

**ЗУБЕЦ U ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ — «СОБСТВЕННАЯ»
ДИАСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ**

Завьялов А. И.

В настоящее время электрокардиография получила наибольшее распространение как метод исследования сердечной деятельности. Несмотря на разнообразие подходов, положенных в основу изучения работы сердца, еще нет единого мнения о фазовой структуре сердечного цикла и соответствия элементов ЭКГ фазам сердечной деятельности. В силу того, что на электрокардиограмме (ЭКГ) наиболее ярко отражены систолические процессы предсердий и желудочков, они наиболее полно изучены и применяются при анализе динамики сердечного сокращения и диагностике состояния сердца [1]. Использование общепринятых методик для исследования, например, фазы диастолы желудочков у человека очень затруднительно [2]. Видимо, в силу вышеизложенных обстоятельств, так называемая диастолическая часть сердечного цикла и, в частности, зубец U ЭКГ оказались мало изученными.

По мнению некоторых авторов этот зубец встречается от 10 до 48% случаев [3, 4], однако результаты изучения крупномасштабной ЭКГ при усилении 1 мВ=50 мм) показали, что зубец U — постоянный элемент ЭКГ [5]. Существуют различные точки зрения на генезис зубца (волны) U . Одни авторы считают, что он отражает следовые потенциалы в начале диастолы [6, 7]. Ряд исследователей полагают, что генезис зубца U обусловлен развитием электрической негетомогенности миокарда в результате неравномерного растяжения отдельных его участков [8]. Имеются данные о том, что происхождение зубца U связано с процессом реполяризации папиллярных мышц [9], волокон Пуркинье [10] или с запаздыванием этого процесса в отдельных участках межжелудочковой перегородки [11]. Таким образом, происхождение зубца U еще окончательно не установлено, однако в связи с тем, что изменения конечной части желудочкового комплекса наиболее рано и чутко отражают биохимические сдвиги миокарда, изучение зубца U представляет теоретический и практически интерес [5].

В связи с этим мы предприняли попытку на основе анализа гемодинамической эффективности сердечного сокращения определить соответствие элементов ЭКГ фазе диастолы.

МЕТОДИКА

В основу изучения диастолической части ЭКГ был положен принцип, основанный на том, что, если нормальный сердечный цикл будет прерван экстрасистолой, то при внеочередном (экстрасистолическом) сокращении желудочков сердце выбросит только то количество крови, которое накопилось к данному моменту в полостях желудочков после предыдущего сокращения.

С целью выявления людей с экстрасистолической аритмией было проведено электрокардиографическое обследование 7013 человек в возрасте от 10 до 40 лет. Регистрацию ЭКГ осуществляли радиотелеметрической системой «Спорт-4» и электрокардиографами ЭКПСЧТ-4 и ЗК14Т-04 «Малыш».

Было выявлено 32 человека с политопной экстрасистолической аритмией и наличием зубца U на ЭКГ, у которых клиническое обследование не выявило патологии сосудов. Их исследовали с помощью разработанного автоматизированного комплекса устройств сбора и обработки

информации [12], позволяющего регистрировать одновременно ЭКГ, сейсмокардиосигнал (СК.С), фотоплетизмосигнал фаланги пальца (ФПС) и артериальное давление. Усиленные сигналы в блоке аналогового выделения анализировались и выделялись по восьми амплитудным и временным параметрам. Выделенные характеристики ЭКГ, СКС и ФПС измерялись и регистрировались в реальном масштабе времени по каждому сокращению. Цифровой код от аналого-цифрового преобразователя поступал на блок индикации и ленточный перфоратор. Перфоленгу вводили в ЭВМ ЕС для математической обработки.

Для графической оценки гемодинамики мы выбрали ФПС, так как фотоплетизмография позволяет динамически измерять параметры периферического кровообращения и имеет высокую чувствительность, линейность измерения, портативность и простоту записи. Фотодатчик не вызывает сдавления сосудов конечности, т. е. не вносит нарушения кровообращения, и является истинным регистратором объема [13].

Физическая нагрузка способствует увеличению амплитуды зубца U [3, 14] и учащению экстрасистол [7]. Поэтому испытуемым после предварительных исследований в покое предлагали умеренную беговую нагрузку, после которой проводили повторное исследование.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ полученных данных показал, что у всех 32 испытуемых кровенаполнение фаланги пальца в экотрасистолических комплексах зависит от места возникновения экстрасистолы на ЭКГ. Экстрасистолы, возникавшие до зубца U были гемодинамически неэффективны: на протяжении зубца U происходило увеличение волны ФПС, на интервале $U—P$ волна ФПС не изменялась вплоть до начала зубца P и к окончанию зубца P она достигала максимальной величины.

На рис. 1 *а, б* представлена ЭКГ одного из пациентов. При экстрасистоле (поз. 1), возникшей после зубца T до появления зубца U , величина ФПС практически равна нулю. Это говорит о том, что в по-

936

лость левого желудочка не поступило еще количество крови, которое сердце способно выбросить, т. е. диастолическая фаза не наступила. Экстрасистола, возникшая в средней части зубца U (поз. 3) оказалась гемодинамически эффективной, однако эффективность ее мала. Отсюда следует, что диастолическая фаза сердца только началась и часть крови при диастолической фазе поступила в полость левого желудочка. Экстрасистола, возникшая в конце зубца U (поз. 2) имела уже довольно высокую гемодинамическую эффективность. Здесь практически не хватает только предсердной порции крови. Экстрасистола, возникшая в конце систолы предсердий, по гемодинамической эффективности почти не отличается от нормальной систолы (рис. 1, 6).

Более полное представление о соответствии фазы диастолы элементам ЭКГ может дать рис. 2. Трем нормальным комплексам R_s ЭКГ соответствуют равные волны ФПС, и площадь одной из них, отражающая объем поступившей крови в фалангу пальца во время систолы, принята за 100% (рис. 2, I). При экотрасистоле, возникшей сразу после зубца T до появления зубца U , на три сердечных сокращения зафиксировано только две пульсовые волны. Следовательно, полость левого желудочка не наполнилась «диастолической» кровью и экстрасистола оказалась «холостой» (рис. 2, II) (отсутствуют заштрихованные элементы, как на ЭКГ, так и на ФПС). На рис. 2, III отмечена начальная (заштрихованная) часть зубца U и появление при экстрасистоле небольшой ($30 \pm 12\%$ от нормы) пульсовой волны. Гемодинамическая эффективность экстрасистол, возникающих сразу после окончания зубца U (рис. 2, IV), оказалась довольно высокой ($85 \pm 9\%$). Появление экстрасистол на интервале $U—P$ (рис. 2, V), т. е. спустя некоторое время после окончания зубца U , $n < u$ раньше появления зубца P , не изменяло величину пульсовой волны ($85 \pm 7\%$).

Возникновение желудочковых экстрасистол в конце зубца *P* (рис. 2, VI) вызывало $100 \pm 12\%$ гемодинамическую эффективность.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты настоящего исследования позволяют сделать заключение о том, что желудочки наполнялись в два этапа, первый из которых соответствовал зубцу *U* на ЭКГ — «собственной» диастоле желудочков, а второй — зубцу *P* — систоле предсердий.

937

Таким образом, основное («собственное») наполнение желудочков происходило в короткий промежуток времени — на протяжении зубца *U*. Такое быстрое наполнение не может осуществляться «пассивно». Должен быть механизм, обеспечивающий активный процесс наполнения полостей сердца. Такой механизм описан в работе [15]. После завершения процесса реполяризации клетки миокарда оказываются в состоянии физиологического покоя, о чем свидетельствует появление изолинии после зубца *T*. Быстрое растяжение миокарда упруго деформированными частями грудной полости, к которым крепится сердце [16], вызывает появление тока самоиндукции, который и регистрируется на электрокардиограмме в виде зубца *U*, т. е. зубец *U* имеет электромагнитную природу. На возникновение зубца *U* вследствие растяжения миокарда имеются указания и других авторов [8].

Если представить каждый сократительный элемент миокарда в виде электромагнитов, из которых внешней силой вытягивается сердечник, то величина тока самоиндукции будет зависеть от скорости (скорость зависит от силы) перемещения сердечников и количества магнитов. Электромагнитная природа зубца *U* хорошо подтверждается увеличением его, например, при гипертрофии миокарда (увеличение сократительных единиц), после физической работы (увеличение сердечного выброса, а следовательно, и мощности наполнения) и др. [3].

ВЫВОДЫ

1. Установлено неизвестное ранее значение зубца *U* ЭКГ, который соответствует быстрому кровенаполнению желудочков сердца.
2. «Собственная» диастола желудочков короткая, длится на протяжении зубца *U* ЭКГ и является активной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куршаков Н. А., Прессман Л. П. Кровообращение в норме и патологии. М.: Медицина, 1969, с. 13.
2. Аринчин Н. И., Сенько Ф. Н. Фазы и периоды сердечного цикла. Минск.: Наука и техника, 1970, 145 с.
3. Дехтярь Г. Я. Электрокардиографическая диагностика. М.: Медицина, 1972, 416 с.
4. Фогельсон Л. И. Клиническая электрокардиография. М.: Медгиз, 1957, 459 с.
5. Янушкевичус З. И., Чирейкин Л. В., Праневичюс А. А. Дополнительно усиленная электрокардиограмма. Л.: Медицина, 1982, 184 с.
6. Lepeschkin E. The U wave of the electrocardiogram.—Mod. Cone. Cardiovasc, 1969, v. 38, № 8, p. 39.
7. Вартак Д. Интерпретация электрокардиограммы. М.: Медицина, 1978, с. ПО.
8. Ferrero C, Doret I. Interpretation hemodynamique de l'onde U de l'electrocardiogramme.—Cardiologia, 1954, v. 25, № 3, p. 112.
9. Furbetta D., Bufalari A., Santucci F. Precisazioni e limiti delle caratteristiche elettro-

cardiografiche dell'onda U. in condizioni normali.—Folia Cardiol., 1955, v. 14, № 4, p. 339.

10. *Гоффман Б., Крейнфильд П.* Электрофизиология сердца/Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1962, 390 с.

11. *Lenegre I., Carouso O., Chevalier H.* Electrocardiographic clinique.— Р.: Masson, 1954, 810 р.

12. *Гришанович А. П., Завьялов А. И.* Автоматизированный комплекс для сбора и обработки информации о сердечно-сосудистой системе спортсменов.— Теория и практика физ. культуры, 1982, № 5, с. 52.

13. *Мошкевич В. С.* Фотоплетизмография (аппаратура и методы исследования). М.: Медицина, 1970, с. 10.

14. *Сумароков А. В., Михайлов А. А.* Клиническая электрокардиография. М.: Медицина, 1975, 224 с.

15. *Ларин В. В., Лукьянов Е. К.* Функция сердца по данным математического моделирования.— В кн.: Управление и информационные процессы в живой природе. М.: Наука, 1971, с. 237.

16. *Синельников Р. Д.* Атлас анатомии человека. Т. II. М.: Медицина, 1972, с. 260. Белорусский государственный университет им. В. И. Ленина,

Поступила в редакцию

18.11.1983

Минск