

ность паразитоформных клещей в Лунинецком районе, где показана динамика паразитов во взаимосвязи их с изменением численности хозяев на фоне осушительной мелiorации болот. Остальные регионы Белорусского Полесья обследованы еще недостаточно и требуют дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзамасов Т. И., Краевская Л. И.— В кн.: Паразиты животных и растений Белорусского Полесья. Минск, 1972, с. 24.
2. Арзамасов И. Т.— В кн.: Проблемы паразитологии. Киев, 1975, ч. 1, с. 28.
3. Арзамасов И. Т., Меркушева И. В., Чикилевская И. В., Трухан М. Н.— В кн.: Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии. Минск, 1976, с. 208.
4. Арзамасов И. Т.— В кн.: Влияние хозяйственной деятельности человека на беспозвоночных. Минск, 1980, с. 5.
5. Михолап О. Н., Рождественская А. С.— В кн.: Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии. Минск, 1976, с. 117.
6. Нельзина Е. Н., Барков И. П.— Докл. АН СССР. Новая серия, т. 28, № 4, 1951, с. 829.
7. Песецкая Л. Н. Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование: Тез. докл. 2-й итоговой науч. конф. Гомель, 1981, с. 16.
8. Чикилевская И. В., Гембицкий А. С., Краевская Л. И., Балагина Н. С.— В кн.: Влияние хоз. деятельности человека на беспозвоночных. Минск, 1980, с. 197.

Поступила в редакцию
25.11.82.

Кафедра зоологии

УДК 612.172.4

А. И. ЗАВЬЯЛОВ

ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ ЗУБЦА *U* НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ

Для характеристики сердечной деятельности одинаково важны как фазы систолы, т. е. выброса крови из сердца, так и диастолы, т. е. его кровенаполнения. Между этими фазами существует прямая зависимость: выброс должен соответствовать наполнению — это своеобразное отражение закона сохранения энергии. Нарушение одного из этих процессов непременно повлечет за собой нарушение другого.

Электрокардиограмма (ЭКГ) представляет собой в высокой степени закономерную кривую, на которой с завидным постоянством последовательно появляются различные отклонения кривой, называемые зубцами. В силу того, что на ЭКГ наиболее ярко отражены систолические процессы предсердий (зубец *P*) и желудочков (зубцы *Q*, *R*, *S*, *T*), в исследованиях динамики сердечного сокращения и при диагностике состояния сердца наибольшее отражение получили процессы систолы [1]. Несмотря на разнообразие подходов, положенных в основу изучения деятельности сердца, нет единого мнения о фазовой структуре сердечного цикла и соответствия элементов ЭКГ фазам сердечной деятельности. Последнее усугубляется еще и тем, что использование общепринятых методик для исследования, например, фазы диастолы желудочков у человека очень затруднительно [2]. Видимо, в силу изложенных обстоятельств так называемая диастолическая часть сердечного цикла и, в частности, зубец *U* ЭКГ оказались малоизученными, и ни одна из имеющихся в литературе точек зрения о генезисе зубца *U* не может считаться общепризнанной [3—5].

В настоящем исследовании поставлена задача — выявить фазу диастолы сердца и соответствие этой фазы элементам ЭКГ у человека в естественном эксперименте.

В основу изучения диастолического периода положен принцип, основанный на том, что, если нормальный сердечный цикл будет прерван экстрасистолой, то при внеочередном (экстрасистолическом) сокращении желудочков сердце как бы застается «врасплох» и выбросит только то количество крови, которое накопилось к данному моменту в полостях

желудочков после предыдущего сокращения. При этом синхронная регистрация ЭКГ и кровенаполнения какой-либо части тела даст ответ на вопрос о гемодинамической эффективности сердечного сокращения.

Материал и методика

С целью выявления лиц с экстрасистолической аритмией проведено электрокардиографическое обследование 6943 человек в возрасте от 10 до 40 лет, имеющих различную двигательную активность (не занимающиеся физкультурой и спортсмены, имеющие спортивные достижения). Регистрация ЭКГ осуществлялась серийной радиотелеметрической системой «Спорт-4» и электрокардиографами ЭКПСЧТ-4 и ЭКГТ-04 «Малыш».

32 человека с экстрасистолической аритмией, прошедшие клинические обследования для исключения патологии сосудов, исследовались с помощью разработанного и созданного в Белгосуниверситете имени В. И. Ленина автоматизированного комплекса устройств сбора и обработки информации для контроля за состоянием сердечно-сосудистой системы человека, позволяющего регистрировать одновременно ЭКГ, сейсмокардиосигнал (СКС), фотоплетизмосигнал фаланги пальца (ФПС) и артериальное давление [6]. Усиленные сигналы в блоке аналогового выделения анализировались и выделялись по восьми амплитудным и временным параметрам. 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. Перфолента вводилась в ЭВМ ЕС для математической обработки.

Выбор фотоплетизмосигнала для графической оценки гемодинамики не случаен. Фотоплетизмография — динамический метод измерения, который может ответить на вопрос, на сколько изменился тот или иной параметр периферического кровообращения, исходя из абстрактного нулевого уровня, и имеет целый ряд преимуществ: высокую чувствительность, линейность измерения, портативность и простоту записи. Фотодатчик не вызывает сдавливания сосудов конечности, т. е. не нарушает кровообращения, и является истинным регистратором объема [7].

Физическая нагрузка способствует увеличению амплитуды зубца U [4] и учащению экстрасистол [8]. Испытуемым после предварительных исследований в покое предлагалась поэтому умеренная беговая нагрузка, после которой проводилось повторное исследование.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены фрагменты графической регистрации ЭКГ, СКС и ФПС одного из обследованных, у которого на фоне стабильной тахикардии (100 уд./мин) отчетливо виден зубец U и политопные экстрасистолы с различной гемодинамической эффективностью появляются на коротких участках записи.

На рис. 1 зарегистрированы три желудочковые экстрасистолы с различной гемодинамической эффективностью. После первой экстрасистолы (поз. 1), которая возникла после зубца T до появления зубца U , величина ФПС практически равна нулю. Следовательно, в полость левого желудочка не поступило еще то количество крови, которое сердце способно выбросить, т. е. диастолическая фаза не наступила.

Экстрасистола, возникающая в средней части зубца U (см. рис. 1, поз. 3), оказалась гемодинамически эффективной, однако эффективность ее мала. Таким образом, диастолическая фаза сердца только началась, и часть крови при диастолической фазе поступила в полость левого желудочка.

Экстрасистола в конце зубца U (рис. 1, поз. 2) имеет уже довольно высокую эффективность. Здесь практически не хватает только предсердной порции.

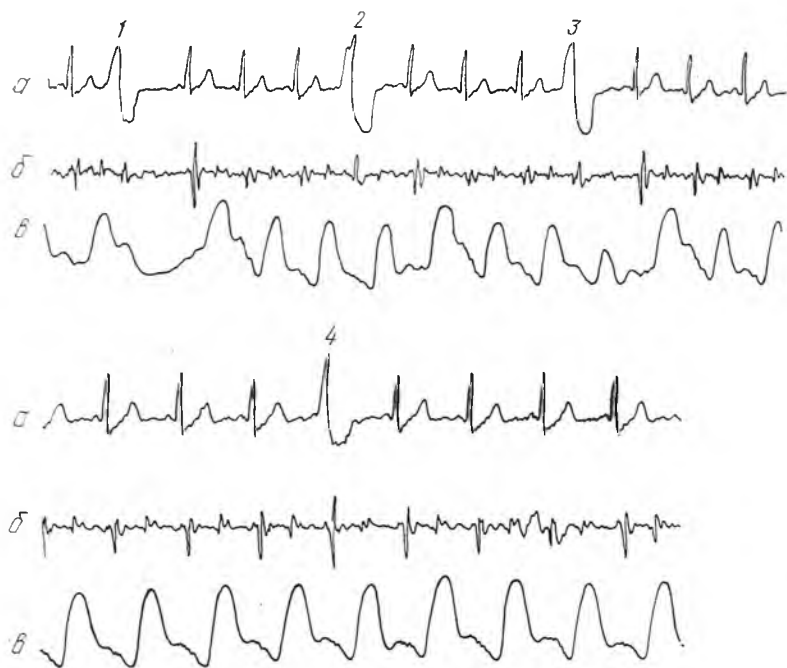


Рис. 1. Фрагменты графической регистрации ЭКГ (а), СКГ (б) и ФПС (в):
1, 2, 3, 4 — экстрасистолы

Экстрасистола в конце систолы предсердий по гемодинамической эффективности почти не отличается от нормальной систолы (рис. 1, поз. 4).

На рис. 2 методом наложения экстрасистолических комплексов ЭКГ на нормальный и соответствующие этим комплексам волны ФПС схематически показана зависимость величины пульсовой волны от времени возникновения экстрасистолы по отношению к зубцу *U*. Ранней экстрасистолы, предшествующей зубцу *U* (поз. 1), соответствует нулевая кривая ФПС (основание заштрихованной волны), экстрасистолы на окончании зубца *U* (поз. 2) — заштрихованная часть волны ФПС и при нормальном сокращении — пунктирные волны ФПС.

Более полное представление о соответствии фазы диастолы элементам ЭКГ может дать рис. 3, на котором демонстрируются фрагменты нормальной ЭКГ с нормальным кровенаполнением (поз. 1) и с экстрасистолическими комплексами, возникающими последовательно сразу

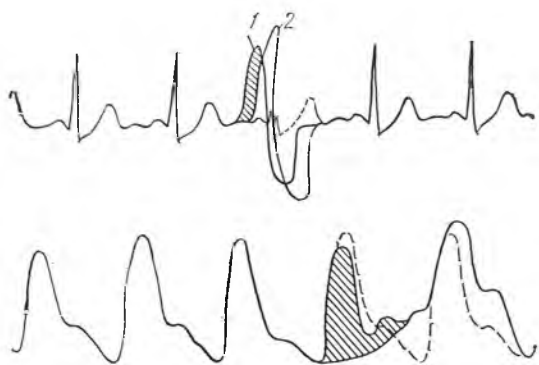


Рис. 2. Схема образования пульсовой волны в связи с зубцом *U* ЭКГ

после зубца *T* (поз. 2), в средней части зубца *U* (поз. 3), сразу после окончания зубца *U* (поз. 4), на интервале *U* — *P* (поз. 5) и сразу после окончания зубца *P* (поз. 6). Заштрихованные части ЭКГ отвечают диастолическим периодам сердечной деятельности, а заштрихованные волны ФПС — выбросу крови левым желудочком при соответствующем сокращении. На шкале слева отмечен процент выброса крови по отношению к нормальному комплексу.

Рассмотрим подробнее рис. 3. На поз. 1 трем нормальным комплексам R_s ЭКГ соответствуют одинаковые волны ФПС, и площадь одной из них, отражающая объем поступившей крови в фалангу пальца во время систолы, принята за 100 %. На поз. 2 экстрасистола возникла 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. На этой позиции отсутствуют заштрихованные элементы как на ЭКГ, так и на ФПС (резидуальный объем, по-видимому, является «неприкосновенным запасом» сердца). На поз. 3 видим начальную заштрихованную часть зубца U и появление небольшой пульсовой волны, равной 30 % нормы. На поз. 4 экстрасистола возникла сразу после окончания зубца U . Гемодинамическая эффективность этой экстрасистолы оказалась довольно высокой (85 %). На поз. 5 появление экстрасистолы на интервале $U - P$, т. е. спустя некоторое время после окончания зубца U , но раньше появления зубца P , не изменило величины пульсовой волны (85 %). И, наконец, на поз. 6 желудочковая экстрасистола возникла в конце зубца P . Здесь присутствуют оба заштрихованных элемента ЭКГ — зубцы U и P , как и на поз. 1. Экстрасистолический комплекс оказался со 100 %-ной эффективностью.

Анализ полученных результатов показал, что экстрасистолы, возникшие до появления зубца U , не дают периферического кровенаполнения, т. е. оказываются холостыми. При экстрасистолах, возникающих последовательно на протяжении зубца U , увеличивается периферическое кровенаполнение вплоть до его окончания. Гемодинамическая эффективность экстрасистол, возникающих в интервале $U - P$ ЭКГ, постоянна. Гемодинамическая эффективность желудочковых экстрасистол, возникших после зубца P , достигает нормальных величин.

Таким образом, можно сделать заключение о том, что желудочки наполняются в два этапа: первый соответствует зубцу U на ЭКГ («собственная» диастола желудочков), а второй — зубцу P (систола предсердий).

В связи с изложенным необходимо обратить внимание на то, что основное («собственное») наполнение желудочков происходит 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. В. Париным и Е. К. Лукьяновым [9]. Сердце, уменьшаясь в ходе сокращения желудочков, подтягивает в краниаль-

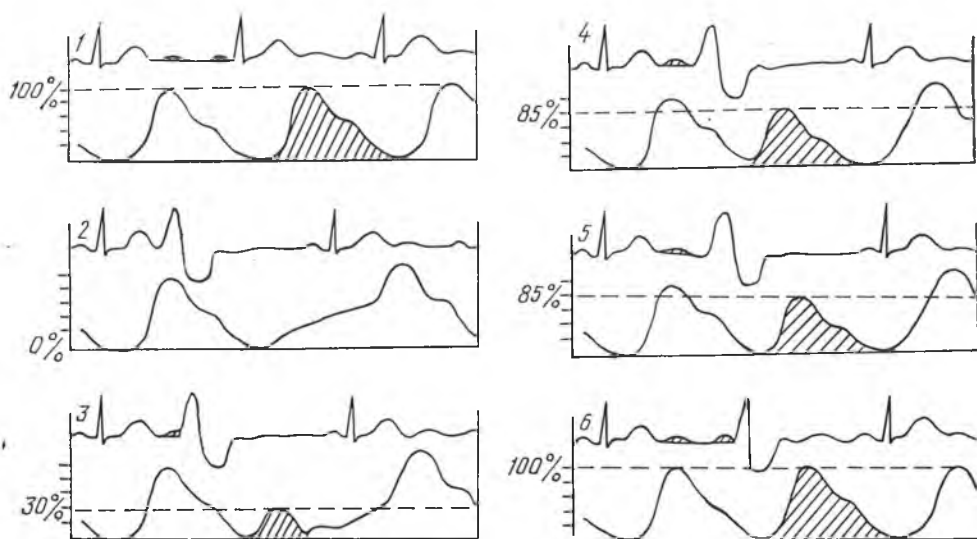


Рис. 3. Схема зависимости величины пульсовой волны от наличия на ЭКГ зубцов U и P

ном направлении часть диафрагмы, которая имеет сращение с перикардом [10]. Обратная деформация диафрагмы происходит лишь после того, как желудочки сердца начнут расслабляться и не будут удерживать ее; диафрагма, как упругий элемент, накопивший энергию, растягивает сердце, обеспечивая быстрое наполнение желудочков.

После завершения процесса реполяризации, клетки миокарда оказываются в состоянии физиологического покоя, о чем свидетельствует появление изолинии (пусть очень короткой) после зубца *T*. Быстрое растягивание миокарда упруго деформированными частями грудной полости, к которым крепится сердце, вызывает появление тока самоиндукции, который и регистрируется на электрокардиограмме в виде зубца *U*, т. е. зубец *U* имеет электромагнитную природу.

Если представить каждый сократительный элемент миокарда в виде электромагнитов, из которых внешней силой вытягивается сердечник, то величина тока самоиндукции будет зависеть от скорости перемещения сердечников и количества магнитов. Электромагнитная природа зубца *U* подтверждается увеличением его, например, с повышением амплитуды *QRS* (увеличение зубцов комплекса *QRS* связано с возрастанием мощности сокращения, а следовательно, и мощности диастолического растяжения миокарда), при гипертрофии миокарда (увеличение сократительных единиц), после физической работы (увеличение сердечного выброса и, таким образом, мощности наполнения) и др. [4].

Выводы

1. Установлено неизвестное ранее значение зубца *U* ЭКГ, соответствующего быстрому кровенаполнению желудочков сердца.

2. Зубец *U* регистрируется на ЭКГ как отражение величины тока самоиндукции при растяжении миокарда упруго деформированными во время сокращения частями грудной полости, с которыми сердце соединено, и имеет электромагнитную природу.

3. «Собственная» диастола желудочков короткая, длится на протяжении зубца *U* ЭКГ и является активной вследствие действия механизма, описанного В. В. Париным и Е. К. Лукьяновым [9].

4. Результаты данного исследования открывают возможность более глубокого исследования малоизученной диастолической фазы сердечной деятельности. Оценка процесса кровенаполнения по зубцу *U* ЭКГ позволит получать более оперативную информацию об этом процессе. Повышается эффективность оценки экстрасистол по ЭКГ. Все это значительно расширяет возможности электрокардиографии — наиболее распространенного метода изучения сердечной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куршаков Н. А., Прессман Л. П. Кровообращение в норме и патологии.— М., 1969, с. 13.
2. Аринчин Н. И., Сенько Ф. Н. Фазы и периоды сердечного цикла.— Минск, 1970, с. 16.
3. Ковалевский М. Е.— В сб.: Некоторые вопросы кардиологии: Микроэлементы. Воронеж, 1967, вып. 2, с. 30.
4. Дехтярь Г. Я. Электрокардиографическая диагностика.— М., 1972, с. 82.
5. Тумановский М. Н. и др. Практическое руководство по электрокардиографии.— Воронеж, 1972, ч. 1, с. 68.
6. Гришанович А. П., Завьялов А. И.— Теория и практика физич. культ., 1982, № 5, с. 52.
7. Мошкевич В. С. Фотоплетизмография (аппаратура и методы исследования).— М., 1970, с. 10.
8. Вартак Ж. Интерпретация электрокардиограммы.— М., 1978, с. 110. (Пер. с англ.).
9. Парин В. В., Лукьянов Е. К.— В кн.: Управление и информационные процессы в живой природе.— М., 1971, с. 237.
10. Синельников Р. Д. Атлас анатомии человека.— М., 1972, т. 2, с. 260.