

А. А. МКРТЧЯН, Л. Ф. ШЕРДУКАЛОВА, В. С. ҚАЗАРЯН,  
Н. Г. АГАДЖАНОВА

## НАРУШЕНИЕ ВНУТРИСЕРДЕЧНОЙ И ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ АРТЕРИО-ВЕНОЗНЫХ СВИЩАХ

Проблема артерио-венозных свищей в настоящее время привлекает внимание многих исследователей.

Общеизвестно, что при артерио-венозных свищах (АВС) вследствие наличия сброса крови из артериального в венозное русло внутрисердечная и периферическая гемодинамика претерпевает значительные изменения. При несвоевременной хирургической коррекции артерио-венозного свища возникают тяжелые изменения в миокарде и развивается недостаточность сердца с явлениями застоя в малом и большом кругах кровообращения [1—11].

Целью данной работы было выяснить острое влияние артерио-венозных свищей с различным диаметром и с различной локализацией на гемодинамику малого и большого кругов кровообращения.

Проведено 69 острых экспериментов на собаках. Опыты проводились в 3 сериях: в I серии опытов было создано искусственное сообщение между бедренной артерией и веной (49 экспериментов), во II—между брюшной артерией и нижней полой веной (10 экспериментов) и в III—между нисходящей аортой и левой ветвью легочной артерии (10 экспериментов). Эксперименты проводились под интратрахеальным наркозом с искусственной вентиляцией легких. Премедикация животных проводилась 0,5% раствором морфия. Наложение бедренного АВС осуществлялось в левой паховой области ниже пупартовой связки. Свищ между брюшной аортой и нижней полой веной создавался на 2 см выше бифуркации аорты. Аорто-легочный анастомоз создавался на уровне грудной аорты и левой ветви легочной артерии.

Эксперименты первой серии в зависимости от диаметра свища были подразделены на 3 группы: I группа—диаметр до 0,5 см (5 экспериментов), II группа—0,5—1,0 см (12 экспериментов) и III группа—1,0—2,0 см (32 эксперимента). Диаметр АВС между брюшной аортой и нижней полой веной составлял 0,8 см, а диаметр аорто-легочных анастомозов колебался в пределах 0,6—0,8 см.

Измерение давления в полостях сердца и магистральных сосудах осуществляли до и после наложения АВС методом прямой пункции с помощью 4-канального чернильно-пишущего осциллографа «Мингограф-42 В», а также 5-канального полиграфа «Nilson Medical Electronics-42 В» со скоростью движения ленты от 10 до 50 мм/сек. Наряду с этим в полостях сердца и в анастомозированных сосудах (дистальнее и проксимальнее свища) определяли степень насыщения крови кислородом. Одновременно методом радиокардиографии регистрировали минутный объем сердца (МОС). Для этого животным в бедренную вену вводили альбумин человеческой сыворотки, меченый  $J^{131}$  из расчета 0,5 мкк на кг веса животного в объеме 0,1—0,3 мл. Анализ радиокардиограмм

производили по методике Г. А. Малова, МОС вычисляли по формуле  $МОС = \frac{ОЦК \cdot v \cdot h}{S}$ ,

где  $v$ —скорость протяжки ленты,  $h$ —высота конечной концентрации, а  $S$ —площадь под кривой разведения. На основании величин давления и МОС производили расчет показателей внешней работы желудочков сердца, а также сопротивления сосудов малого и большого кругов кровообращения. Полученные данные статистически обработаны.

**Результаты исследования.** При создании АВС возникали изменения ритма сердца, газового состава венозной крови и величин МОС, причем степень указанных изменений прямо зависела от диаметра созданного анастомоза, а следовательно, и степени артерио-венозного сброса крови. Это обусловлено тем, что с момента функционирования АВС артериальная кровь распределяется в 3 направлениях. Часть ее устремляется по естественному пути в нисходящий отдел артерии, а часть сбрасывается в вену в дистальном и проксимальном направлениях. В дистальном отрезке бедренной вены до места расположения первого венозного клапана, препятствующего артериальному кровотоку в дистальном направлении, создается значительный напор давления. И чем больше диаметр анастомоза, тем больше величина шунтированной крови и расстройства гемодинамики (табл. 1).

Так, после создания бедренного АВС у животных I группы наблюдалось учащение ритма сердца с  $105 \pm 7,6$  до  $125 \pm 9,5$  уд. в мин. Насыщение венозной крови кислородом дистальнее свища повысилось с  $72,6 \pm 0,5$  до  $81 \pm 0,9\%$ . В правых же отделах сердца оно осталось без изменения, не изменился и МОС ( $3,6 \pm 0,05$  л/мин). Нарушения гемодинамики как по малому, так и по большому кругу кровообращения также были несущественными (табл. 2,3).

Таблица 1

Изменение давления (в мм рт. ст.) в анастомозированных сосудах после перераспределения артериальной крови

Серия	Группы	Количество опытов	Бедренная артерия		Бедренная вена	
			108±4,2		2,5±0,05	
I	Контрольная	59	Проксимальнее свища	Дистальнее свища	Проксимальнее свища	Дистальнее свища
	I	5	90±3,1	75±3,4	2,5±0,05	6,5±0,8
	II	12	82±3,1	70±3,0	5,5±0,5	10,5±0,3
	III	32	66±2,4	50±1,2	7,5±0,7	12,±0,5
II	Контрольная	10	Брюшная аорта		Нижняя полая вена	
			103±4,6		4,6±0,5	
			Проксимальнее свища	Дистальнее свища	Проксимальнее свища	Дистальнее свища
			81±2,2	67,5±2,2	13,5±1,8	18,0±0,24

У животных II группы на фоне возросшего сердечного ритма (до  $142 \pm 5,3$  уд. в мин.) из-за выраженного перераспределения артериального потока крови давление в периферических сосудах изменилось значительно, чем у животных I группы, и особенно в дистальных их отделах

Таблица 2

## Изменение центральной гемодинамики при артерио-венозных свищах

Серия опытов	Группа	К-во опытов	Ритм	Минутный объем сердца в л./мин.	Давление в мм рт. ст.					Внешняя работа желудка в кгм/мин.		Сопротивляемость в дин сек. см <sup>-5</sup>		
					Правый желудочек		Средн. давл. в легочной артерии	Левый желудочек		Давление в аорте (систолическое)	правый желудочек	левый желудочек	малый круг кровообращения	большой круг кровообращения
					сistol.	диастол		сistol.	диаст.					
I	Контрольная	59	105±7,6	3,6±0,05	20,5±0,7	2,0±0,05	14,4±0,5	107,7 ±1,6	5,0±0,5	102,4±1,5	0,7±0,02	5,2±0,1	281,2±9,9	2331,4±42,2
	I	5	125±9,5	3,7±0,05	23,0±0,8	2,0±0,05	14,6±0,5	107,7 ±1,6	5,0±0,5	99,3±1,24	0,7±0,02	5,2±0,1	280,5±9,8	2305,2±40,2
	II	12	142±5,3	4,1±0,09	27,8±0,5	5,0±0,5	19,6±0,6	98,4±1,2	5,0±0,5	90,6±1,3	0,96±0,02	5,9±0,2	289,0±10,0	1885,0±36,4
II	III	32	168 ±2,5	5,8 ±0,09	32,8 ±1,04	7,5 ±0,2	22,0 ±1,0	103,0 ±1,5	5,0 ±0,5	97,5 ±1,5	1,2 ±0,05	6,5 ±0,1	280,0 ±11,4	1623,4 ±38,2
			10	170±7,6	5,6±0,08	35,0±2,1	7,8±0,5	24,2±2,6	85,0±3,8	7,6±1,4	81,2±4,1	1,6±0,01	6,8±1,6	355,0±21,4
III		10	172,4 +8,1	5,8 +0,09	37,3 +1,2	10,5 +0,7	28,5 +2,02	103,5 +4,8	10,0 +0,7	90,0 +3,9	1,8 + 0,013	6,6 +1,6	414,0 +27,9	1600,0 ±30,2

Таблица 3

Изменение степени насыщения крови кислородом (в%) в полостях сердца, магистральных и периферических сосудах после наложения артерио-венозного свища

Серия опытов	Группа	К-во опытов	Бедренная артерия	Бедренная вена		Левый желудочек	Правый желудочек	Легочная артерия+	Артерио-венозная разница	
	Контроль-ная	59	96,7±0,2	72,6±0,5		96,8±0,3	71,4±0,4	71,4±0,4	24±2,0	
	—	—	—	Проксимальное свища	Дистальное свища	—	—	—	Проксимальное свища	Дистальное свища
I	I	5	93±0,9	79±0,3	81±0,9	94±1,6	66±2,4	—	15±1,3	13±1,5
	II	12	94±1,8	82±1,5	87±1,0	90±1,8	71±3,0	—	8±0,8	3,9±0,1
	III	32	96±0,2	86±0,4	90±0,3	94±0,3	82±0,6	—	8±0,8	4±0,2
	—	—	Брюшная аорта	Нижняя полая вена		—	—	—	—	—
II		10	94±2,0	89,6±1,2	91,3±2,6	96±1,0	83±0,9	—	7±0,5	5±0,2
III		10	—	—	—	93±0,2	72±1,4	90±0,9	—	[3±0,2

(табл. 1). Так, в дистальном отделе бедренной артерии оно снизилось со  $108 \pm 4,2$  до  $70 \pm 3,0$  мм рт. ст., а в дистальном отделе бедренной вены повысилось с  $2,5 \pm 0,05$  до  $10,5 \pm 0,3$  мм рт. ст. Увеличение притока крови в венозную систему большого круга кровообращения вызывало небольшое повышение систолического и значительное увеличение диастолического давления в правом желудочке, соответственно с  $20,5 \pm 0,7$  до  $27,8 \pm 0,09$  и с  $2,0 \pm 0,05$  до  $5,0 \pm 0,5$  мм рт. ст., а также среднего давления в легочной артерии (табл. 2). Давление же в левом желудочке и в аорте изменилось менее значительно. На фоне указанных сдвигов давления в анастомозированных сосудах отмечалось также и изменение газового состава крови (табл. 3). Насыщение венозной крови дистальнее свища повысилось до  $87 \pm 1,0\%$ , что, по сравнению с I группой, указывало на увеличение артерио-венозного сброса крови. Об этом свидетельствовал также и возросший объемный кровоток ( $4,1 \pm 0,08$  л/мин). Тем не менее газовый состав крови в правых отделах сердца оставался без существенных изменений. Повышение объемного кровотока усиливало функциональную нагрузку как на правые, так и на левые отделы сердца, что проявлялось увеличением внешней работы правого желудочка с  $0,7 \pm 0,02$  до  $0,96 \pm 0,02$  кгм/мин и левого желудочка с  $5,2 \pm 0,1$  до  $5,9 \pm 0,2$  кгм/мин.

Непосредственный переход артериальной крови в венозное русло с низким давлением вызывало снижение сопротивления току крови в большом круге кровообращения с  $2331,4 \pm 42,2$  до  $1885,0 \pm 36,4$  дин. сек. см<sup>-5</sup>. Сопротивление малого круга кровообращения при этом оставалось без существенных изменений (табл. 2).

У животных 3-й группы на фоне значительной тахикардии ( $168 \pm \pm 2,5$ ) имели место наиболее выраженные нарушения гемодинамики и газового состава крови, чем у животных 1 и 2 группы. Давление в дистальном отделе бедренной артерии у них резко понизилось (до  $50 \pm 1,2$  мм рт. ст.), а в соответствующем отделе вены резко возросло (до  $12,5 \pm 0,5$  мм рт. ст.). Степень артериализации венозной крови дистальнее свища достигала максимальных величин ( $90,8 \pm 0,3\%$ ). Значительно повысилась и артериализация крови в правом желудочке ( $82,2 \pm 0,6\%$ ). Объемный кровоток возрос до  $5,8 \pm 0,09$  л/мин. Все это свидетельствовало о резком усилении сброса крови слева направо. Увеличенный приток крови к правому сердцу сопровождался выраженным увеличением систолического и диастолического давления в правом желудочке, а также среднего давления в легочной артерии. Давление в левом желудочке и в аорте изменялось незначительно с тенденцией к снижению. Резкое увеличение МОС приводило к значительному увеличению внешней работы как правого, так и левого желудочков (соответственно до  $1,2 \pm 0,05$  и  $6,5 \pm 0,1$  кгм/мин). Несмотря на усиление работы левого желудочка сопротивление сосудов большого круга кровообращения значительно снизилось как за счет падения давления в артериальной системе, так и за счет еще более выраженного отключения из кровообращения капиллярной сети оперированной конечности. Сопротивление же малого круга кровообращения в этой группе опытов, как и в двух вышеприведенных,

оставалось без существенных изменений, что указывает на большие компенсаторные резервы системы легочных сосудов (см. табл. 2).

Во II серии опытов при создании АВС на уровне брюшного отдела аорты на фоне резкой компенсаторной тахикардии ( $170 \pm 7,6$  уд/мин) также имело место выраженное изменение давления в анастомозированных сосудах, что представлено в табл. 1. Насыщение венозной крови кислородом в нижней полой вене при этом было очень высоким, особенно в дистальном ее отделе. В правом желудочке, где происходит смешивание венозной крови, степень оксигенации ее понижалась, оставаясь тем не менее значительно повышенной по сравнению с исходным уровнем (табл. 3). Увеличенный приток артериальной крови в венозное русло вызвал повышение систолического и диастолического давления в правом желудочке, среднего давления в легочной артерии (до  $24,2 \pm 2,6$ ). а также объемного кровотока.

Это сопровождалось повышением сопротивления сосудов малого круга кровообращения, снижением сопротивления большого круга кровообращения и значительным повышением нагрузки на оба желудочка, что находило выражение в повышении их внешней работы (см. табл. 2).

Таким образом, патологические сдвиги при АВС в области брюшного отдела аорты (II серия опытов) приближались к таковым у животных 3 группы I серии. Это свидетельствует о том, что свищи одинакового и даже меньшего диаметра тем значительнее нарушают кровообращение и газообмен, чем ближе они расположены к сердцу. Это подтверждается исследованиями на животных III серии с аорто-легочным анастомозом. На фоне тахикардии ( $172 \pm 8,1$  уд. в минуту) у них имело место резкое повышение артериализации крови в легочной артерии (до  $90 \pm \pm 0,9\%$ ) без существенных изменений его в полостях сердца. МОС при этом увеличился с  $3,6 \pm 0,05$  до  $5,8 \pm 0,09$  л/мин. Вследствие поступления значительной части крови из аорты в легочную артерию давление в ней возросло почти в 2 раза. Повысилось оно и в правом желудочке. Причем систолическое давление достигло  $37,3 \pm 1,2$  мм рт. ст., а диастолическое—  $10,5 \pm 0,7$  мм рт. ст. В связи с увеличением объемного кровотока повысилось и диастолическое давление в левом желудочке (до  $10,0 \pm 0,7$  мм рт. ст.). В этих условиях отмечена существенная перегрузка желудочков, что выражалось повышением внешней работы правого и левого желудочков. Правому желудочку, кроме дополнительной нагрузки в связи с возросшим кровотоком, приходилось преодолевать и резко возросшее, почти в два раза, сопротивление сосудов малого круга кровообращения. Сопротивление же сосудов большого круга кровообращения, напротив, значительно снизилось. Это происходило на фоне уменьшения давления в аорте, что вело к возникновению систолического градиента (табл. 2). Многие животные в связи с объемной перегрузкой сердца после наложения аорто-легочных анастомозов погибли на операционном столе при явлениях острой недостаточности сердца.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показали, что по мере увеличения диаметра свища и приближения его

локализации к области сердца гемодинамические нарушения в малом и большом кругах кровообращения возрастали, достигая наивысших степеней при бедренных АВС диаметром 1—2 см и особенно при аорто-легочных анастомозах. Выявленные при этом резкие нарушения внутрисердечной гемодинамики с увеличением конечного диастолического давления, уменьшением давления в аорте и сопротивлением сосудов большого круга кровообращения являются признаками начинающейся недостаточности сердца.

### Выводы

1. Артерио-венозные свищи вызывают целый ряд нарушений гемодинамики и газового состава крови, которые находятся в прямой зависимости как от диаметра свища, так и от уровня его расположения по отношению к сердцу.

2. При бедренных артерио-венозных свищах нарушение гемодинамики в основном возникает в системе большого круга кровообращения, а при аорто-легочных—как в системе большого, так и, особенно, в системе малого круга кровообращения.

3. Артерио-венозные свищи на уровне брюшного и грудного отделов аорты вызывают резкие нарушения гемодинамики по типу острой сердечно-сосудистой слабости, что нередко приводит к гибели животных.

Ин-т кардиологии МЗ  
Арм. ССР

Поступило 15. IX 1971 г.

Ա. Ա. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Լ. Յ. ՇԵՐԴՈՒԿԱԼՈՎԱ, Վ. Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ն. Գ. ԱՂԱՋԱՆՈՎԱ

ՆԵՐՍՐՏԱՅԻՆ ԵՎ ՊԵՐԻՖԵՐԻԿ ՀԵՄՈԳԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ԽԱՆԳԱՐՈՒՄՆԵՐԸ  
ԶԱՐԿԵՐԱԿ-ԵՐԱԿԱՅԻՆ ԽՈՒՂԱԿՆԵՐԻ ԺԱՄԱՆԱԿ

### Ա մ փ ն փ ու մ

Հեղինակները ընդգծում են սուր զարկերակ-երակային խողակների ժամանակ խանգարված հեմոդինամիկայի կախվածությունը արյան զարկերակային արտաճոսից և խողակի տեղադրումից:

A. A. MKRTCHIAN, L. F. SHERDUKALOVA, V. S. KAZARIAN, N. G. AGAJANOVA

### DISTURBANCE OF INTRACARDIAC AND PERIPHERAL HEMODYNAMICS IN ARTERIO-VEINUS FISTULAS

### S u m m a r y

The authors emphasize the dependence of the disturbances of the hemodynamics in acute arterio-venous fistulas on the volume of the arterial blood ejection and the localisation of the fistula.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Арьев М. Я. Клин. медицина, 1943, 21—9, 22—26. 2. Милонов О. Б., Майорови Л. А. Хирургия, 1958, 8, 35—45. 3. Москаленко Ю. Д., Сергеев Р. М., Зингерман Л. С.

- Тез. докладов 13-го съезда хирургов Лит. ССР, Вильнюс, 1966, 80—81. 4. Милонов О. Б. Новый хирург. архив, 1958, 1, 44, 5. Покровский А. В., Сергеев В. М., Москаленко Ю. Д. Советская медицина, 1968, 1, 74—77. 6. Малов Г. А., Покровский А. В., Москаленко Ю. Д., Зингерман Л. С., Магеева А. И. Кардиология, 6, 1970, 61—71. 7. Гайтон А. Физиология кровообращения, минутный объем сердца и его регуляция, 1963, 372. 8. Nuhm H. Y., Woldhausen I. A., Thumacker H. B. Bull. Soc. int. chir. 1966, 25, 4, 412—426. 9. Kus H., Szewezak E., Kornasewski W., Ostowski B. Pol. Przegl. chir. 1964, 36, 11 1333—1338. 10. Blaisdell F. W., Lim R. C., Hall A. D., Thomas A. N. Amer. J. Surg. 1966, 112, 2, 166—174. 11. Aaron A., Litwins B., Fine S., Sillin L. Phys. Med. Biol. 1970, 15, 1, 194.