

В. Т. СЕЛИВАНЕНКО

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СЕРДЦА И КРУПНЫХ СОСУДОВ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ И СОГРЕВАНИИ В УСЛОВИЯХ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Экстракорпоральное кровообращение, с успехом применяемое при оперативных вмешательствах на сердце, ведет за собой различное охлаждение внутренних органов и тканей, поэтому важен контроль за температурой не только внутренних органов, но и периферических тканей. Обычно между внутренними органами и периферическими тканями при внутрисосудистом охлаждении образуются большие температурные градиенты [5—8, 10, 11]. Температура же сердца и пищевода, как правило, оказывается весьма близкой [9, 14, 16].

Особого внимания заслуживают факты, свидетельствующие о том, что возникновение температурного градиента между ушком правого предсердия и верхушкой левого желудочка резко увеличивает опасность фибрилляции. При возникновении градиента миокарда фибрилляция желудочков сердца появляется при легкой и умеренной гипотермии [13, 15].

Особенностью наших 68 экспериментов с экстракорпоральным охлаждением в условиях параллельной гипотермической перфузии [2, 3, 4] было то, что даже при снижении температуры печени и почек до 18—22° мы не наблюдали расстройств сердечной деятельности, характерных для гипотермии этого уровня.

Не найдя в отечественной литературе данных о синхронной многоканальной термометрии при подобных исследованиях, мы сочли интересным проследить за распределением температур в сердечно-сосудистой системе по ходу кровотока. Для этого в шести экспериментах, специально направленных на выяснение распространения нагнетаемого холодного потока крови после подключения магистралей аппарата к левой общей сонной артерии и верхней полой вене, ввели температурные датчики в следующие кровеносные сосуды: артериальную магистраль, дугу аорты, брюшную аорту на уровне почек, в правое предсердие, в мышцы левого и правого желудочков сердца (рис. 1).

Экстракорпоральное кровообращение осуществляли отечественным аппаратом искусственного кровообращения АИК РП-64. Объем перфузии устанавливали из расчета 20—30 мл/кг/мин. Параллельное искусственное кровообращение начинали с перфузии 100—200 мл артериальной крови, после чего открывали венозную магистраль. Просвет ее частично был закрыт винтовым зажимом, что позволяло быстро установ-

ливать равенство притока крови в аппарат объема нагнетаемой крови. Главным условием поддержания исходного уровня артериального давления было сохранение неизменным интракорпорального объема крови. Во всех случаях, когда выполняли это правило, артериальное давление не претерпевало существенных изменений. На этом фоне снижали температуру нагнетаемой крови до $18-22^{\circ}$ и продолжали гипотермическую перфузию от 5 до 37 мин. Если на этом этапе поддерживать баланс между интра- и экстракорпоральными объемами, то происходит снижение артериального давления. Однако достаточно увеличить интракорпоральный объем на 200—300, реже 400—800 мл, как восстанавливается прежний уровень артериального давления.

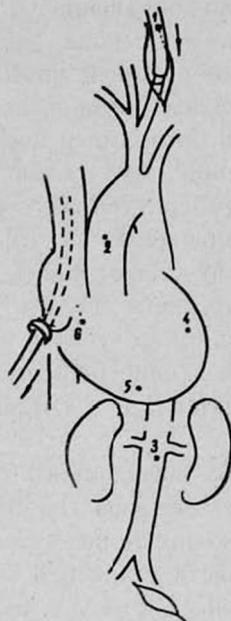


Рис. 1. Измерение температуры крови в аорте, миокарде, полости правого предсердия при охлаждении и согревании в условиях параллельного искусственного кровообращения: 1—артериальная магистраль аппарата искусственного кровообращения; 2—дуга аорты; 3—брюшная аорта; 4—мышца левого желудочка; 5—мышца правого желудочка; 6—полость правого предсердия.

Измерение температуры производили шестью термопарами. Температуру записывали на шеститочечном потенциометре ЭПП-09. Погрешность при измерении температуры не превышала $0,3^{\circ}$.

В опыте от I. VI 1966 г. (табл. 1) охлаждение при температуре крови 22° и производительности аппарата 28 мл/кг/мин продолжали 37 мин. На соответствующей термограмме фиксировалась температура в артериальной магистральной, равная 22° . Следующая по глубине гипотермии была температура крови в дуге аорты, затем в брюшной аорте (с 30° в начале перфузии снизилась до 25° к 22 мин.). Самая высокая температура оказалась в мышце левого желудочка, снизившаяся с 35° до 27° .

Таблица 1

Изменения температуры при охлаждении и согревании: в условиях
параллельного искусственного кровообращения

Этапы опыта	Место измерения температуры					
	кровь в АИКЕ	дуга аорты	брюшная аорта	правое предсердие	мышца левого желудочка	мышца правого желудка
Исходная температура	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5
Через 5 минут от начала охлаждения	22	23	24	28,8	29	28,8
Конец охлаждения	22	23	23,2	24,8	25,5	25
Через 10 минут после окончания охлаждения	—	24	23,5	25	25,5	25
Через 15 минут от начала согревания	40	38	37	31	31	31
Конец согревания	40	38	37,5	34,8	34,5	34,8

В последующие 15 мин. охлаждения изменились соотношения между температурой крови в брюшной и восходящей аорте. Наиболее инертной оказалась температура миокарда и крови в полостях сердца. После прекращения охлаждения и выключения аппарата искусственного кровообращения отметили выраженную брадикардию (до 54 сокращений в минуту) при нормальном артериальном давлении—110/90 мм рт. ст.

Таким образом, в условиях параллельного искусственного кровообращения при использовании низких объемных скоростей нагнетаемая холодная кровь «смывается» кровью, выбрасываемой сердцем. Вся масса холодной крови устремляется по нисходящей аорте, охлаждая в первую очередь органы брюшной полости, и, только пройдя капиллярную сеть, возвращается к сердцу по полым венам.

Пройдя через более теплые внутренние органы и периферические ткани, нагнетаемая холодная кровь согревается и попадает в сердце, имея относительно высокую температуру. Сохранение артериального давления на исходных величинах свидетельствовало о полноценной работоспособности миокарда и увеличении минутного объема сердца по мере создания «венозного подпора». Фибрилляция желудочков сердца не наступала при снижении температуры миокарда до 25—24° и ниже.

Отсутствие фибрилляции желудочков сердца в этих условиях, без применения специальных антифибрилляционных средств, нам кажется достаточно понятным. Во-первых, все отделы миокарда снабжаются кровью одинаковой температуры. Снижение температуры крови, питающей миокард, происходит постепенно, в то время как быстрая смена температуры коронарной крови также вызывает фибрилляцию. С этим явлением встречаются при параллельной гипотермической перфузии с

высокими минутными объемами, когда при ничтожном сердечном выбросе холодная кровь из экстракорпоральной системы устремляется в коронарные сосуды и сердце останавливается, не достигнув t 27—28°. Высокий уровень артериального давления за счет удовлетворительного минутного объема сердца (а не за счет вазопрессоров) гарантирует хорошую оксигенацию миокарда. Кровоток через миокард при этом перекрывает его потребности в кислороде. По литературным данным, значительное увеличение кровотока через фибриллирующий миокард привело к спонтанной дефибрилляции.

Следовательно, низкие режимы гипотермической перфузии с одновременным увеличением объема циркулирующей крови благоприятствовали сохранению сердечного ритма и насосной функции миокарда. В этом отношении наши результаты расходятся с другими данными [1]. Говоря о мерах предупреждения фибрилляции желудочков сердца в условиях умеренной гипотермической перфузии, авторы утверждают, что причиной фибрилляции является неодинаковое снижение температуры тела (33°) и температуры миокарда (28,5°). Как видно из наших наблюдений, градиент температуры между сердцем и другими тканями отнюдь не повинен в расстройстве сердечной деятельности.

Таким образом, охлаждение в условиях параллельного искусственного кровообращения с низкими фиксированными режимами перфузии является довольно эффективным и надежным способом достижения искусственной гипертермии. Метод можно рекомендовать при открытых операциях на сердце перед коронаро-каротидной или общей перфузией организма.

МОНИКИ им. М. Ф. Владимирского

Поступило 22/X 1968 г.

Վ. Տ. ՍԵԼԻՎԱՆԵՆԿՈ

ԶԵՐՄՈՒԹՅԱՆ ՏԱՐԱԲԱԺԱՆՈՒՄԸ ՍՐՏՈՒՄ ԵՎ ԽՈՇՈՐ ԱՆՈՒՆԵՐՈՒՄ
ՍԻՐՏԸ ՍԱՌՅՆՆԵԼԻՄ ԵՎ ԶԵՐՄԱՑՆԵԼԻՄ՝ ԶՈՒԳԱԶԵՌ ԱՐԶԵՍՏԱԿԱՆ ԱՐՅԱՆ
ՇՐՋԱՆԱՌՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Շների վրա կատարված է 68 էքսպերիմենտ, էքստրակորպորալ արյան շրջանառությամբ:

Սառեցումը իրականացվել է ղուգահեռ արհեստական արյան շրջանառության պայմաններում՝ պերֆուզիայի ցածր ֆիքսված ռեժիմով 20—30 մլ/կգ/րոպե: էքսպերիմենտի առանձնահատկությունը կայանում է փորոքների ֆիբրիլյացիայի բացակայությունը՝ լյարդի և հրիկամների ջերմության իջեցման պայմաններում՝ 18—22°, և սրտի՝ մինչև 23°: Արհեստական արյան շրջանառության ապարատից դուրս մղվող հոսքի տարաբաժանումը պարզիլուհամար սրտի և խոշոր անոթների տարբեր կետերում տեղավորվել են թերմոպար-հաղորդիչներ, որոնք հնարավորություն են տվել հայտնաբերելու դուրս մղվող արյան սառը հոսքի տարաբաժանումը:

Մզվող արյունը լվացվում է արյան հոսքով, որը մղվում է սրտից դեպի ներհիվակ աորտան և առաջին հերթին ստեղծում է ներքին օրգանները: Սիրտ մտնող արյունը նախօրոք անցնում է մազանոթային ցանցը, ուստի և նա ունենում է համեմատաբար ավելի բարձր ջերմություն: Սրտի լավ արյան մատակարարումը, բավարար հեմոդինամիկան, ջերմային մեծ տարբերությունների բացակայությունը նպաստում են սրտի էֆեկտիվ գործունեությանը:

V. T. SELIVANENKO

THE DISTRIBUTION OF TEMPERATURE IN THE HEART AND MAIN VESSELS DURING COOLING AND HEATING IN PARALLEL EXTRACORPORAL CIRCULATION

S u m m a r y

68 experiments with extracorporeal circulation were carried out on mongrel dogs of both sexes. Cooling was conducted under artificial circulation with low fixed rate of perfusion (25—30 ml/kg/min). The characteristic feature of the experiments was the absence of ventricular fibrillation at fall of kidney and liver temperature to 18—20°, and heart to 23°. In order to determine the distribution of blood flow from the bypass apparatus, in six experiments thermocouple sensing devices were placed in different points of the heart and large vessels which recorded the distribution of the cold flow of blood. The pumped blood was carried away by the volume pushed by the heart into the descending aorta and cooled primarily the internal organs. The blood entered the heart without passing through the capillary network and consequently had a relatively high temperature. A good blood supply of the heart, sufficient hemodynamic pressure and the absence of high temperature gradients promote the effective functioning of the heart.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гарибян В. Г., Даниелян А. А., Шекоян Р. А. Предупреждение фибрилляции желудочков в условиях умеренной гипотермической перфузии. Искусственное кровообращение. Материалы симпозиума. М., 1966.
2. Портной В. Ф., Селиваненко В. Т., Черняк В. А. В кн.: «Реанимация и гипотермия». Горький, 1966, 201—204.
3. Портной В. Ф., Харнас С. Ш., Селиваненко В. Т., Бабская Ю. Е., Галанкин В. Н. Материалы к третьему Всероссийскому съезду хирургов. Горький, 1967, 43—44.
4. Селиваненко В. Т. В кн.: «Искусственное кровообращение в хирургии». М., 1966, 34.
5. Шалимов А. А., Бутенко О. В. Глубокая гипотермия с аппаратом искусственного кровообращения. Автореф. докл. по искусствен. кровооб. Киев, 1962, 62—63.
6. Almond C. H., Jones J. C., Shyder H. M., Grant S. M., Meyer B. W. Cooling gradients and Brain damage with deep hypothermia. J. Thor. Cardio. Surg., 1964, 48, 6, 890—897.
7. Dow E. F., Moffitt E. A., Michenfelder T. D., Terry H. R. Profound hypothermia. Canad. Anaesth. Soc., 1964, 4, 382—393.
8. Tu Buchet N. Quelques observations concernant Chyothermie profonde induite par voll sanguine. Can. Anesth., 1961, 9, 2, 115—124.
9. Fisher B., Fedor E. J., Smith J. W. Temperature gradients associated with extracorporeal perfusion and profound hypothermia. Surg., 1961, 50, 5, 758—764.
10. Helmbecker R. O., Young W. E., Santord D. C. Experimental studies on the production of deep hypothermia by means of pump oxygenator and heat

exchanger with a note on the clinical application. *Canad. J. Surg.*, 1959, 3, 79. 11. *McCaughan J. J.* Hemodilution with deep hypothermia and circulatory stasis. *Circulation*, 1964, 29, 4, suppl. 1, 67—71. 12. *Meyer E. C., Falor W. H.* Coronary artery pressure in the perfused heart. *Arch. Surg.*, 1963, 87, 805—809. 13. *Mauritzen C. V., Andersen M. N.* Myocardial temperature gradients and ventricular fibrillation during hypothermia. *T. Jhor. Cardio. Surg.*, 1965, 49, 6, 937—944. 14. *Sealy W. C., Brown J. W., Young W. G.* A report on the use of both extracorporeal circulation and hypothermia for heart surgery. *Ann. Surg.*, 1958, 147, 5, 603—613. 15. *Sealy W. C., Lesage A. M., Young W. W., Brown J. W.* Observations on heart action during hypothermia induced and controlled by a pump oxygenator. *Ann. Surg.*, 1961, 153, 5, 797—814. 16. *Terblanche T., Barnard C. M.* Temperature gradients during profound hypothermia with extracorporeal circulation. An experimental study. *South. Afric. Med. J.*, 1962, 36, 18, 337—340.