

В. Н. ЕРЕМИН, Ю. Н. ЛУШИН, А. Е. КУВАЕВ, Е. Ш. ШТЕНГОЛЬД

БИОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОНОРСКОГО СЕРДЦА

Изолированная модель или необычно расположенное сердце наиболее удобно для изучения различных аспектов трансплантации [1, 4, 5, 7]. Гемодинамическая нагрузка гетеротопической модели трансплантации сердца является одним из главных моментов в оценке его функции и зависит от способа трансплантации [10—12, 17].

Недостатком ряда используемых методов исследования является неполная гемодинамическая нагрузка сердца [3, 4, 6—9, 11, 15—17]. Поэтому для оценки сократительной функции миокарда и изучения внутрисердечной регуляции работы сердца в широком диапазоне мы использовали собственную методику гетеротопической пересадки, позволяющую исследовать сердце в различных гемодинамических режимах, как за счет нагрузки сердца контролируемым объемом, так и за счет контролируемого сопротивления в кровотоке.

Методика. Операцию начинали одновременно на доноре и реципиенте. На реципиенте обнажали и канюлировали бедренные сосуды с обеих сторон, а в некоторых экспериментах—брюшную аорту, используя полихлорвиниловые катетеры с предварительным введением гепарина из расчета 1 мг/кг.

У донора производили поперечную торакотомию и выделяли сердечно-легочный комплекс. Вводили гепарин из расчета 1 мг/кг. Сердечно-легочный комплекс помещали в специальную кювету с физиологическим раствором при температуре 37—35°C. Непрерывную искусственную вентиляцию сердечно-легочного комплекса поддерживали до момента подключения сердца к сосудам реципиента при постоянном сохранении его деятельности, после чего легкие отсекали. Канюлировали нисходящую аорту, левое предсердие, нижнюю полую вену и легочную артерию. Направление потока крови осуществляли по следующей схеме (рис. 1). Из бедренной артерии или аорты реципиента кровь направляли в емкость, воспроизводящую гидродинамические характеристики венозной части малого круга, а оттуда через канюлю—в левое предсердие. Поток крови из левого желудочка поступал в нисходящую аорту и далее через канюлю и регулируемое сопротивление, имитирующее большой круг кровообращения. Кровь направляли в емкость, воспроизводящую гидродинамические характеристики правого предсердия. Из этой емкости поток крови направляли через канюлю в нижнюю полую вену и правый отдел сердца. Далее на пути легочной артерии кровоток встречал регулируемое сопротивление (гидродинамическая модель малого круга) и направлялся в бедренную вену реципиента.

Для изолированного кровоснабжения коронарной системы исследуемого сердца включали дополнительную магистраль, по которой кровь поступала из бедренной артерии или аорты реципиента через канюлю в нисходящей аорте донора и направлялась непосредственно в коронарные сосуды сердца донора.

Перфузионное равновесие между системами осуществляли за счет разности уровней, варьируя их от 10 до 35 см и регулируемых сопротивлений, помещаемыми на

линиях притока и оттока в каждой системе. Емкость системы осуществлялась за счет двух банок из органического стекла с отверстиями в верхних и нижних частях, позволяющих регулировать объем на линиях притока и оттока.

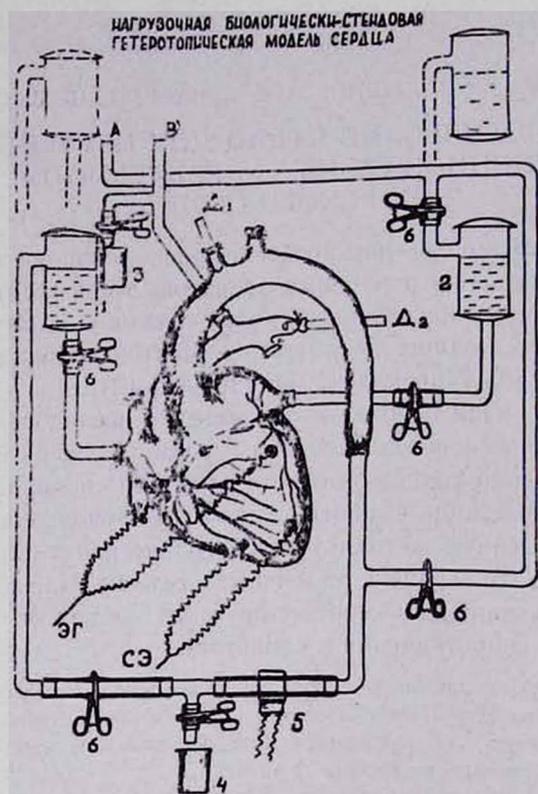


Рис. 1. Нагрузочная биологически-стендовая гетеротопическая модель сердца (схема). А—артерия или аорта реципиента, В—вены реципиента, Д₁—давление в аорте донорского сердца, Д₂—давление в легочной артерии донорского сердца, ЭГ—электроды электрограммы, ЭС—электроды стимуляции, 1, 2—емкости, иммитирующие большой и малый круг кровообращения, 3, 4—емкости для проб крови и измерения минутного объема, 5—проточный флоуметр, 6—переменные сопротивления на линиях притока и оттока систем, иммитирующих большой и малый круг кровообращения. Здесь и на рис. 2, 3—сверху вниз: время (сек), давление в аорте (ммН), давление в легочной артерии (пульсовое и среднее).

В исследуемом сердце измеряли давление в аорте, левом, правом желудочках и легочной артерии, измеряли ударный объем правого и левого желудочков, разность между которыми определяла коронарный кровоток. Рассчитывались также потребление кислорода миокардом и его механическая эффективность. Изменением сопротивления на линиях оттока из каждой системы создавали регулируемую рабочую нагрузку на сердце объемом крови. Изменяя сопротивление на линиях притока крови к сердцу, соответственно создавали рабочую нагрузку на него сопротивлением (с помощью механических зажимов осуществляли главное дозированное сужение просвета магистрали). Расчет сопротивления производился по уравнению $R = \frac{P}{Q}$, где R—сопротивление, P—среднее давление за сердечный цикл, Q—ударный объем сердца.

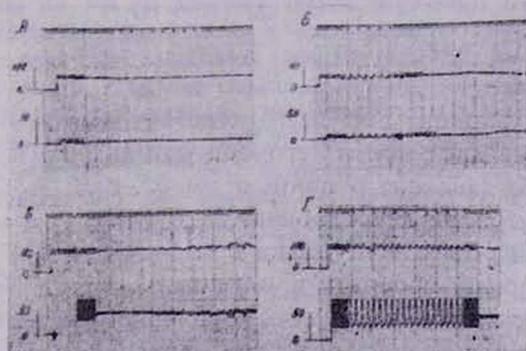
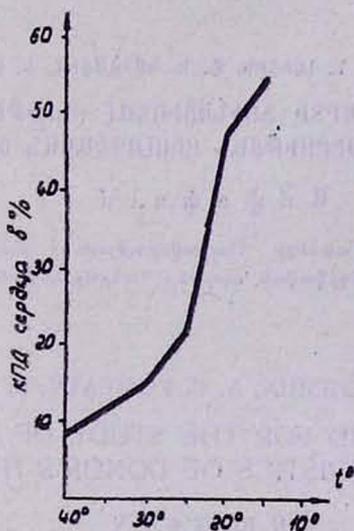


Рис. 2. Нагрузочные характеристики гетеротопически пересаженного сердца собаки (нагрузка объемом крови). Мощность сердца: А—0,016 кгм/мин; Б—0,09 кгм/мин; В—1,4 кгм/мин; Г—1,6 кгм/мин.



КПД миокарда в зависимости от температуры в условиях постоянной нагрузки объемом и сопротивлением

Рис. 3. Коэффициент полезного действия миокарда в зависимости от температуры в условиях постоянной нагрузки объемом и сопротивлением.

В отличие от существующих моделей, применяемый нами биологический стенд позволяет исследовать нагрузочные характеристики сердца донора в условиях нормо- и гипотермии при сохраненном гуморальном контуре регулирования. На описываемой нами модели возможно рассчитать коэффициент полезного действия миокарда при дозированной нагрузке объемом или сопротивлением при поддержании прочих показателей на постоянном уровне:

$$\text{КПД} = \frac{5Q (P_{\text{ла}} \pm P_{\text{а}})}{H_{\text{в}} \cdot Q_{\text{к}} \cdot (A - B)},$$

где

КПД—коэффициент полезного действия,

$P_{\text{ла}}$ —среднее давление в легочной артерии в мм рт. ст.,

$P_{\text{а}}$ —среднее давление в аорте в мм рт. ст.,

$H_{\text{в}}$ —концентрация гемоглобина,

Q —ударный объем желудочка в мл,

$Q_{\text{к}}$ —коронарный кровоток в мл/мин,

($A - B$)—артерио-венозная разность коронарного кровотока.

В качестве иллюстрации приводим зависимость КПД миокарда от температуры при постоянной нагрузке (рис. 2) и зависимость КПД миокарда от величины нагрузки. На рис. 3 приведена кривая, характеризующая изменения мощности сердца при различных нагрузках объемом.

Ин-т трансплантации органов и тканей МЗ СССР

г. Москва

Поступило 18/V 1975 г.

Վ. Ն. ԵՐԵՄԻՆ, Յու. Ն. ԼՈՒՇԻՆ, Ա. Ե. ԿՈՎԱՅԵՎ, Ե. Շ. ՇՏԵՆԳՈԼԴ

ԴՈՆՈՐԱԿԱՆ ՍՐՏԻ ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ԲՆՈՒԹԱԳՐՄԱՆ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ԲԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՍՏԵՆԴ

Ա մ փ ո փ ո ս լ մ

Առաջարկված բիոլոգիական ստենդը հնարավորություն է տալիս հետազոտելու սրտամկանի ֆունկցիոնալ վիճակը, ֆիզիկական տարբեր ծանրաբեռնվածության և դիմադրողականության պայմաններում:

V. K. EREMIN, Y. N. LOUSHIN, A. E. KOVVAEV, E. S. SHTENHOLD.

BIOLOGICAL STAND FOR THE STUDY OF FUNCTIONAL
CHARACTERISTICS OF DONOR'S HEART

S u m m a r y

The proposed biological has allowed to examine widely the functional properties of the myocardium during different regulating heart loadings by the volume and resistance.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вишнеvский А. А., Портной В. Ф., Баллюзек Ф. В. Эксперим. хирургия и анестезиология, 1972, 2. 2. Демихов В. П. Пересадка жизненноважных органов в эксперименте, М., 1960. 3. Нерсисян Р. К., Карапетян А. С., Шперлинг И. Д., Манукян Г. А., Будагян Л. Кровообращение, 1970, 2, 1941. 4. Портной В. Ф., Дворцин Г. Ф., Карпель Е. Г., Шаргородская А. Я., Починко В. В., Мельничук И. П. Эксперим. хирургия и анестезиология, 1972, 3, 3. 5. Савельев В. С., Лопухин Ю. М., Ступин И. В. В кн.: «Актуальные вопросы пересадки органов». 6. Синицин Н. П. Пересадка сердца как новый метод в экспериментальной биологии и медицине, Горький, 1955. 7. Фальковский Г. Э., Казаков Э. Н., Ермаков Е. И. Эксперим. хирургия и анестезиология,

- 1972, 1, 57. 8. *Furuse A., Vel Y., Nacamura a. oth.* Jap. Heart J. 1967, 8, 1, 58—66. 9. *Kohatsu M., Ohtsubo M., Amatuisu K. a. oth* Studies on Heterotopic Cardiac allotrasplantation acta wed Univ kadoshima, 1968, 10, 121—131. 10. *Kondo V., Gradel F. Ö. Chaptal P. A. a. oth.* Thor. and Cardiovascular surgery. 1965, 50, 6, 781—791. 11. *Luisada A. A., Marcus E.* Cardiology, 1954, 25, 197. 12. *Lower R. R., Kontos H. A., Kosen J. C. a. oth.* J. Cardiology, 1968, 22, 766—776. 13. *Mann F. C. a. alt.* Heart arch Surg, 1933, 26, 219, 214. 14. *Practor E.* Acute orthotopic transplantation of Heart stored fo 72 hour Thorax 1971, 26, 99—102. 15. *Rowlands O. T., Vanderbeex R. B. Selgler H. F., Ebert P. A. J.* Pathology. 1968, 53, 617. 16. *Thorok B., Toth J. a. oth.* Orv. Hetll. 1, 1968, 109, 45, 2476—2477. 17. *Webb W. R., Sugg W. Z.* Am. J. Cardiology. 1968, 22, 6, 820.