

Академик АН УССР Н. М. АМОСОВ, Б. Т. АГАПОВ, Ю. В. ПАНИЧКИН

ИССЛЕДОВАНИЕ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ МИОКАРДА МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ КООРДИНАТ

Анализ статических и динамических режимов работы сердца в различных условиях опыта свидетельствует о том, что действие факторов любой природы (гемодинамических, нервных или гуморальных) проявляется в изменении наиболее важных переменных желудочка: объема $V(t)$, давления $P(t)$, скорости изменения объема $dV(t)/dt$ и скорости изменения давления $dP(t)/dt$. Можно предположить, что данные переменные характеризуют поведение желудочка в некотором пространстве с координатами $\{V(t); P(t); dV(t)/dt; dP(t)/dt\}$. По аналогии с механикой их можно назвать фазовыми координатами, а траекторию поведения желудочка — фазовой траекторией. Каждый цикл сокращения сердца имеет свою фазовую траекторию — движение точки с координатами $\{V; P; dV/dt; dP/dt\}$. Установившийся (статический) режим имеет циклическую повторяющуюся траекторию (графическое изображение которой часто называют «фазовым портретом»). Изменение условий работы вызывает переходный процесс, в котором цикл сокращения имеет свою, отличную от других, фазовую траекторию. Это обстоятельство дает возможность изучать влияние внешних возмущающих факторов на процесс сокращения желудочка, а фазовую траекторию рассматривать как способ формального представления сократительной функции миокарда желудочка.

Для анализа внутрисердечной гемодинамики мы использовали проекцию фазовой траектории процесса сокращения желудочка на плоскость давление — скорость изменения давления $\{P, dP/dt\}$. Вид этой проекции представлен на рис. 1. Данный контур строится путем нанесения по осям координат взаимосвязанных значений давления и скорости его изменения. (Его можно получить и на экране векторкардиоскопа, подав на горизонтально отклоняющие пластины величину $P(t)$, а на вертикально отклоняющие — величину $dP(t)/dt$).

Моменты открытия и закрытия митрального и аортального клапанов, определенные общепринятыми методами фазового анализа сердечного цикла, делят этот контур на участки, соответствующие определенным фазам сердечного цикла. Небольшая петля перед точкой A характеризует деятельность предсердия. Отметчиком времени нанесены метки (темные кружки) через каждые 0,02 сек. По величине интервалов между этими точками можно судить и об изменении активности миокарда. Она высшая в момент изометрической фазы и фазы максимального изгнания крови из желудочка. «Медленные» участки этого контура соответствуют переходу мышцы от активного состояния к расслаблению (интервал $C - D$) и диастоле $E - A$.

Нами были построены фазовые портреты сокращения сердца в условиях меняющегося артериального давления, изменения притока крови, в случае возникновения «активной» диастолы, действия адреналина, а также прессорного и депрессорного рефлексов. Во всех этих случаях изменения контуров наглядно демонстрируют перестройку сократительного процесса, изменение «силовых» и «скоростных» свойств сократительных и упругих элементов миокарда как во время систолы, так и диастолы.

Другая возможность этого метода заключается в его использовании для оценки сократимости миокарда при наличии патологических нарушений и дифференциального диагноза пороков сердца. Как известно, состояние несократимых элементов сердца и, в первую очередь, клапанов существенно влияет на внутрисердечную гемодинамику, что несомненно должно отразиться на контуре фазового портрета. Исследования на больных, проведенные параллельно с ангиокардиографией, подтверждают это предположение.

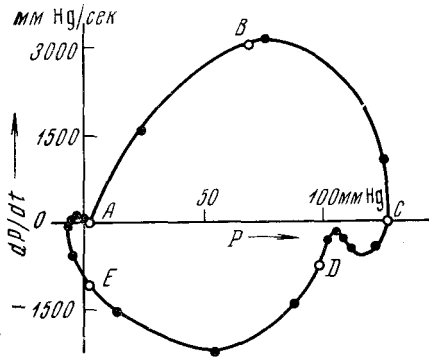


Рис. 1

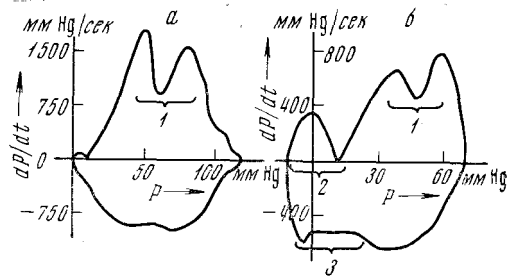


Рис. 2

Рис. 1. Фазовый портрет цикла сокращения левого желудочка. *A* — момент закрытия митрального клапана, *B* — открытие аортального клапана, *C* — *D* переход мышцы от активного состояния к расслаблению, *D* — закрытие аортального клапана, *E* — открытие митрального клапана

Рис. 2. Фазовые «портреты» сокращения сердца при патологии. *a* — левый желудочек: *1* — митральная недостаточность; *б* — правый желудочек: *1* — комбинированный порок трикуспидального клапана (преобладающий стеноз и недостаточность), *2* — компенсаторная активность предсердия, *3* — активное расслабление

Определенный вид сердечного заболевания отражается на контуре фазового портрета сокращения сердца присущим только ему способом (различного вида инцизуры, петли, изгибы и т. п.). Так, на всех фазовых портретах сокращения желудочка сердца при наличии митральной или трикуспидальной недостаточности мы зафиксировали падение скорости $dP(t)/dt$ и наличие инцизуры на вершине контура фазового портрета (рис. 2*a*).

Своими фазовыми портретами характеризуется внутрисердечная гемодинамика при аортальной недостаточности, тетраде Фалло и других пороках. Сложный комбинированный порок отражается большим числом изменений контура, каждое из которых сохраняет «принадлежность» своему пороку. На рис. 2*б* приведен фазовый портрет сокращения сердца при наличии комбинированного порока трикуспидального клапана (преобладающий стеноз и небольшая недостаточность). Наличие недостаточности отражено инцисурой на вершине контура (ср. с рис. 2*a*). Компенсация стеноза наглядно выражена возникновением «активной» диастолы желудочка и увеличением деятельности предсердия.

Проведенные исследования позволяют надеяться, что в случае дальнейшей успешной апробации этого метода на большом числе пороков, он может быть использован для дифференциального диагноза заболеваний сердца в тех клиниках, где отработаны методики зондирования полостей сердца. Преимущества этого метода заключаются в том, что он не требует дорогой рентгеновской аппаратуры для скоростной съемки и введения в кровь рентгеноконтрастных веществ, в больших дозах вредных для организма больного и подчас грозящих тяжелыми осложнениями.

Итак, предполагается новый метод формального представления сократительной функции миокарда с помощью фазовых координат: объема желудочка V , давления P и скоростей их изменения dV/dt и dP/dt .

Графическое изображение динамики сокращения сердца с помощью фазовых портретов является весьма наглядным способом анализа реакции сердца на изменяющиеся гемодинамические условия работы и действие нервных и гуморальных факторов. В случае имеющихся патологических нарушений по виду фазового портрета можно судить о предполагаемой причине заболевания сердца.

Киевский научно-исследовательский
институт туберкулеза и грудной хирургии

Поступило
19 VIII 1971