

人工心臓

—血行動態的にみた短期生存の問題と反省—

東京女子医科大学日本心臓血圧研究所外科 (主任：和田寿郎教授)

松 下 功・和 田 寿 郎
マツ シタ イサオ ワ タ ジュ ロウ

ベルリン自由大学外科

Bücherl, E.S. · Affeld, K. · Mohnhaupt, A.

(受付 昭和55年2月9日)

**The Total Artificial Heart Replacement —The Hemodynamic Problems
and Reconsiderations on Short Term Survival in Calves—*****Isao MATSUSHITA, Juro WADA, **E.S. BUCHERL,****K. AFFELD and A. MOHNHAUPT***Department of Surgery, The Heart Institute of Japan, Tokyo
Women's Medical College**Chirurgische Universitätsklinik der Freien Universität Berlin
Klinikum Westend

Many short term survival cases in total artificial heart replacement suggested us one of the key points to solve the many problems to achieve long term survival.

Between 1972 and 1973 many cases were lost because of air embolism and bleeding postoperatively.

Between 1974 and 1975 many cases were lost because of renal failure by postoperative hypertension caused from so-called "Water-Hammer Phenomena" due to over-driven air pressure and in later postoperative lung complication by high right ventricular driving pressure.

The long term survival were achieved by the adoption of open chest method and avoiding hemodynamic shock postoperatively.

Some kinds of alteration during heart lung bypass and at the beginning in air driving system provoked damages to lung, kidney, liver and the other organs.

Liver and renal function did not return to normal value in early post operative period in short term survival cases.

High value of blood sugar level in postoperative period did not indicate the state of tissue metabolism.

はじめに
人工心臓の将来の目的は, irreversible damage

を受けた自然心に代つて, その機能を果すことに
ある. 人工心臓における長期生存は, 先駆者の努

力と高分子化学の発達および心臓血管外科のテクニック等に負うとはいえ、必ずしも長期生存が Constant になされている訳ではなく、未知数の問題を多く含んでいる。

しかし、長期生存を可能ならしめた要因の1つには、数多くの短期生存の反省であり、急性実験であつた。

材料および方法

Freie Universität Berlin における実験動物には、仔牛が用いられ、その体重は1976年前期まで80~120kg、1976年後期より比較的体重の少ない仔牛が選ばれ、58~120kg となつている。

植込式人工心臓は、Frei Universität Berlin type, Silastic mesh より作られた Separated ventricle である。Stroke volume は平均130ml、拍出量は13l/minで、装着人工弁は四弁共 Björk-Shiley, Air driving system は Frei Univ, Berlin type あるいは AEG, type EAP を用いた。

1972年から1973年における Air driving system の左室圧は190/-15mmHg、大動脈圧は120/70mmHg と、左室→大動脈圧の収縮期 Pressure Gradient は70mmHg であり、右室圧も70から110mmHg/-20mmHg であつた(図1, 2)。

1974年から1975年の2年間で、当初においては、左室圧190/-30mmHg、大動脈圧180/130mmHg、左室→大動脈圧差10mmHg であつた(図3)。

その後、左室 Air driving Pressure を175/-25mmHg、左室圧150/0mmHg 以下、大動脈圧140/60mmHg としたが、右室 Air driving Pressure はそのまま、後期に右室 Air driving Pressure を65/-10mmHg 以下とした(図4)。

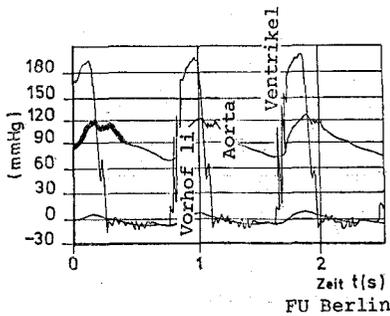


図1

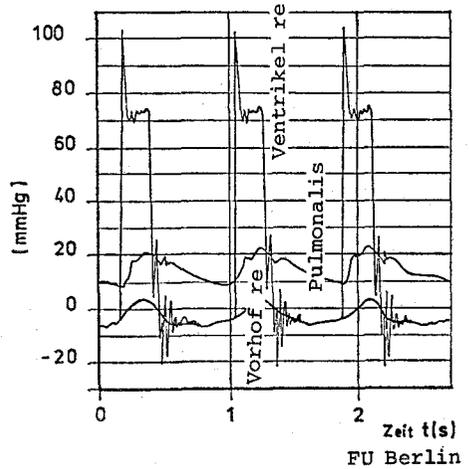


図2

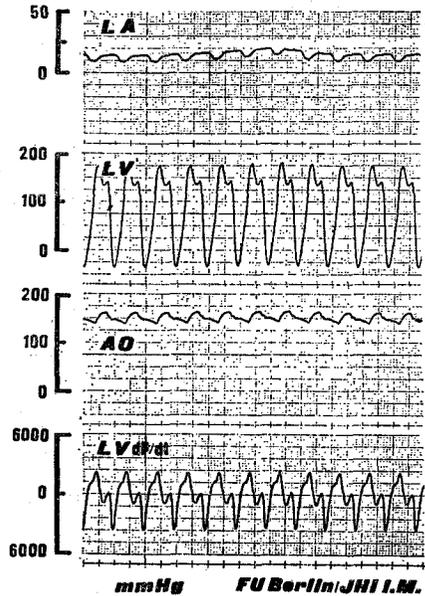
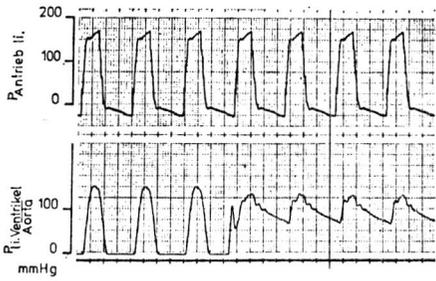


図3

結果および検討

1972年より1973年の2年間における人工心臓置換術は47例で、最長生存が126時間であり、それら死亡原因の重なるものは、空気栓塞および術後出血であつた。

1974年になつてからも、初期は左室および右室の Air driving pressure の改善がなされなかつた



Antriebsdruck links, Drucke im linken Ventrikel und Aorta, Druckgradient.
FU Berlin

図 4

ため、driving 開始後 table death あるいは術後 Hemodynamic hypertension の持続、いわゆる Water-Hammer 現象³⁾により腎の出血・腫脹により死亡した。

また、右室 Air driving pressure の改善がなされなかつた例においては、driving 開始後、肺出血、うつ血等肺合併症で多くの症例を失なつた(写真 1)。

右室 Air driving pressure を 65/-10mmHg とし、術直後肺の加圧を行なつた結果、肺出血、肺うつ血等の肺合併症は少なくなつたとはいえ、重要な死亡原因の 1 つであるため、開胸の方法を変更した。つまり、従来は胸骨縦切開で行なつていたものを、仔牛であるため胸膜が薄く、前胸部が狭小なため、常に両側開胸となるので、片肺の機

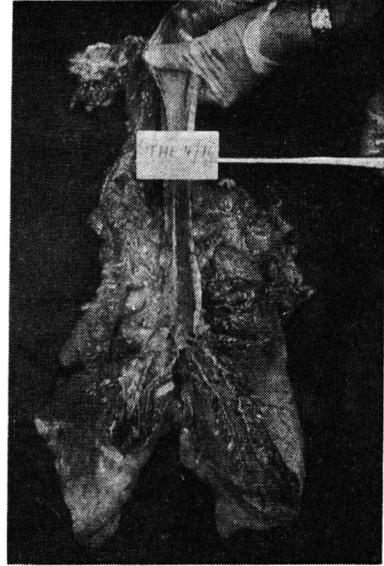


写真 1

能のみでも手術侵襲を出来るだけ避けて、左開胸とし、術中・術後肺の加圧を繰返した。

腎の出血および腫脹は、Air driving System によるほか、Blood-Fluids infusion と Urinary Output の Balance を欠いた面も考えられる。

短期生存の理由の 1 つとして、それら Balance のくずれ、すなわち術直後多量の Over infusion が上げられる。実験動物はもともと正常な仔牛を用いているため、術後 Renal failure を来たすと

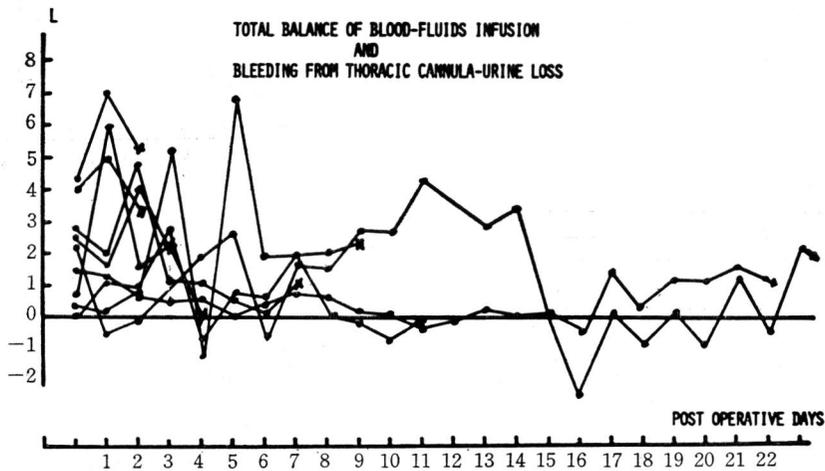


図 5

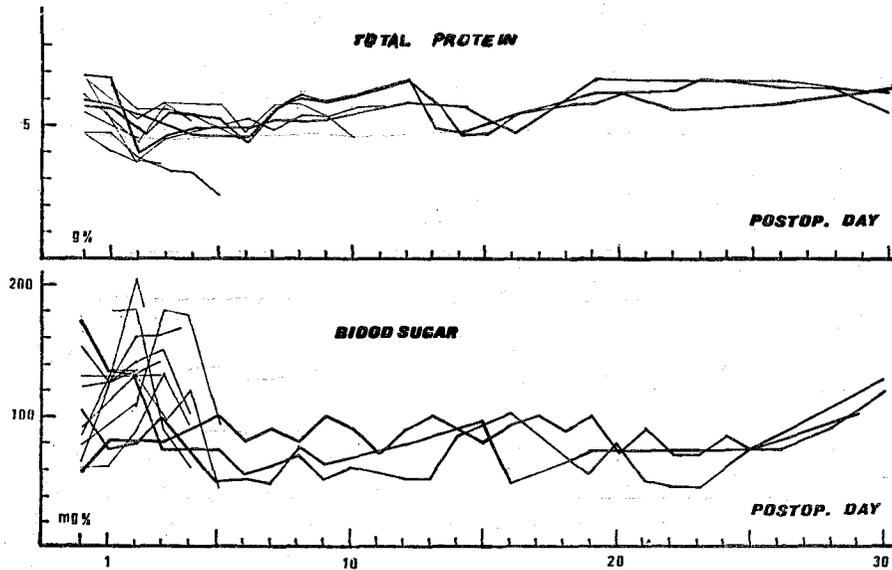


図 6

すれば、それは人為的的操作によるものしか考えられない。術後およそ2日間までの Over infusion 例では、生存日数は短期間であり、比較的長期と考えられる例でも2週間を超えない。これに反し、術直後より Fluids infusion と Urinary Output の Balance のとれている例では、比較的長期生存がなされている (図5)。

術後全般的に総蛋白の下降がみられ、これらは

概して Over infusion 或は貧血の結果と考えられるが、早期に normal value まで上昇傾向にある例では、比較のあるいは1カ月以上の長期生存をなし得ている。

血糖値における早期の正常値までの下降は、細胞組織内において、代謝が可逆的によく行なわれているものとする (図6)。

(例) Holstein 2M, male, BW=58kg, PR=

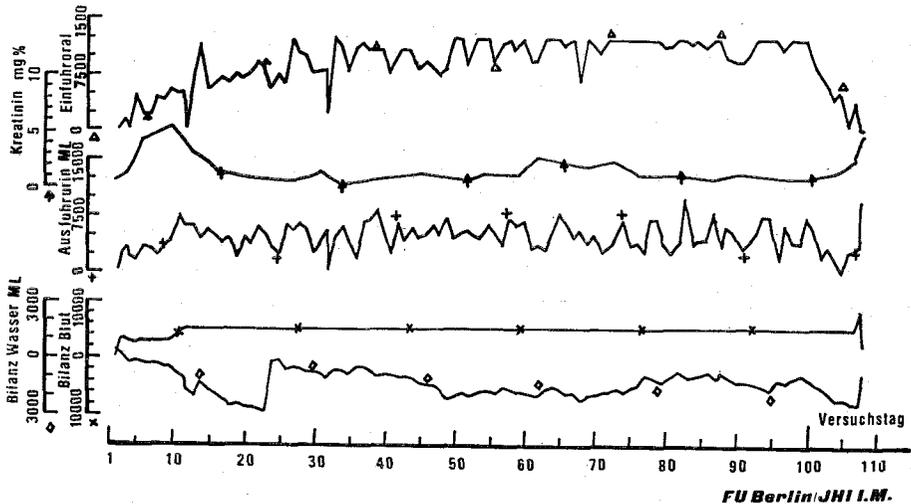


図 7

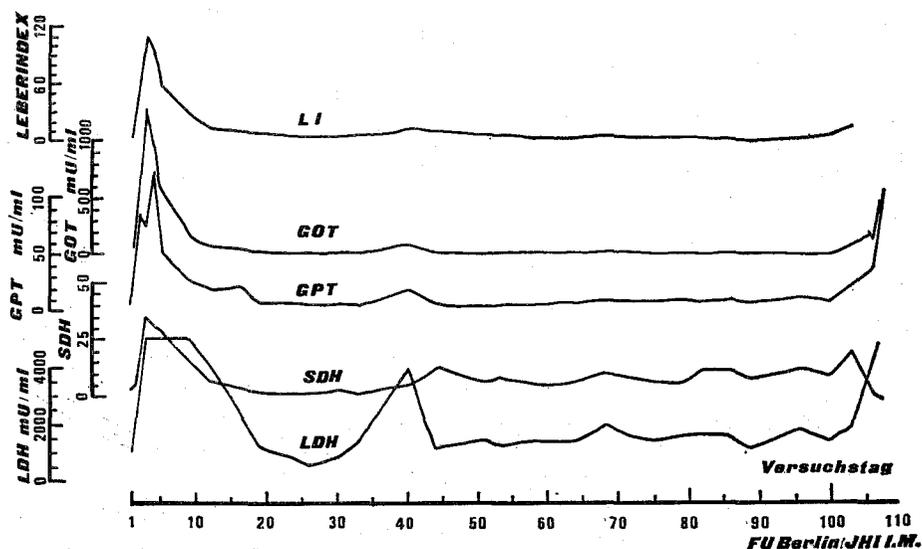


図 8

78, Co=5.5L/min, 106日生存例

100日以上生存例では、Oral, fluid infusion および Urinary Output の Balance はよく保たれていたが、Water Balance のくずれた直後10日から3週間では、Creatinin の上昇がみられた。Balance が正常値に帰ると Creatinin も正常値に復帰した。

おおむね短期生存例では、術直後肝機能検査において異常高値を示し、正常値に復帰しないまま死亡した例が多くみられたが、比較的長期生存例では、術直後高値を示していても、短期間に正常値近くに復帰するか、あるいは術直後より左程異常値を示さなかつたことが結果的に伺える(図7)。

肝機能検査におけるこの症例では、術直後一過性に高値を示し、3日目で peak となり、1週間後におよそ低下して、2週間後には正常値に帰した。その後、106日間生存期間中 LDH の一過性高値を除いて正常値を保っていた(図8)。

これら現象は、血液生化学検査からみて異常高値を示さなかつたので、長期生存を可能にしたとみるより、術中および術直後における組織・末梢への血液および酸素供給が必要になされたため、より早期に正常値に回復した、あるいは術直

後異常高値を示さなかつたと考える。

つまり、術中および術直後 Hemodynamic Shock 状態におかれなかつたと考える⁴⁾。

結 語

短期生存の反省として、右室・左室圧共に Over drive にならない様配慮すべきであるが、Air driving pressure を下げると波型の立上り(anacrotic curve)がなまり、1次微分値をみても心機能に影響を及ぼす⁵⁾。Air driving pressure と生体心室圧との同波型・同圧にすることは至難であるが、人工心臓内の Diaphragm の材料を送択し、その壁を薄くする必要があり、ベルリン自由大学では、Diaphragm の厚さを0.5mm より0.3mm としたことにより好結果を得た。

体外循環中、特に体外循環後 Air driving System に移るとき、Hemodynamie Shock の状態を作らず、生体との matching を Smooth に行なうべきである。

文 献

- 1) Oh, T.: Dynamische Eigenschaften des Kreislaufmodell. Langenbecks Arch Chir 335 75~82 (1974)
- 2) Clevert, H.D., H. Keilbach, H.O. Kleine, W. Krautzberger, K. Affeld, P. Bear, N.V. Blumenthal, Ch. Große-Siestrup, E.

- Hennig, H. Kleß, A. Mohnhaupt, R. Mohnhaupt, T. Oh, V. Unger, W. Wallner, H. Weidemann und E.S. Bücherl:** Postoperativer Verlauf und Ergebnisse nach Totalersatz des Herzens durch eine Blutpumpe. Langenbecks Arch Chir **335** 157~170 (1974)
- 3) 大道 久・桜井靖久・井街 宏・藤正 巖・真野勇・渥美和彦・菅原基晃：人工心臓より発生する Water-Hammer 現象. 人工臓器 **12** Supple. (1973)
- 4) 松下 功・和田寿郎・E.S. Bücherl, K. Affeld, A.Mohnhaupt, E.Hennig, Ch. Große-Siestrup, H. Keilbach, H. Kleß, H.D. Clevert, W. Krautzberger, O. Kleine: 人工心臓における長期生存. 人工臓器 **7** 5 (1978)
- 5) 松下 功：実験物的大動脈縮窄の血行力学的研究. 昭医学会誌 **29** 3 (1969)