

С. Г. Казьмин, С. И. Киришук

НЕИНВАЗИВНАЯ ОЦЕНКА КОНЕЧНОСИСТОЛИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В ЛЕВОМ ЖЕЛУДОЧКЕ

Знание текущих значений конечносиастолического давления (*ESP*) в левом желудочке необходимо для оценки функции сердечной мышцы методом построения конечносистолических зависимостей объем — давление левого желудочка [7]. Хотя высокая информативность этого метода показана многими экспериментальными исследованиями [7, 1, 2 и др.], его практическое использование затрудняется рядом факторов [7, 2]. Одним из них является необходимость регистрации давления в полости левого желудочка или давления в аорте, прямое измерение которых не всегда возможно. Поэтому практический интерес могут представлять попытки косвенной оценки *ESP* левого желудочка по показателям, получаемым неинвазивно. В единственной работе такого рода [6] предлагается уравнение, связывающее *ESP*, определяемое как давление закрытия аортальных клапанов, с измеряемым методом Короткова систолическим давлением в плечевой артерии. Однако эти исследования [6] проведены на людях в состоянии покоя, т. е. при узком диапазоне вариаций артериального давления. Нет данных, позволяющих полагать, что такой метод оценки конечносиастолического давления в левом желудочке пригоден также для ситуаций, сопряженных со значительными изменениями насосной функции сердца и артериального давления.

Основываясь на отсутствии существенных различий между величинами давления в аорте и плечевой артерии [4], мы провели исследование характера связи *ESP* левого желудочка с диастолическим и систолическим значениями аортального давления, а также с частотой сердечных сокращений в широком диапазоне их вариаций.

Методика

Для исследований были использованы результаты опытов на 16 собаках массой 15—20 кг, наркотизированных хлоралозой (0,08 г/кг) и уретаном (0,36 г/кг), у которых изменения функции левого желудочка и аортального давления происходили вследствие внутривенных инфузий допамина (10—40 мкг/кг·мин) и изадрина (0,1—0,4 мкг/кг·мин), вливаний полиглюкина (100—200 мл), кровопускания (100—200 мл), а также тампонады сердца, моделируемой введением физиологического раствора в полость перикарда через предварительно имплантированный катетер. Давление в аорте регистрировали с помощью электроманометров типа EMT-35 и самописца «Mingograf-34» фирмы «Elema — Schönander» (Швеция). Катетерно-манометрическая система имела линейную характеристику до 40 Гц. По записи аортального давления при скорости движения ленты 500 мм/с измеряли его систолические (*SP*) и диастолические (*DP*), значения, а также давление закрытия аортальных клапанов, равное *ESP* в левом желудочке, если считать закрытие аортальных клапанов концом систолы. Для машинного анализа использовались результаты 177 измерений *ESP*, *SP*, *DP* и частоты сердечных сокращений в широком диапазоне их изменений (таблица).

На ЭВМ М-4030 с помощью стандартных программ определяли коэффициенты линейной и нелинейной (квадратичной) функций, аппроксимирующих полученную в эксперименте зависимость *ESP* от *SP* и *DP*. Значимость коэффициентов аппроксимации определяли по критерию Стьюдента, незначимые коэффициенты отбрасывали.

Прежде всего, как и в работе [6], определили характер линейной связи между ESP и SP :

$$ESP = a \cdot SP + b. \quad (1)$$

Коэффициенты a и b в наших исследованиях оказались равными 0,935 и $-10,43$ соответственно ($r=0,956$), в отличие от описанных [6], где они составляли 0,889 и 8,119 ($r=0,97$). Основной причиной отличия наших данных, вероятно, является более широкая вариация исследуемых параметров. Обращает на себя внимание и то, что величина стандартной ошибки аппроксимации такого вида в наших опытах весьма значительна — 10,5 мм рт. ст. Все это позволяет заключить, что линейная зависимость ESP от SP , предложенная [6], не может считаться корректной в широком диапазоне изменения артериального давления.

Характеристики исходных экспериментальных данных

Измеряемый показатель	Максимальные значения	Минимальные значения	Статистический показатель	
			$M \pm m$	
Систолическое аортальное давление, мм рт. ст. (гПа)	207 (275)	47 (63)	123,4 (164,1)	35,1 (46,7)
Диастолическое аортальное давление мм рт. ст. (гПа)	165 (219)	16 (21)	86,1 (114,5)	32,6 (43,4)
Пульсовое аортальное давление, мм рт. ст. (гПа)	100 (133)	14 (19)	37,9 (50,4)	16,1 (21,4)
Давление закрытия аортальных клапанов, мм рт. ст. (гПа)	185 (246)	26 (35)	105,1 (139,8)	34,4 (45,8)
Частота сердечных сокращений, мин ⁻¹	276	72	177,0	33,5

Исходя из предположения о значительной роли величины пульсового артериального давления для косвенной оценки ESP в левом желудочке, мы определили также зависимость ESP от SP и DP . Полученная зависимость имела вид:

$$ESP = 0,419 \cdot SP + 0,619 \cdot DP. \quad (2)$$

Для нее коэффициент корреляции r был выше (0,992), а стандартная ошибка аппроксимации существенно меньше (4,5 мм рт. ст.), чем в случае уравнения (1), что свидетельствует о большей точности этого метода оценки ESP по сравнению с методом, предлагаемым в [6]. Кроме того, предлагаемый нами подход косвенной оценки ESP меньше зависит от погрешностей измерения артериального давления методом Короткова. Известно, что этот метод дает заниженные величины SP и завышенные величины DP приблизительно на одну и ту же величину (-10 и $+8$ мм рт. ст. соответственно) [5,4 и др.]. Такого рода систематические ошибки метода Короткова мало влияют на определение ESP предлагаемым методом, так как, судя по уравнению (2), ESP приблизительно равно полусумме SP и DP . Подсчитанная нами ошибка в определении ESP по формуле (2), связанная с неточностью метода Короткова, приблизительно равна 1 %. Учитывая величину стандартной ошибки аппроксимации, суммарная ошибка определения ESP по формуле (2) составляет около 5 %. Интересно, что точность определения ESP не увеличивается при переходе к нелинейной (квадратичной) аппроксимации его зависимости от SP и DP с учетом частоты сердечных

сокращений (HR). Уравнение такого типа в наших исследованиях имело вид:

$$ESP = -8,7 + 0,53SP + 0,7DP + 0,0008DP \cdot HR - 0,0004SP^2 + \\ + 0,0002HR^2. \quad (3)$$

Стандартная ошибка такой аппроксимации составляла 4,1 мм рт. ст., т. е. практически равная ошибке уравнения (2). Ошибка определения ESP по формуле (3), связанная с неточностью метода Короткова, составляет около 1 % при нормальных значениях входящих в уравнение параметров ($SP=120$ мм рт. ст., $DP=70$ мм рт. ст., $HR=70$ мин⁻¹), и около 3 % при крайних значениях. С учетом стандартного отклонения экспериментальных точек от значений ESP , полученных из аппроксимирующего уравнения (3), суммарная ошибка определения ESP составляет около 5 % в норме и около 8 % в экстремальных ситуациях. Важно отметить, что нелинейные члены уравнения (3), вносят малый вклад (меньше ошибки аппроксимации) в величину ESP , и поэтому их можно отбросить без существенного уменьшения точности метода. Особенно мал вклад членов, содержащих частоту сердечных сокращений. Расчеты показали, что только при частоте сердечных сокращений более 150 мин⁻¹ их вклад в величину ESP начинает превышать стандартную ошибку аппроксимации.

Таким образом, в широком диапазоне изменений систолического и диастолического значений артериального давления и частоты сердечных сокращений простое линейное уравнение (2) является достаточно корректным для неинвазивной оценки конечносистолического давления в левом желудочке.

1. Казьмин С. Г. Оценка функции сердца по конечносистолической зависимости объем — давление левого желудочка // Физиол. журн.,— 1985.—31, № 1.— С. 88—93.
2. Мойбенко А. А., Казьмин С. Г., Сагач В. Ф. Сократимость и сократительная активность миокарда // Там же.— 1984.—30, № 3.— С. 333—345.
3. Harrison E. G., Roth G. M., Hines E. A. Bilateral indirect and direct arterial pressure // Circulation.— 1960.—22, N 3.— P. 419—436.
4. Holland W. W. Measurement of blood-pressure: comparison of intra-arterial and cuff values // Brit. Med. J.— 1964.—2, N 6003.—P. 1241—1243.
5. Hunyouz S. N. Comparison of performance of various sphygmomanometers with intra-arterial blood-pressure readings // Ibid.— 1978.— N 6131.— P. 159—162.
6. Reichek N., Wilson J., Sutton M., Plappert T. et al. Noninvasive determination of left ventricular end-systolic stress: validation of the method and initial application // Circulation.— 1982.—65, N 1.— P. 99—108.
7. Sagawa K. The end-systolic pressure-volume relations of the ventricle: definition, modifications and clinical use // Ibid.— 1981.—63, N 6.— P. 1227—1233.

Ин-т физиологии им. А. А. Богомольца
АН УССР, Киев

Поступила 20 02.85