

Н. И. ЯБЛУЧАНСКИЙ, В. И. ШЕВЧЕНКО, В. Г. ГУБЕНКО

МОРФОМЕТРИЯ СЕРДЦА КРЫСЫ: ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТРАМИОКАРДИАЛЬНЫХ КАПИЛЛЯРОВ

Настоящая работа посвящена количественным аспектам морфологической организации капилляров миокарда крысы. В ее основу положены известные в стереологии, разработанные ранее и адаптированные к пространственной организации миокарда методы.

Материал и методы. Изучены сердца 8 белых крыс весом 190 ± 15 г. Капилляры выявляли инъекцией через брюшную аорту тушь-желатиновой массы. Для измерений использовали срезы толщиной 5 мкм. Величину камер сердца находили ранее описанными методами [2, 11]. Исходные замеры сечений капилляров осуществляли на поперечных срезах методом линейного интегрирования [17]. За капилляр принимали сегмент, ориентированный по осевой линии кардиомиоцита и заключенный между двумя ближайшими анастомозами. По результатам замеров находили диаметр (DC), длину (LC), удельный объем (VVC), абсолютный суммарный объем (VC), удельное (NVC) и общее (NC) число, удельную (SVC) и общую (SC) площадь поверхности, индивидуальные объем (VA) и поверхность (SA) капилляров. Обработка данных осуществлена на ЭВМ «ЕС 1022» по специально написанной нами программе [7].

Результаты. В табл. 1 приведены межгрупповые статистики стереометрических параметров капилляров для усредненной модели сердца. Зависимость важнейших стереометрических показателей от величины сердца показана на рис. 1. Линейные размеры, удельный объем и площадь поверхности капилляров разных камер сердца практически одинаковы. Число капилляров в мм^3 миокарда обратно пропорционально их объему. Равенство $VVC = NVC \cdot VA$ не имело места, так как при определении VVC учитывали как сами капиллярные сегменты, так и анастомозы между ними, тогда как NVC находили только для капиллярных сегментов. Диаметр и длина капиллярных сегментов пропорциональны величине сердца (рис. 1). Это особенно хорошо видно, когда вместо объема сердца использовать $\sqrt[3]{V}$ [6]. Связь объема и поверхности капилляров с величиной сердца носила сходный характер. Удельное число капилляров обратно пропорционально величине сердца, тогда как их абсолютное количество не коррелировало с размерами органа. Удельная поверхность капилляров для изученных сердец оказалась одинаковой. В силу этого общая капиллярная поверхность линейно зависела от объема органа.

Таблица
Стереометрические параметры капилляров миокарда крысы

Стереометрические параметры	Стенка сердца		
	левый желудочек	правый желудочек	межжелудочковая перегородка
DC, мм	$0,43 \cdot 10^{-2}$	$0,43 \cdot 10^{-2}$	$0,43 \cdot 10^{-2}$
SDC	$0,14 \cdot 10^{-2}$	$0,11 \cdot 10^{-2}$	$0,13 \cdot 10^{-2}$
VVC, мм ³ /мм ³	$0,5 \cdot 10^{-1}$	$0,5 \cdot 10^{-1}$	$0,5 \cdot 10^{-1}$
SVVC	0,20	0,19	0,21
VC, мм ³	$0,15 \cdot 10^2$	$0,11 \cdot 10^2$	$0,78 \cdot 10^1$
NVC, 1/мм ³	$0,35 \cdot 10^3$	$0,35 \cdot 10^3$	$0,35 \cdot 10^3$
NC	$0,10 \cdot 10^3$	$0,79 \cdot 10^7$	$0,54 \cdot 10^7$
SVC, мм ² /мм ³	$0,27 \cdot 10^2$	$0,27 \cdot 10^2$	$0,27 \cdot 10^2$
SSVC	$0,87 \cdot 10^1$	$0,96 \cdot 10^1$	$0,91 \cdot 10^1$
SC, мм ²	$0,26 \cdot 10^4$	$0,21 \cdot 10^4$	$0,19 \cdot 10^4$
VA, мм ³	$0,76 \cdot 10^{-6}$	$0,75 \cdot 10^{-6}$	$0,73 \cdot 10^{-6}$
SA, мм ²	$0,85 \cdot 10^{-3}$	$0,84 \cdot 10^{-3}$	$0,82 \cdot 10^{-3}$
LC, мм	$0,52 \cdot 10^{-1}$	$0,52 \cdot 10^{-1}$	$0,51 \cdot 10^{-1}$
SLC	$0,12 \cdot 10^{-1}$	$0,12 \cdot 10^{-1}$	$0,11 \cdot 10^{-1}$
ФФ	$0,32 \cdot 10^{-1}$	$0,32 \cdot 10^{-1}$	$0,32 \cdot 10^{-1}$

Примечание. Символ S перед базовым обозначает среднее квадратическое отклонение базового символа среднего значения параметра.

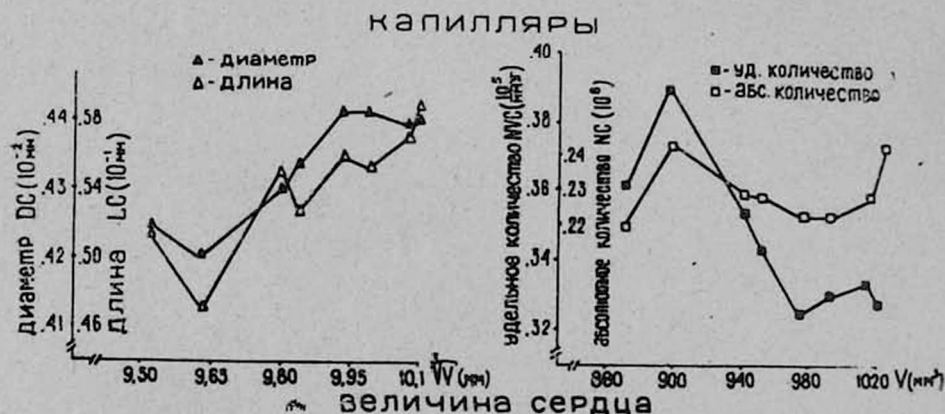


Рис. 1.

Обсуждение. Диаметр капилляра относительно стабилен даже при значительных изменениях массы животного. Максимальные колебания среднего диаметра составили $0,02 \cdot 10^{-2}$ мм для крыс весом от 172 до 206 г. Данные хорошо согласуются с сообщением [13], в котором установлено, что у крыс весом 155—520 г различия в среднем диаметре капилляров не превышают $0,05 \cdot 10^{-2}$ мм. Получено хорошее совпадение оценки среднего межгруппового диаметра капилляров в $0,43 \cdot 10^{-2}$ мм с результатами большинства исследователей [1, 8, 12 и др.] Примечание.

тельно, что очень близкая оценка (4,41 мкм) приведена [13], осуществивших биомикроскопию на работающем сердце. По нашим данным диаметры капилляров левого и правого желудочков одинаковы, что соответствует также результатам [13].

Значения объемной плотности капилляров согласуются с данными большинства авторов. Получены одинаковые оценки объемной плотности капилляров левого и правого желудочков. Отдельными авторами установлены различия в удельном объеме капилляров разных желудочков сердца. Причем, если по данным одних этот показатель больше для левого желудочка [4], то по данным других он больше для правого желудочка [10]. Эти результаты трудно согласовать с большими компенсаторными возможностями левого и более ранней деадаптацией правого желудочка сердца при нарушениях кровотока в большом круге.

В изученных работах даны только оценки числа капиллярных сегментов на поперечных срезах единичной площади. Эти результаты мало согласуются друг с другом и варьируют от 1383 [15] до 7672 [9]. Нами определено число капилляров в мм^3 миокарда, перевод которого на мм^2 площади среза дает величину 3397, близкую к данным [4, 19]. По [4] эта величина равна 3424 для правого и 3601 для левого желудочков [19]—3430 для миокарда в целом. Устоявшиеся представления о том, что на один кардиомиоцит приходится один капиллярный сегмент, [14] позволили провести контроль полученных данных с публикациями по количеству кардиомиоцитов. Получено хорошее согласование с результатами [18], согласно которым в мм^3 миокарда содержится $0,5 \cdot 10^5$ кардиомиоцитов, а их общее число составляет $0,32 \cdot 10^8$. Нами дана оценка числа капилляров в мм^3 миокарда $0,35 \cdot 10^5$ и их общего числа— $0,24 \cdot 10^8$.

В ряде работ измеряли удельную площадь поверхности капиллярных сегментов, оценки которой колеблются от $29,86 \pm 2,60 \text{ мм}^2/\text{мм}^3$ [5] до $57,0 \text{ мм}^2/\text{мм}^3$ [4]. В нашей работе удельная площадь поверхности капилляров составила $27 \text{ мм}^2/\text{мм}^3$. К этим данным ближе всего результаты [5]. Сведения об общей поверхности капилляров содержатся только в работе [3]. Их оценка в $42,64 \text{ мм}^2$ — $88,80 \text{ мм}^2$ значительно ниже нашей, составившей для миокарда в целом $5,690 \text{ мм}^2$. Если же учесть, что сюда должны быть отнесены и межкапиллярные анастомозы, то это число, по крайней мере, будет больше даже данного нами в 1,5—2,0 раза.

Сравнение результатов с данными других авторов показывает, что для каждого параметра можно указать ряд источников, в которых дана близкая оценка его величины. В то же время нет работ, где бы эти оценки согласовались между собой по совокупности рассматриваемых параметров. По-видимому, на оценке количественных параметров миокардиальных капилляров больше сказываются не особенности приготовления препаратов, а различия в используемых способах исследования.

Заклучение. Основные результаты сводятся к следующему: диаметр, длина, поверхность и объем капилляров миокарда пропорциональны величине сердца; удельные объем и поверхность капилляров инвариантны относительно величины сердца; различия в размерах, числе и упаковке капилляров разных стенок миокарда недостоверны; общие объем, поверхность совокупности капилляров зависят от величины сердца и каждой из его стенок; общее число капилляров не зависит от величины сердца и для изученных особей является величиной постоянной.

Донецкий медицинский институт,
Донецкий государственный университет

Поступило 23/XII 1978 г.

Ն. Ի. ՅԱԲԼՈՒՉԱՆՍԿԻ, Վ. Ի. ՇԵՎՇԵՆԿՈ, Վ. Գ. ԳՈՒԲԵՆԿՈ

ԱՌՆԵՏՆԵՐԻ ՍՐՏԻ ԶԵՎԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆԸ. ՄԻՋՍՐՏԱՄԿԱՆԱՅԻՆ
ՄԱՋԱՆՈՒՆԵՐԻ ՕՐԳԱՆՈՋԱՅԻԱՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ստերեոմետրիկական մեթոդների հիման վրա ուսումնասիրվել են միջսրտամկանային մազանոթների բաժակական, բնութագրերը, ցույց է տրված նրանց զմային կախվածությունը:

N. I. YABLOUCHANSKI, V. I. SHEVCHENKO, V. G. GOUBENKO

MORPHOMETRY OF THE HEART: ORGANIZATION OF INTRAMYOCARDIAL CAPILLARIES

S u m m a r y

On the basis of stereometric methods there were studied the quantitative characteristics of the metric properties of intramyocardial capillaries, their linear dependence is shown.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамян С. С., Ростомян М. А., Галоян А. А. Кровообращение, 1975, 8, 2, 12—17.
2. Автандилов Г. Г., Яблучанский Н. И., Губенко В. Г. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1977, 1, 93—96.
3. Енгибарян А. А., Аракелян И. Г. Кровообращение, 1978, 11, 1, 11—15.
4. Ерисковская Н. К., Целлариус Ю. Г. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1976, 11, 1380—1382.
5. Колесникова Л. В., Непомнящих Л. М. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, 1978, 4, 28—33.
6. Автандилов Г. Г., Яблучанский Н. И., Мумров Е. А., Шевченко В. И. Архив анатомии, гистологии, эмбриологии, 1978, 74, 1, 52—56.
7. Яблучанский Н. И., Шевченко В. И., Нойте Ш., Губенко В. Г. В кн.: «Методы количественного анализа в патологической морфологии». Полтава, 1978, 64—65.
8. Ростомян М. А., Абрамян С. С., Галоян А. А. Кровообращение, 1977, 10, 4, 3—8.
9. Самотейкин М. А., Кузнецов С. О. В кн.: «Лимфатические и кровеносные пути», 1976, 84, 151—152.
10. Сисакян С. А., Матевосян Р. Ш. Кровообращение, 1975, 8, 3, 11—15.
11. Автандилов Г. Г., Яблучанский Н. И., Шевченко В. И., Гевондян Т. А. Бюллетень экспериментальной био-

логии и медицины, 1977, 2, 250—252. 12. Ступина А. С., Маньковская И. Н., Давиденко О. А., Бухма М. Г. Физиологический журнал, 1978, 24, 3, 358—365. 13. Henquell L. La Celle P. L., Honig C. R. Microvasc. Res. 1976, 12, 3, 159—274. 14. Hecht A. Введение в экспериментальные основы современной патологии сердечной мышцы. М., „Медицина“, 1975, 503. 15. Heroux P., Pierre J. H. Amer. J. Physiol. 1957, 188, 1, 163—168. 16. Rashevsky N. Рашевски Н. Некоторые медицинские аспекты математической биологии. М., „Медицина“, 1966, 243. 17. Rostval — Цит. по Е. Р. Вейбель. Морфометрия легких человека. М., „Медицина“, 1970. 18. Sasaki R. Morishita T. Y., Amagata Sh. Tohoku J. Exp. Med., 1970, 101, 147—152. 19. Tomek R. J. Anat. Rec., 1979, 167, 1, 55—62.