

Н. И. АРИНЧИН, Г. Д. НЕДВЕЦКАЯ  
**ВНУТРИМЫШЕЧНОЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЕ СЕРДЦЕ**

(Представлено академиком П. К. Анохиным 30 IX 1972)

От Гарвея <sup>(1)</sup> до наших дней принято считать, что единственным двигателем крови является сердце. Имевшие место взгляды о его недостаточности и представления о «периферическом артериальном сердце» <sup>(8)</sup> не нашли подтверждения в физиологии и клинике и отнесены к не соответствующим действительности.

Получили всеобщее признание и стали изучаться экстракардиальные факторы, способствующие кровообращению. К их числу относится, в частности, и насосная функция скелетных мышц или «венозная помпа», действующая в условиях повышения гидростатического давления. Она приводит к снижению застойного венозного давления в нижних конечностях человека при его вертикальном положении <sup>(9, 14, 21)</sup>.

Открытая И. П. Щелковым и В. К. Задлером в 1869 г. в лаборатории К. Людвига рабочая гиперемия по существующим представлениям не может быть отнесена к категории экстракардиальных факторов потому, что целиком и полностью зависит от нагнетательной функции сердца. При этом механизм расширения просвета сосудов, по которым устремляется усиленный поток крови, нагнетаемой сердцем, до сих пор остается не раскрытым; для объяснения этого механизма создано ряд гипотез <sup>(7, 10, 17, 19)</sup>. Однако они недостаточны для его исчерпывающего объяснения, а проведенное нами дальнейшее изучение механизма рабочей гиперемии приводит к новым о ней представлениям.

При изучении соотношения внешнего (со стороны сокращающихся мышц) и внутреннего (со стороны крови) давления на стенки сосудов установлено <sup>(1, 6, 13, 16, 20)</sup>, что внешнее давление (в г/см<sup>2</sup>) превышает внутрисосудистое для венул, капилляров и прекапилляров, просвет которых при статическом напряжении мышц должен закрыться. Однако кровоснабжение мышц в этих условиях даже увеличивается, что было объяснено вибрационной гипотезой рабочей гиперемии скелетных мышц <sup>(2, 3)</sup>.

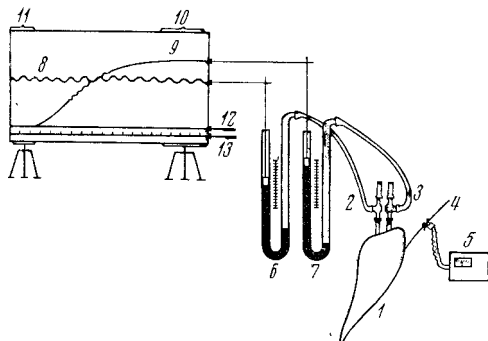
В нашей лаборатории при изучении кровообращения предплечья человека <sup>(4)</sup> и изолированной икроножной мышцы собаки <sup>(5)</sup> установлено наличие взаимосвязи между кровоснабжением и биоэлектрическими, особенно звуковыми и вибрационными колебаниями мышечных волокон, что подтверждает вибрационную гипотезу рабочей гиперемии скелетных мышц, которая осуществляется не только при динамической, но и статической их деятельности.

При новом объяснении рабочей гиперемии с точки зрения вибрационного механизма возник ряд вопросов о его месте и значении среди других механизмов и гипотез. Для их разрешения были проведены 7 серий исследований на изолированной икроножной мышце собаки с сохранением нервных и сосудистых связей с организмом и различным пережатием сосудов.

В 1-й серии с сохраненным артериальным притоком при пережатии бедренной вены покоящейся мышцы выше канюли ртутного манометра повышение застойного венозного давления должно было достигнуть уровня максимального артериального по закону сообщающихся сосудов, но оно не достигало этого уровня, по-видимому, в силу периферического сопротивления мышечных сосудов току крови.

При раздражении мышцы прямым или косвенным методом прямоугольными электрическими импульсами с различной частотой от 1 до 100 гц, силой тока от 2—3 до 10 в и длительностью импульсов от 0,1 до 300 мсек. застойное венозное давление стремительно возрастало (рис. 1, 9), достоверно превышая максимальное артериальное давление (рис. 1, 8), развиваемое сердцем. Следовательно, усиление кровоснабжения совершается не только благодаря расширению просвета сосудов, т. е. «пассивно»

Рис. 1. Графическая регистрация артериального и венозного давлений в сосудах изолированной икроположной мышцы собаки. 1 — икроположная мышца, 2 — бедренная артерия, 3 — бедренная вена, 4 — седалищный нерв, 5 — электроимпульсатор, 6, 7 — ртутные манометры, 8 — кимограмма артериального давления, 9 — кимограмма венозного давления при пережатии вены сокращающейся мышцы, 10, 11 — кимограф с приставкой, 12 — отметчик нулевой линии, 13 — отметчик времени



с точки зрения рабочей гиперемии, но и вследствие активной внутриорганный насосной функции скелетных мышц.

Во 2-й серии при одновременном пережатии обоих сосудов и сокращении мышц артериальное давление резко падало вплоть до нуля, а венозное повышалось до 70—100 мм рт. ст. Активная внутриорганный насосная функция проявлялась при отсутствии сил *vis a tergo*, которые имели место в первой серии.

В 3-й (при пережатии только вены) и 4-й (при пережатии обоих сосудов) сериях исследований и замене электростимуляции прямым ручным массажем мышцы все описанные в 1-й и 2-й сериях явления были выражены в еще большей степени, а именно венозное давление выросло до 260—300 и более, а артериальное падало до нуля и даже становилось отрицательным до 5—10 мм рт. ст. Это указывает на наличие не только нагнетательной, но и присасывающей функции работающих скелетных мышц.

В 5-й серии при ретроградном кровотоке путем соединения артерии с веной, а вены с артерией Т-образными стеклянными канюлями кровоток, вероятно в зависимости от венозных клапанов, приостанавливался. Следовательно, внутриорганный насосная функция осуществляется однонаправленно, чему способствуют венозные клапаны.

В 6-й (при электростимуляции) и в 7-й (при прямом ручном массаже мышцы) сериях исследований с замкнутым искусственным кругом кровообращения (рис. 2) сокращающаяся скелетная мышца оказалась способной самостоятельно обеспечивать однонаправленную циркуляцию жидкости, проявляя функцию самостоятельного «периферического сердца». Количественная характеристика циркуляторной способности скелетной мышцы требует отдельного рассмотрения.

Обнаруженное нами явление внутриорганный насосной функции скелетных мышц не уподобляется общеизвестной внутриорганный насосной функции скелетных мышц или «венозной помпе» потому, что оно представляет собой самостоятельный механизм кровообращения и имеет следующие отличительные особенности (рис. 3).

«Венозная помпа» функционирует в основном на межорганном уровне в крупных венах, имеющих клапаны и расположенных между мышцами или под ними. «Венозная помпа» понижает венозное давление, действуя против гидростатического фактора при мышечной динамической работе в вертикальном положении организма.

«Внутримышечное периферическое сердце» функционирует на внутри-органном уровне при любых положениях работающего организма как при динамической работе, так и при статических напряжениях. «Внутримышечное периферическое сердце» действует в области прекапилляров, капилляров, венул и вен, заключенных внутри мышцы, повышая венозное давление и активно перекачивая кровь из артерий через капилляры в вены.

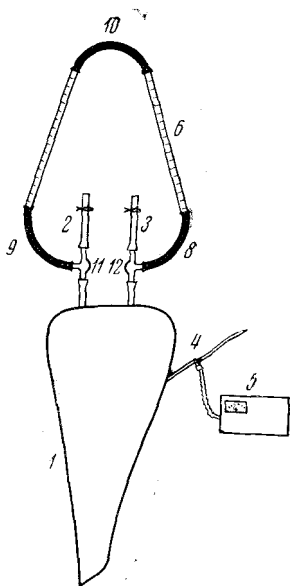


Рис. 2

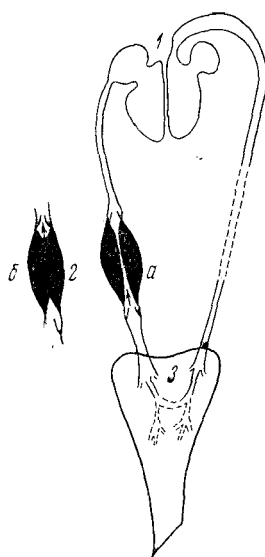


Рис. 3

Рис. 2. Схема замкнутого круга кровообращения, искусственно созданного для сокращающейся икроножной мышцы собаки. 1 — икроножная мышца, 2 — бедренная артерия, 3 — бедренная вена, 4 — седалищный нерв, 5 — электроимпульсатор, 6, 7 — стеклянные градуированные трубки, 8, 9, 10 — полиэтиленовые трубки, 11, 12 — Т-образные стеклянные капюли

Рис. 3. Схема гемодинамических насосов в организме. 1 — сердце; 2 — «венозная помпа»; а — мышцы в покое, б — сокращение мышц; 3 — «внутримышечное периферическое сердце»

Таким образом, сердце можно рассматривать как первый уровень нагнетательной системы кровообращения, «внутримышечное периферическое сердце» — как второй и «венозную помпу» — как третий уровень.

На основании полученных данных можно прийти к заключению, что представления М. В. Яновского<sup>(8)</sup> о существовании «периферического сердца», хотя и не подтвердившиеся по отношению к артериям, оказались плодотворными. «Периферическое сердце» существует, но оно заключено не в артериях, а во внутримышечном механизме, детальная характеристика которого требует дальнейшей разработки.

Сектор геронтологии  
Академии наук БССР  
Минск

Поступило  
16 X 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. И. Ариичин, Тез. докл. II научн. сессии Гродненского мед. инст., Гродно, 1960. <sup>2</sup> Н. И. Ариичин, Матер. к симпозиуму по вопросам регуляции кровообращения, Ростов-на-Дону, 1, 1968, стр. 21. <sup>3</sup> Н. И. Ариичин, Матер. III съезда Белорусского физиологич. общ. им. И. П. Павлова, Минск, 1970. <sup>4</sup> А. С. Ермолова, Тез. докл. I Белорусск. конфер. геронтологов и гериатров, Минск, 1971. <sup>5</sup> Л. В. Наймитенко, Тез. докл. I научной сессии по итогам 1969 г., Минск, 1970. <sup>6</sup> Л. Р. Манвелян, Исследования механизмов рабочей гиперемии скелетной мышцы. Автореф. кандидатской диссертации, М., 1968. <sup>7</sup> В. М. Хаютин, XI съезд Всесоюз. физиол. общ. им. И. П. Павлова, 1, Л., 1970, стр. 264. <sup>8</sup> М. В. Яновский, Научная медицина, № 10, 121 (1922). <sup>9</sup> W. Braune, Das Venensystem des menschlichen Körpers, 1, Die Oberschenkelvene des Menschen in anatomischer und klinischer Beziehung, Leipzig, 1873. <sup>10</sup> W. H. Gaskell, J. Physiol., 3, 48 (1880—1882). <sup>11</sup> W. Harvey, Exercitation anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus, Brancofurti, 1628. <sup>12</sup> J. V. Nicham et al., Am. Heart J., 37, 1017 (1949). <sup>13</sup> A. V. Hill, J. Physiol., 107, 518 (1948). <sup>14</sup> Hooker, Am. J. Physiol., 28, 54, 235 (1914). <sup>15</sup> I. C. Hojensgard et al., Acta physiol. scand., 27, 49 (1952). <sup>16</sup> H. Mazella, Arch. ind. Physiol., 3, 334 (1954). <sup>17</sup> S. Mellander et al., Angiologica, 4, 310 (1967). <sup>18</sup> A. A. Pollack et al., J. Clin. Invest., 28, 559 (1949). <sup>19</sup> C. S. Roy, J. G. Brown, J. Physiol., 2, 323 (1879). <sup>20</sup> O. Sylvest, N. Hvid, Acta rheum. scand., 5, 216 (1959). <sup>21</sup> A. J. Walker et al., Clin. Sci., 9, 101 (1950).