracic. Surg.*, 37: 52-80, 1959.
- 7) 米沢利英: 現代外科学大系, 第2巻, 麻酔, p. 303, 中山書店, 東京, 1968. から引用.
- 8) 岡村 宏, 渡辺 晃, 高橋孝雄, 豊島純三郎, 俣野一郎, 富田幸男, 小山田 恵, 村上 穆, 米沢利英: 低体温麻酔の臨床経験について, *麻酔*, 6: 66-67, 1957.
- 9) 渡辺 晃: 直視下心臓内手術と超低体温, *日胸外会誌*, 6: 638-646, 1958.
- 10) 岡村 宏, 渡辺 晃, 豊島純三郎, 伊東典雄, 的場直矢, 岡田一夫, 吉田 勉, 日野博裕, 富田幸男, 俣野一郎, 村上 穆, 小山田 恵, 小林利晴, 小川卓郎, 米沢利英: Poor Risk に対する低体温麻酔適応に関する基礎と臨床, *麻酔*, 7: 633-644, 1958.
- 11) 岡村 宏, 米沢利英, 涌沢玲児, 斉藤一彦, 細井靖夫, 千葉 淳, 瀬川修一, 国分森男, 新津勝宏, 瀬田孝一, 松谷裕之, 今 達, 安井 豊, 細井睦美, 村井英夫, 八重樫雄一, 藤田 崇, 小綿輝夫, 根本紀夫, 畠山富而, 石川敬次郎: 超低体温麻酔による開心症例, *麻酔*, 9: 908-915, 1960.
- 12) 岡村 宏: 超低体温麻酔の病態生理と胸部(心・肺・食道)外科, *肺と心*, 8: 111-124, 1961.
- 13) Dole, V. P.: A relation between non-esterified fatty acids in plasma and the metabolism of glucose, *J. clin. Invest.*, 35: 150-154, 1956.
- 14) Hoffman, W. S.: A rapid photoelectric method for the determination of glucose in blood and urine, *J. biol. Chem.*, 120: 51-55, 1937.
- 15) Fredrickson, D. S. and Gordon, R. S. Jr.: Transport of fatty acids, *Physiol. Rev.*, 38: 585-630, 1958.
- 16) 高橋善弥太: 体内脂酸の動き, *日本臨床*, 22: 2096-2102, 1964.
- 17) 大野公吉: 脂質代謝, pp. 5-67, 中外医学社, 東京, 1965.
- 18) Fredrickson, D. S. and Gordon, R. S. Jr.: The metabolism of albumin-bound C¹⁴-labeled unesterified fatty acids in normal human subjects, *J. clin. Invest.*, 37: 1504-1515, 1958.
- 19) Gordon, R. S. Jr. and Cherkes, A.: Unesterified fatty acid in human blood plasma,

- J. clin. Invest., 35 : 206-212, 1956.
- 20) Randle, P. J., Garland, P. B., Hales, C. N. and Newsholme, E. A. : The glucose fatty-acid cycle its role in insulin sensitivity and the metabolic disturbances of diabetes mellitus, *Lancet*, 1 : 785-789, 1963.
 - 21) Hollenberg, C. H., Raben, M. S. and Astwood, E. B. : The lipolytic response to corticotropin, *Endocrinology*, 68 : 589-598, 1961.
 - 22) Freinkel, N. : Extrathyroidal actions of pituitary thyrotropin. Effects on the carbohydrate lipid and respiratory metabolism of rat adipose tissue, *J. clin. Invest.*, 40 : 476-489, 1961.
 - 23) Raben, M. S. and Hollenberg, C. H. : Effects of growth hormone on plasma fatty acids, *J. clin. Invest.*, 38 : 484-488, 1959.
 - 24) Unger, R. H., Eisentaut, A. M. and Madison, L. L. : The effects of total starvation upon the levels of circulating golcagon and insulin in man, *J. clin. Invest.*, 42 : 1031-1039, 1963.
 - 25) Jeanrenaud, B. and Renold, A. E. : Studies on rat adipose tissue in vitro. VII Effects of adrenal cortical hormones, *J. biol. Chem.*, 235 : 2217-2223, 1960.
 - 26) Rich, C., Bierman, E. L. and Schwartz, I. L. : Plasman nonesterified fatty acids in hyperthyroid states *J. clin. Invest.*, 38 : 275-278, 1959.
 - 27) Rudman, D., Seidman, F. and Reid, M. B. : Lipemia-producing activity of pituitary gland. Separation of lipemia-producing component from other pituitary hormones, *Proc. Soc. exp. Biol.*, 103 : 315-320, 1960.
 - 28) Chalmers, T. M., Kekwick, A. and Pawan, G. L. S. and Smith, I. : On the fat-mobilizing activity on human urine, *Lancet*, 1 : 866-869, 1958.
 - 29) Seifter, J. and Baeder, D. H. : Occurrence in plasma of an extractable lipid mobilizer (L. M), *Proc. Soc. exp. Biol.*, 91 : 42-45, 1956.
 - 30) Astwood, E. B., Barrett, R. J. and Friesen, H. : Two metabolically active peptide from pituitary extract, *Science*, 133 : 1364-1364, 1961.
 - 31) Wadström, L. B. : Changes in the concentration of unesterified fatty acids, glycerides and phospholipids in human plasma following operation, *Acta chir. scand.*, 116 : 167-180, 1958-1959.
 - 32) Gordon, R. S. Jr., Cherkes, A. and Getes, H. : Unesterified fatty acid in human blood plasma. II The transport function of unesterified fatty acid, *J. clin. Invest.*, 36 : 810-815, 1957.
 - 33) Carlson, L. A. and Örö, L. : The effect of nicotinic acid on the plasma free fatty acids. Demonstration of a metabolic type of sympathicolysis, *Acta med. scand.*, 172 : 641-645, 1962.
 - 34) Störner, H. B. : Studies on the mechanism of shock. The effect of limb ischemia on the non-esterified fatty acids of rat plasma, *Brit. J. exp. Path.*, 43 : 556-563, 1962.
 - 35) Havel, R. J. and Goldfien, A. : The role of the sympathetic nervous system in the metabolism of free fatty acids, *J. Lipid Res.*, 1 : 102-108, 1959.
 - 36) 古川 濟, 滝沢保之, 近藤俊明 : 小児單純性肥胖症に飢餓を負荷した際の血漿遊離脂酸値, *日小会誌*, 70 : 903-906, 1966.
 - 37) 高橋善弥太 : 遊離脂酸 - その数値をどう読むか -, *日本臨床*, 27 : 802-804, 1969.
 - 38) 宮崎忠昭 : 甲状腺機能亢進症における血漿遊離脂酸に関する研究, *信州医誌*, 18 : 234-251, 1969.
 - 39) 田苗綾子, 相川陸子, 日比逸郎 : 小児單純性肥満症における血漿遊離脂肪酸濃度とその変動に関する研究, *日内泌誌*, 40 : 244-244, 1964.
 - 40) 志田 寛, 森本雅巳, 土屋 隆, 関 龍幸 : 單純超低体温下開心術の病態生理に関する研究 - 術中・術後の尿中カテコールアミンの変動 -, 術後代謝研究会誌, 6 : 212-214, 1971.
 - 41) Fisher, E. R., Fisher, B. and Fedor, E. J. : Nor-epinephrine cells of adrenal medulla following hypothermia and unilateral adrenalectomy, *Proc. Soc. exp. Biol.*, 89 : 140-142, 1955.

- 42) Hume, D. and Egdahl, R. H.: Effect of hypothermia and of cold exposure on adrenal cortical and medullary secretion, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 80 : 444-455, 1958.
- 43) Grossman, M. L., Palm, L., Becker, G. H. and Moeller, H. C.: Effect of lipemia and heparin on free fatty acid content of rat plasma, *Proc. Soc. exp. Biol.*, 87 : 312-315, 1954.
- 44) Prec. O., Rosenman, R., Braun, K., Radbard, S. and Katz, L. N.: The cardiovascular effects of acutely induced hypothermia, *J. clin. Invest.*, 28 : 293-300, 1949.
- 45) Le Veen, H. H., Hiduchenko, K. and Giordano, P.: Circulating lipids in surgical patients, *Arch. Surg.*, 80 : 698-704, 1960.
- 46) 大野博通: 外科的侵襲に伴う血中遊離脂酸と肝総脂酸の変動について, *日外会誌*, 68 : 945-962, 1967.
- 47) 木村信良, 柳沢 稔, 中村庸一, 徳永 剛: 外科領域における血中非エステル型脂酸 (NEFA) の意義, *外科*, 26 : 1733-1740, 1964.
- 48) 野中一彦: 外科手術前後に於ける血清 Non-Esterified Fatty Acid (NEFA), Triglyceride, 及び Glucose 濃度の変動について, *日外会誌*, 72 : 105-118, 1971.
- 49) Somogyi, M.: Notes on sugar determination, *J. biol. Chem.*, 195 : 19-23, 1952.
- 50) Hagedorn, H. C. und Jensen, B. N.: Zur Mikrobestimmung des Blutzucker mittels Ferricianid, *Biochem. Zschr.*, 135 : 46-58, 1923.
- 51) 河野正和, 佐野隆志, 柳沢道郎: ブドウ糖 — その数値をどう読むか —, *日本臨床*, 27 : 766-773, 1969.
- 52) 野本昭三, 金井正光: Autoanalyzer 法, *臨床病理*, 15 : 21-34, 1968.
- 53) Blair, E.: *Clinical Hypothermia*, pp. 8-216, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1964.
- 54) Bickford, A. F. and Mottram, R. F.: Glucose metabolism during induced hypothermia in rabbits, *Clin. Sci.*, 19 : 345-359, 1960.
- 55) Henneman, D. H., Bunker, J. P. and Brewster, W. R.: Immediate metabolic response to hypothermia in man, *J. appl. Physiol.*, 12 : 164-168, 1958.
- 56) Wynn, V.: Electrolyte disturbances associated with failure to metabolise glucose during hypothermia, *Lancet*, 2 : 575-578, 1954.
- 57) 甲田安二郎: 麻酔時に於ける糖代謝の研究, 第2編 低体温麻酔時の糖代謝, *日外会誌*, 56 : 1429-1455, 1956.
- 58) 稲生綱政: 代謝の生理と病態, pp. 535-551, 朝倉書店, 東京, 1961.
- 59) Buckle, R. M., Rubinstein, D., Mc Garry, E. E. and Beck, J. C.: Factors influencing the release of free fatty acids from rat adipose tissue, *Endocrinology*, 69 : 1009-1015, 1961.

(1972. 11. 4 受稿)