

原 著

体外循環下開心術における充填液および輸液の検討

志 田 寛 森 本 雅 巳 井之川 孝 一
津 金 次 郎 小 林 三 世 治

信州大学医学部第二外科教室

STUDIES ON PRIMING FLUID AND TRANSFUSION FOR OPEN-HEART SURGERY UNDERGOING CARDIOPULMONARY BYPASS

Hiroshi SHIDA, Masami MORIMOTO, Koichi INOKAWA,
Jiro TSUGANE and Miyoharu KOBAYASHI

Department of Surgery, Faculty of Medicine,
Shinshu University

Key words: 開心術 (open-heart surgery)
体外循環 (cardiopulmonary bypass)
糖代謝 (carbohydrate metabolism)
10%マルトース (10% maltose)

I はじめに

体外循環下開心術においては、術中および術後に高血糖、耐糖能低下およびインスリン分泌抑制など、糖代謝系の異常が指摘されている¹⁾。従来、希釈体外循環の充填液としては、5%グルコースが主として使用されてきたが、所謂外科的糖尿病状態を助長する所見を示すことより、その使用に際しては、同時にインスリンおよびKの投与などが考慮されなければならない。最近では5%グルコースに代り、乳酸加リンゲルが充填液および術中術後の輸液として使用されるようになった²⁾。しかしながら、開心術における乳酸加リンゲルの大量投与は、低蛋白血症、肺水腫およびlactic acidosisを助長することも否定出来ない³⁾。また、術後短期間といえども、蛋白崩壊およびケトシスを防止するうえで、適量の糖質が必要である。したがって、血糖および血清電解質に影響を与えず、インスリンに依存せずに細胞内に摂取され、カロリー源となる糖質が、体外循環下開心術における術中および術後の輸液として望まれる。マルトースは等量でグルコースの2倍のカロリーを有し、しかも、インスリンを必要

とせずに細胞内に入り、グルコースとなって代謝されるため、外科侵襲時における体液補給およびカロリー源として、5%グルコースよりすぐれていると考えられている⁵⁾⁶⁾。以上の観点より、われわれは10%マルトースを体外循環下開心術における、ポンプ充填液および術中・術後の輸液として使用し、主として糖代謝系に及ぼす影響を観察した。

II 対象および方法

10%マルトース群 (M群と略す) は10例で、年齢は11~51才、平均31才。循環時間は114±36分で、30.3±1.7°Cの軽度低体温を加味し、希釈率は25±1.6%、灌流量は71±10ml/kg/min、充填液は10%マルトース655±116ml、乳酸リンゲルおよびヘパリン血である。5%グルコース群 (G群) は12例で、年齢は6~48才、平均27才、循環時間は119±33分、28.8±1.6°Cの軽度低体温も加味し、希釈率は18.4±2%、灌流量は71±10ml/kg/minで、充填液は乳酸リンゲル735±227mlおよびACD血あるいはヘパリン血で、術中および術後に5%グルコースを投与した。以上、両群における循環条件はほぼ同一であり、また、M群

における10%マルトース投与基準は、充填液 10ml/kg, 術中 10ml/kg, 術後は24時間以内に 20ml/kgとし、G群においては、充填液中のグルコースとしてACD血 10ml/kg, 術中および術後に5%グルコース 20ml/kgとした。検索項目は、血糖 (OTB法), 血中マルトース (maltose-glucose oxidase法), 血清 IRI (二抗体法), 血清 dopamine-β-hydroxylase (DBH) 活性 (tyramineを基質とした octopamine 定量法)⁷⁾ ⁸⁾, 血清 K (焰光光度法), 血液 pH および base excess (Astrup法) および尿中マルトース (maltose-glucose oxidase法) などである。

Ⅲ 成 績

A. 血糖。G群では循環後30分および60分において、血糖は著明に増加し、120分より減少しはじめ24時間でほぼ前値に復した。M群では血糖の変動パターンはG群と同様であるが、その程度は明らかに軽度で (p<0.01), グルコースを使用しない乳酸リンゲルのみの場合と全く同様な変動を示した。したがって、M群における血糖の増加は、体外循環に由来する特有な所見であり、マルトース投与の血糖値に及ぼす影響は少ないものと考えられる (表1, 図1)。

B. IRI。M群では、IRIは殆んど変動を示さず (p>0.05), 24時間において減少傾向を示した。すなわ

ち、体外循環による影響は殆んど認められない。一方、G群においては、IRIは循環30分および60分では変動を示さないが、120分頃より明らかに増加を示し、M群と比較すると有意の高値を示した (p<0.05)。 (表1, 図2)。

C. DBH 活性。M群では、循環30分で DBH は有意に低下し (p<0.05), 120分より漸次増加し、24時間で前値に復した。一方、G群では、循環30分で DBH は低下するが、M群とは異なり、120分より急激に増加して前値に復した。すなわち、G群に比較すると、M群における DBH の変動は少ないと考えられる (表1, 図3)。

D. 血清 K。充填液中の K 値が 0.35mEq/l/kg となるよう K の補正を行い、条件を一定とした場合、両群とも血清 K は循環30分より低下し、循環中止後もなお低値を示すが、24時間では前値に復し、両群間に有意差は認められなかった (表1, 図4)。

E. 血液 pH および base excess。M群においては、血液 pH は循環30分では不変であり、60分で増加の傾向を示し、以後前値を維持した。G群では、循環30分で血液 pH はM群に比し有意に低下し (p<0.01), M群において血液 pH の変動が少い所見を示した。血液 base excess は両群とも循環30分で低下し、以後多少の相異を示すが漸次増加し、両群間に特有な差は

表 1 10%マルトース群と5%グルコース群の比較 (体外循環下開心例)

		循 環 前	循環後 30'	60'	120'	180'	240'	24 hrs
血中グルコース (mg/dl)	M 群	94±27	225±33	277±99	268±46	241±52	223±58	141±31
	G 群	137±36	397±65 (P<0.01)	401±62 (P<0.01)	297±99	260±42		151±33
血中マルトース (mg/dl)	M 群	0	1066±231	1020±170	935±155	743±157	620±171	108±71
血 漿 I R I (μU/ml)	M 群	20±13	16±11	22±16	19±12	27±20	29±20	11±5
	G 群	26±8	24±12	36±14	82±28 (P<0.01)	70±21		58±24
血 清 D B H (n moles)	M 群	86±28	56±12	60±15	63±8	75±15	77±18	98±16
	G 群	101±40	71±14	75±19	105±27 (P<0.01)	100±20		104±24
血 清 K (mEq/l)	M 群	4.3±0.4	3.6±0.4	3.3±0.5	3.3±0.4	3.3±0.3	3.1±0.4	4.0±0.3
	G 群	4.5±0.5	3.6±0.6	3.8±0.6 (P>0.05)	3.3±0.9			4.7±0.6
血 液 pH	M 群	7.37±0.03	7.38±0.01	7.46±0.10	7.39±0.04	7.41±0.06		7.44±0.44
	G 群	7.38±0.07	7.32±0.06	7.34±0.07 (P<0.05)	7.37±0.04			7.34±0.44
血 液 B. E. (mEq/l)	M 群	-0.14±2.2	-8.3±2.1	-8.1±1.0	-7.3±3.5	-4.4±3.1		+2.0±0.06
	G 群	-0.4±4.0	-6.4±3.4 (P>0.05)	-3.1±4.5	-1.9±2.7			+4.1±2.3

M群: 10%マルトース群 G群: 5%グルコース群

体外循環下開心術における充填液および輸液の検討

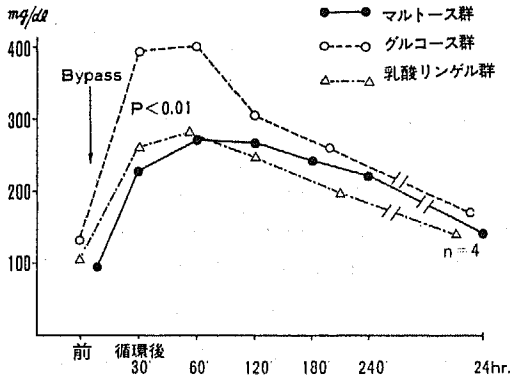


図1 血糖の変動

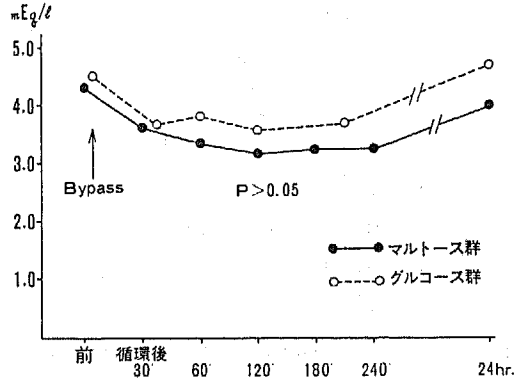


図4 血清Kの変動

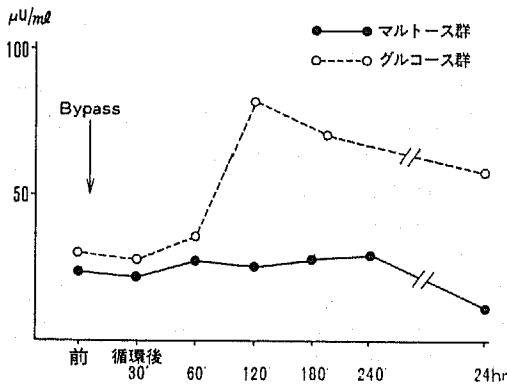


図2 IRIの変動

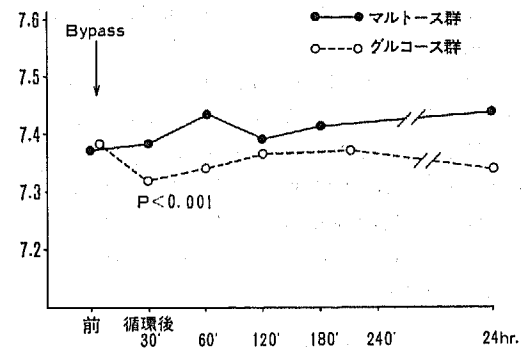


図5 血液pHの変動

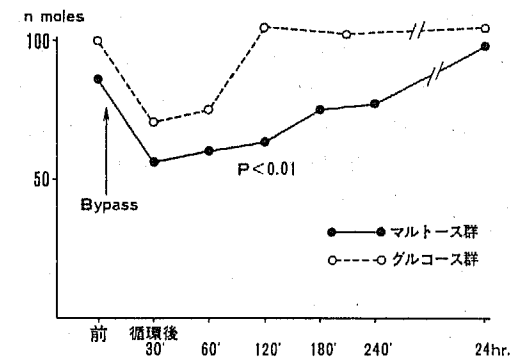


図3 血清 Dopamine-β-Hydroxylase (DBH) 活性の変動

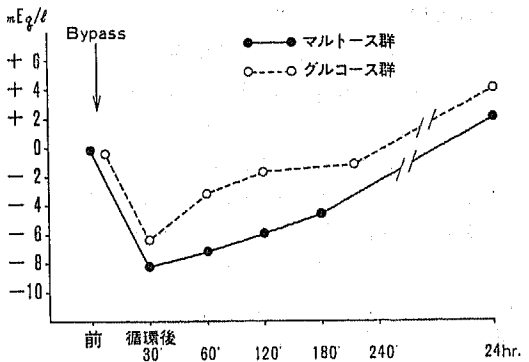


図6 血液 base excess の変動

認められない(表1, 図5, 図6)。

F. 血中マルトース値。循環30分で、血中マルトース値は急激に増し1000mg/dl以上を示し、120分より漸次減少し、240分で最高値の半量となり、24時間以後は血中より消失する傾向を示した。一方、血清

滲透圧は、術前 292 ± 5 mOsm/kg, 循環60分 301 ± 6 mOsm/kg, 循環240分 303 ± 7 mOsm/kg とほぼ一定の値を維持した。

G. 尿中マルトース濃度および尿中マルトース排泄量。4時間までは $5 \sim 8$ ml/kg/h, 次の20時間は 1 ml/kg/h の速度でマルトースを投与した場合、4時間の尿中マルトース値は約 1755 mg/dl, 尿中マルトース

表 2 尿中マルトース濃度および排泄量

	尿中マルトース		尿中グルコース		尿量 (ml)	マルトース 投与量 (ml)
	濃度 (mg/dl)	排泄量 (g)	濃度 (mg/dl)	排泄量 (g)		
0-4時間	1755 ± 628	46	431 ± 246	11	2652 ± 1325	平均 1700
4-24時間	1154 ± 510	32	752 ± 522	21	2833 ± 1049	平均 920
0-24時間 合計		78		32	5485 ± 1629	2637 ± 897 (263 g)

排泄量は約 46g, 次の20時間ではそれぞれ 1154mg および 32g で, 4時間までにマルトース投与量の27%, 次の20時間では34%が尿中に排泄され, 24時間の合計ではマルトース投与量の29.7%が尿中に排泄されるものと推測される。すなわち, 今回の投与条件においては, マルトース投与量の約70%は体内で代謝されるものと考えられる。また, 尿量についてみると, 両群の水分投与量は, M群 6966 ± 1649ml/day, G群 5927 ± 1439ml/day で, 両群間に有意差は認められないが ($p > 0.05$), 尿量はM群 5488 ± 1629ml/day, G群 3958 ± 1719ml/day で, M群において有意の増加が認められた ($p < 0.05$) (表2)。

IV 考 察

マルトースの臨床への応用は, Weser (1967年)¹⁰⁾らの基礎的観察にもとづいている。すなわち, マルトースはインスリン非依存性で, 細胞内でマルターゼにより2分子の d-glucose に分解され, 解糖系を経て TCA cycle に入り代謝されるもので, 尿中排泄も少く, 血糖値を上昇させないと報告されている。また, その毒性はグルコースより少く, ウサギにおける長期連続投与でも特有な毒性を示さず, 5~10g/kg/day の投与はグルコース同様な滲透圧利尿を示すものである¹¹⁾。

開心術における希釈体外循環の導入以来, 人工心肺の回路充填液および術中輸液として, 生理的食塩水¹²⁾, 低分子デキストラン¹³⁾, 5% グルコース¹⁴⁾, 乳酸加リンゲル¹⁵⁾などが使用されてきたが, 最近においては, 体外循環中の状態を所謂 controlled shock とみなし, その細胞外液面および特有な代謝面より乳酸加リンゲルが主として使用され, また, 術後のエネルギー源として糖質も必要なことより, 5% グルコースを適宜併用する方法が一般に応用されている。ところで, 希釈体外循環に10% マルトースを使用する目的

は, 前述したごとく, 体外循環下開心術に伴う特異な糖代謝状態において, マルトースは理論的に最も利用されやすい型の糖質であり, また, 細胞内に入り人体にとって最も生理的なグルコースとなって利用されることにある。さらに, マルトースは10%で等張であり, 細胞内で2分子の d-glucose となるため, カロリー補給の面からも5% グルコースよりすぐれていると考えられる。以上の理論的根拠にもとづき, 今回は主として糖代謝面より, 10% マルトースと5% グルコースを比較検討した。

マルトースの血糖値に及ぼす影響については, Weser¹⁰⁾および Young¹⁶⁾らは, マルトースの静脈内投与により, 血糖の上昇はみられないと報告しており, 菊地¹⁷⁾は10%マルトースを体外循環下開心術に使用した場合, 血糖は5%グルコースと比較すると徐々に上昇する型をとると報告している。われわれの成績においても, マルトース群における血糖値の上昇は5%グルコース群に比し緩徐であった。さらに, マルトース群にみられる血糖上昇の機序に関しては, 乳酸リンゲル群と同様な変動を示すことより, 体外循環下開心術に伴う外科的糖尿病状態に特有な変動であり, マルトースの血糖に及ぼす影響は極めて少ないものと考えられる。

藤井⁴⁾は, 血中マルトース値は投与後直ちに最高となり, その後急速に低下し, 20分後では投与直後の $\frac{1}{2}$, 180分後にはほとんど血中から消失し, 血糖値の上昇を伴わないと報告している。われわれの成績においては, 血中マルトースは循環開始直後 385 ± 343mg/dl, 30分 1066 ± 231mg/dl と比較的早期に最高となり, 180分より減少しはじめ, 240分でほぼ $\frac{1}{2}$ となり, 24時間以後消失する傾向を示した。本研究における充填液中のマルトース値は 2921 ± 648mg/dl で, 循環4時間以後も 1ml/kg/h の速度で 20ml/kg のマルトースを投与した場合の成績であり, 血中マルトース値に

はその投与量および投与速度が密接に影響すると考えられるが、われわれの場合、比較的早期に血中濃度は最高となり、以後漸次減少する傾向を示した。血中濃度の消長にともなう尿中マルトース排泄をみると、24時間における尿中排泄量は投与量の約30%であった。また、同時にマルトース排泄量の約40%のグルコースが尿中に排泄されており、これはマルトース由来のものも含め、術中の耐糖能低下にともなって排泄されたものと考えられる¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。すなわち、われわれの成績においては投与量の70%は体内で代謝される所見が得られたが、一般にマルトースはその投与速度にもよるが、その70%²⁰⁾ないし87%¹⁸⁾は体内で利用され、さらにグルコースへの利用率は98%とされており、われわれの成績もほぼ同様であった。さらに、外科侵襲時および出血性ショック時には、マルトースの利用はグルコースより良好であると報告されている⁶⁾²¹⁾。したがって、開心術時、尿排泄量よりみてその70%が体内で利用される所見は、マルトースが術中・術後のエネルギー源として充分利用しうる糖質であることを示すものと考えられる。つぎに、尿量の変化についてみると、マルトース群においてはグルコース群に比し尿量の増加が認められた。吉武²²⁾はマルトースの投与速度が速いと利尿作用が認められ、これは血中のマルトース濃度が増加し、滲透圧性利尿を来すためとしているが、われわれの成績では、マルトース濃度が最高値を示す循環中においても、血清滲透圧はほぼ300mOsm/kgと一定しており、砂田¹⁰⁾の指摘するごとく、単に滲透圧性利尿のみでは説明出来ないが、利尿作用を有することは事実であり、マルトースの利点の一つと考えられる。

マルトースはインスリン非依存性で細胞膜を通過し、細胞内で2分子のグルコースに分解されて利用されることは明らかであるが、マルトース投与による血漿インスリンの変動、とくに外科侵襲時における変動に関しては、未だ一定の見解は得られていないようである。マルトース投与によるインスリンの変動については、Young および Weser¹⁶⁾²³⁾は、ラットにインスリンを投与するとマルトース代謝は亢進すると報告し、人においては、マルトースの静脈内投与後血中グルコースは有意の上昇を示さないが、インスリンは明らかに上昇し、NEFA も減少すると報告しているが、Toyota²⁴⁾はラット豚を用いた灌流実験において、マルトースはインスリン分泌を促進しないと報告している。外科侵襲時におけるマルトースとインスリンとの

関連について、三村²⁵⁾はマルトース負荷による IRI 分泌は、術後においてやや増加する傾向があるが、グルコース負荷による IRI 分泌に比較すると明らかに軽微であると述べ、田中²⁶⁾も術中におけるマルトースによる IRI の変動は、グルコースによる場合と比較し明らかに少ないが、時間の経過とともに僅かに増加すると報告している。一方、真島²⁷⁾、東泉²⁸⁾らは、術後におけるマルトース投与によっても IRI は影響をうけないとしている。一般に、外科侵襲時にはカテコールアミン、グルココルチコイドおよび成長ホルモンなど抗インスリン物質の分泌亢進に伴う外科的糖尿病状態にあり²⁹⁾³⁰⁾、かかる糖利用の悪い状態において、インスリンの影響をうけずに利用されることはマルトースの利点であろう。体外循環下開心術におけるインスリンの変動に関し、菊地¹⁷⁾は5%グルコースと10%マルトースの比較において、後者において IRI はやや安定しているが、有意差はなかったと報告し、IRI の変動に関してはカテコールアミンによる抗インスリン作用を強調している。前述したごとく、体外循環下開心術に伴う外科的糖尿病状態は、一般外科手術におけるそれとはインスリン分泌抑制機序において多少異なっており、われわれは、カテコールアミン分泌増加によるインスリン分泌抑制には否定的である³¹⁾。われわれの成績では、5%グルコースに比し10%マルトースは、IRI に対する影響が少い所見が得られた。また、カテコールアミンの消長をよく反映するとされる DBH 活性は、循環中両群ともに低下するが、循環後5%グルコース群に比し10%マルトース群における DBH の変動は少く、マルトース群において IRI の変動の少い所見が、カテコールアミンの分泌に由来するものではなく、マルトースの影響であることを示唆している。

体外循環下開心術における低K血症は一般に認められているが³²⁾、その発生機序に関しては種々論議されており一定の見解は得られていない。その臨床的意義に関しては不整脈との相関が最も重要視されている³³⁾。したがって、低K血症を助長しないような輸液が有用と考えられる。菊地¹⁷⁾は体外循環下開心術において、5%グルコースと10%マルトースの血清Kに及ぼす影響を観察し、前者では循環中Kの補正を行ったため、正確な比較検討は不可能であったが、後者においては循環中および後を通じKの補正を全く必要としなかったとのべ、その原因はインスリン分泌の安定化によるものと推測している。一方、われわれの成績にお

いては、充填液中のK値を一定とし、条件を統一して5%グルコースと10%マルトースを比較したところ、両群ともに低K血症が認められ、両群間に有意差は認められなかった。

Ⅴ 結 論

10%マルトースを体外循環下開心術における充填液および術中・術後の輸液として使用し、糖代謝面より5%グルコースと比較検討した。

A. 10%マルトース群における血糖値の増加は、5%グルコース群に比較し軽微であり、さらに、循環中の高血糖は体外循環下開心術に特有な所見であることより、血糖に及ぼすマルトースの影響は極めて少ないものと推測される。

B. IRIは両群ともに循環中は低下するが、5%グルコース群においては循環中止後急激に増加するのに対し、10%マルトース群では緩徐に前値に復する。

C. DBH活性は循環中両群ともに低下するが、循環中止後5%グルコース群では急速に前値に復するが、10%マルトース群ではIRIと同様緩徐に前値に復する。

D. 尿中マルトース排泄量よりみると、投与量の約70%は体内で代謝されると考えられる。また、尿量は5%グルコース群に比し、10%マルトース群において有意の増加が認められた。

E. 血清Kは両群ともに循環中は低下し、両群間に有意差は認められなかった。

以上よりマルトースは、糖代謝系に急激な変化をもたらさずカロリー源となりうる糖質であり、体外循環下開心術における、充填液および術中・術後の輸液として充分利用しうるものと考えられる。

文 献

- 1) Hill, D. G., Sonken, P. H. and Braimbridge, M. V.: Levels of plasma insulin and glucose after open-heart surgery. *J. Thoracic. Cardiovasc. Surg.*, 67: 712-717, 1974
- 2) 藤倉一郎, 安西信行: 心臓手術における輸液—水電解質平衡からみた輸液と稀釈体外循環. *臨床外科*, 25: 1659-1662, 1970
- 3) 谷村 弘, 日笠頼則: 輸液 (外科領域). *治療*, 57: 672-679, 1975
- 4) 藤井節郎, 奥田拓道, 松田 勲: Maltoseの研究, 第1報 Maltoseの代謝について. *最新医学*, 27

- : 1584-1590, 1972
- 5) 池田和之: ショックと輸液管理. *麻醉*, 17: 133-137, 1973
- 6) 池田和之, 小林 勝, 山村秀夫: 出血性ショック家兎に対するマルトース注輸の影響. *術後代謝研究会誌*, 7: 54-57, 1973
- 7) Weinshilboum, R. and Axelrod, J.: Serum dopamine-beta-hydroxylase activity. *Cir. Res.*, 28: 307-315, 1971
- 8) Nagatsu, T. and Udenfriend, S.: Photometric assay of dopamine-beta-hydroxylase activity in human blood. *Clinical Chemistry*, 18: 980-983, 1972
- 9) 八島 理: 人血清ドーパミンβ水酸化酵素活性に関する実験的並びに臨床的研究. *日本内分泌学会雑誌*, 49: 48-59, 1973
- 10) Weser, E. and Slesinger, M. H.: Metabolism of circulating disaccharides in man and the rat. *J. Clin. Invest.*, 46: 499-505, 1967
- 11) 小寺敬一, 三好 繁, 森 峰雄, 野田富子, 杉本比: Maltoseの毒性試験, 第V報 ウサギにおける慢性毒性試験. *応用薬理*, 6: 1441-1455, 1972
- 12) Neptune, W. B., Bougas, I. A. and Panico, F. G.: Open-heart surgery without the need for donor-blood priming in the pump oxygenator. *New Engl. J. Med.*, 263: 111-115, 1960
- 13) Long, D. M. Jr., Sanchez, L., Varco, R. L. and Lillehei, C. W.: The use of low molecular weight dextran and serum albumin as plasma expanders in extracorporeal circulation Surgery, 50: 12-28, 1961
- 14) Zuhdi, N., Carey, J., Sheldon, W. and Greer, A.: Hemodilution low flow rates and moderate internal hypothermia for extracorporeal circulation. *Angiology*, 14: 571-575, 1963
- 15) Neville, W. E., Spinazzola, A., Banuchi, F., Scicchitano, L. P. and Peacock, H.: Clinical experience with buffered Ringer's lactate solution for total prime of the disc oxygenator during cardiopulmonary bypass. *J. Thoracic. Cardiovasc. Surg.*, 48: 101-111, 1964
- 16) Young, J. M. and Weser, E.: Effect of insu-

- lin on metabolism of circulating maltose. *Endocrinology*, 86 : 426-429, 1970
- 17) 菊地洋子：体外循環希釈液の検討 -糖および電解質の変動について。日胸外会誌, 22 : 1112-1126, 1974
- 18) 藤原 寛, 高橋清代一：静脈内投与された Maltose の生体内利用について。糖質の代謝, 2 : 36-39, 1973
- 19) 砂田輝武, 大本武千代, 木村穂積, 曾田益弘, 山中賢広, 星合清輝, 小島茂嘉, 清水信義：糖質補給剤としてのマルトースの臨床効果。診断と治療, 59 : 162-166, 1971
- 20) 大根田 昭, 山形敏一, 堤 一彦, 藤原 寛：家兎における ^{14}C -maltose の代謝。糖尿病, 16 : 16-27, 1973
- 21) 田中孝也, 日置紘士郎, 宍戸晃一, 山田武夫, 山本政勝：手術侵襲後の maltose の利用に関する実験的研究。基礎と臨床, 7 : 570-577, 1973
- 22) 吉武潤一, 吉田陽一, 安達 寛, 山崎裕充, 多田照子：生体に対する Maltose 輸液の影響。麻酔, 22 : 320-330, 1973
- 23) Young, J. M. and Weser, E. : The metabolism of circulating maltose in man. *J. Clin. Invest.*, 50 : 986-991, 1971
- 24) Toyota, T., Ando, Y., Nishimura, H. and Hirota, Y. : Effects of maltose on insulin secretion in perfused rat pancreas. *Tohoku J. Exp. Med.*, 104 : 325-330, 1971
- 25) 三村 孝, 丸田守人, 植草 実：外科手術前後における二糖類 maltose 投与が血糖, IRI, HGH に及ぼす影響。外科診療, 15 : 368-375, 1973
- 26) 田中茂稔, 本城 繁, 横山満夫, 池田和之, 山村秀夫：全身麻酔, 手術中 maltose の輸液。麻酔, 22 : 21-26, 1973
- 27) 真島吉也, 樋口道雄, 山野 元, 綿引義博, 宮司勝, 更科広実, 青木靖雄, 滝沢 淳, 橋川征夫, 綿貫重雄：術後のマルトース使用経験。新薬と臨床, 22 : 221-227, 1973
- 28) 東泉東一, 小平 進：Maltose の外科臨床への応用。外科診療, 14 : 1537-1544, 1972
- 29) Drucker, W. : Metabolic alterations in surgical patients. *Surg. Forum*, 4 : 544-553, 1953
- 30) Sunzel, H. : Metabolic response to intravenous glucose and fructose in the immediate postoperative period. *Acta. chir. scand.* 115 : 325-331, 1958
- 31) 志田 寛, 森本雅己, 井之川孝一, 津金次郎：体外循環下開心術における糖代謝の変動 -とくに IRI と DBH 活性との相関。臨床生理, 6 : 360-364, 1976
- 32) Dieter, R. A., Neville, W. E. and Pifane, R. : Hypokalemia following hemodilution cardiopulmonary bypass. *Ann. Surg.*, 171 : 17-23, 1970
- 33) 中村和夫, 木村 健, 大谷静男, 麻田 栄, 亀野靖郎：開心術後にみられる不整脈とその対策 -とくにカリウム投与の効果について。胸部外科, 25 : 1-10, 1972

(51. 8. 26 受稿)