

## К вопросу С.С. Зимницкого о происхождении гигантского зубца *T* после желудочковой экстрасистолы на электрокардиограмме

Владимир Николаевич Ослопов, Юлиана Сергеевна Мишанина\*

Казанский государственный медицинский университет,  
г. Казань, Россия

### Реферат

Изучение жизни, врачебной и научной деятельности выдающегося отечественного учёного С.С. Зимницкого всегда вызывает и будет вызывать большой интерес. Многогранность его таланта как учёного продолжает поражать. Многие остающиеся актуальными и на сегодняшний день вопросы, которые поднимал С.С. Зимницкий, до конца не решены и в XXI веке. Без ответа остался и известный вопрос, заданный уже тяжело больным С.С. Зимницким другому выдающемуся отечественному учёному, светочу русской физиологической науки — А.Ф. Самойлову. Этот вопрос касался происхождения гигантского положительного зубца *T* в первом после желудочковой экстрасистолы комплексе на электрокардиограмме. Вопрос остался без ответа. Мы полагаем, что это было связано с тем, что к концу 20-х годов XX века (С.С. Зимницкий умер в 1927 г.) ещё не были понятны тонкие механизмы протекания процессов реполяризации в миокарде, как в здоровом, так и в больном. В статье изложена наша оригинальная точка зрения на генез такого зубца *T* у С.С. Зимницкого. Полагаем, что вполне возможна научная дискуссия по этому вопросу. Несомненно, что как сама жизнь, так и творчество С.С. Зимницкого всегда привлекали и будут привлекать внимание как историков медицины, так и практических врачей, и учёных, и пытливых студентов.

**Ключевые слова:** ответ С.С. Зимницкому, субэндокардиальная ишемия миокарда, желудочковая экстрасистола, полная компенсаторная пауза, гигантский положительный зубец *T*.

**Для цитирования:** Ослопов В.Н., Мишанина Ю.С. К вопросу С.С. Зимницкого о происхождении гигантского зубца *T* после желудочковой экстрасистолы на электрокардиограмме. *Казанский мед. ж.* 2020; 101 (4): 617–621. DOI: 10.17816/KMJ2020-617.

### To the question of S.S. Zimnitsky on the origin of the giant *T* wave after ventricular extrasystole on an electrocardiogram

V.N. Oslopov, Yu.S. Mishanina  
Kazan State Medical University, Kazan, Russia

### Abstract

The study of life, medical and scientific activities of the outstanding domestic scientist S.S. Zimnitsky always causes and will cause great interest. The versatility of his talent as a scientist continues to amaze. Many of the issues that remain relevant today raised by S.S. Zimnitsky, not fully resolved in the XXI century. There were no answers to the well-known question asked by the seriously ill S.S. Zimnitsky to another prominent Russian scientist, the beacon of Russian physiological science — A.F. Samoilov. This question concerned the origin of the giant positive *T* wave in the first *QRS* complex after the ventricular extrasystole on the electrocardiogram. The question remained unanswered. We believe that this was because by the end of the 20s of the XX century (S.S. Zimnitsky died in 1927), the delicate mechanisms of repolarization processes were not able to understand, in both healthy and diseased myocardium. The article sets forth our original point of view on the genesis of such a *T* wave in S.S. Zimnitsky. We believe that a scientific discussion on this issue is quite possible. There is no doubt that both life and scientific activities of S.S. Zimnitsky has always attracted and will attract the attention of both medical historians and practical doctors, scientists and inquisitive students.

**Keywords:** answer to S.S. Zimnitsky, subendocardial myocardial ischemia, ventricular extrasystole, full compensatory pause, positive “giant” *T* wave.

**For citation:** Oslopov V.N., Mishanina Yu.S. To the question of S.S. Zimnitsky on the origin of the giant *T* wave after ventricular extrasystole on an electrocardiogram. *Kazan Medical Journal*. 2020; 101 (4): 617–621. DOI: 10.17816/KMJ2020-617.

Семён Семёнович Зимницкий (24.12.1873–10.12.1927) — выдающийся отечественный учёный, получивший мировое признание, создавший направление функциональной диагностики в медицине, сказавший своё весомое слово в нефрологии (проба Зимницкого), гастроэнтерологии, а также в кардиологии, пульмонологии, клинике инфекционных заболеваний, военно-полевой терапии.

20 последних самых творческих лет жизни — с 1907 по 1927 гг. — С.С. Зимницкий работал в Казани, основав Казанский клинический институт (Государственный институт для усовершенствования врачей) и создав кафедру пропедевтики внутренних болезней Казанского университета.

С.С. Зимницкий прожил яркую, но, к сожалению, короткую жизнь, скончавшись в полном расцвете творческих сил 10 декабря 1927 г. в возрасте 54 лет от инфаркта миокарда (тромбоза левой коронарной артерии).

С.С. Зимницкий дважды переносил сыпной тиф, осложнившийся поражением аорты и её клапанов. В 1925 г. он описывал результаты самонаблюдения в статье о грудной жабе [1].

«Я сам перенёс два года тому назад нечто подобное. Вечером после плотного обеда с приятелями и весёлой пирушки у меня сразу появилась сильная боль под лопаткой и в области сердца, сильная слабость и страх смерти. Сердце замирало, ощущались перебои экстрасистолического происхождения (...обычно перебои были через чётное число).

...Шли месяцы, это явление сгладилось, но оставались постоянные ангинозные боли при ходьбе, волнении и даже при покойном состоянии. Надо думать, что у меня произошла неполная закупорка какой-либо веточки левой коронарной артерии, и получилась местная ишемия и недостаточное питание сердечной мышцы, от чего и создалась *claudicatio intermittens cordis* — припадок грудной жабы.

Имеющаяся у меня *inss. v.v. aortae et dilatatio aortae* как следствие и осложнение тяжёлого повторно перенесённого мной сыпного тифа с рядом осложнений (пролежал в постели с 7.X.1919 по 28.V.1920 и ходил на костылях затем ещё около полугода) поддерживают и ночные эти припадки.

...Боли держались долго, целый месяц я был прикован к постели, ощущал сильную сла-

бость, не мог есть, появились сильные отёки на ногах, временами были приступы удушья. Через три месяца я попросил уважаемого профессора А.Ф. Самойлова снять мне электрокардиограмму (ЭКГ)<sup>1</sup>.

...На электрокардиограмме временами ясно выступали желудочковые экстрасистолы (со стороны левого желудочка). Особенно был интересен *T*, он был резко увеличен как в длину, так и в высоту всякий раз после экстрасистолы, в остальное время он не отклонялся от нормы. Причину подобного изменения *T* почтенный кардиолог **объяснить не мог**, так как он сам впервые видел это экстраординарное явление».

Таким образом, вопрос, заданный С.С. Зимницким выдающемуся физиологу А.Ф. Самойлову, звучал следующим образом: «Какова причина появления гигантского положительного зубца *T* после желудочковой экстрасистолы?» [1].

На этот вопрос до сих пор не дан ответ, хотя прошло 93 года со дня смерти С.С. Зимницкого.

Мы неоднократно на Всероссийских конгрессах и конференциях, посвящённых памяти С.С. Зимницкого, с трибуны пленарных заседаний обращались к переполненному коллегам залу с предложением ответить на этот вопрос С.С. Зимницкого, но ответа не получали.

В 1909 г. А.Ф. Самойлов пишет монографию «Электрокардиограмма» на немецком языке

<sup>1</sup> Попутно отметим, что сам С.С. Зимницкий равнодушно относился к электрокардиографии. Его ученик, известный в Казани и России кардиолог, профессор Л.М. Рахлин в своих воспоминаниях «Мои учителя» (рукопись) писал: «Следя за литературой, С.С. не торопился использовать то, что там предлагалось. На лекциях он очень редко сообщал рентгеновские данные, а ЭКГ не упоминал ни разу. Он как бы в своей работе не нуждался в данных этих методов, ему было достаточно того, что он и так умел. Когда профессор П.Н. Николаев выпустил книгу «Мелькание и порхание предсердия» (мерцание и трепетание), С.С. со свойственным ему ехидством называл его не иначе, как «порхающий профессор». Однако увидеть и научиться у Зимницкого пользоваться в клинике мелкой симптоматикой, начиная с осмотра больных и мелких внешних чёрточек, и представлять себе организм, как сложную динамическую систему взаимосвязанных и взаимовлияющих друг на друга функций, было очень полезно».

(«Elektrokardiogramme») [2] и издаёт её в Вене (издательство «Verlag von Gustav Fischer»).

На титульном листе экземпляра, подаренного виднейшему терапевту, профессору Казанского университета А.Н. Казем-Беку, написано: «Глубокоуважаемому Алексею Николаевичу Казем-Беку от автора».

Через 108 лет после издания монографии А.Ф. Самойлова на немецком языке, в 2017 г. монография была переведена на русский язык (научный редактор перевода профессор Ю.Э. Терегулов) и напечатана в издательстве «Медицина» ГАОУ «РМБИЦ» [2] тиражом 1000 экземпляров. С этого времени монография А.Ф. Самойлова становится доступной для широкого круга врачей и учёных.

В монографии А.Ф. Самойлов описывает происхождение зубцов  $Q$ ,  $R$  и  $S$  (как это представлялось в то время) и то, что касается зубца  $T$  («зубцы  $T_I$  и  $T_{II}$ »).

Согласно представлениям А.Ф. Самойлова, возбуждение от волокон проводящей системы сердца распространяется почти одновременно по обоим желудочкам, формируя комплекс  $QRS$ , при этом зубец  $Q$  — это результат возбуждения верхушки сердца, зубец  $R$  — это возбуждение правого желудочка или основания сердца, а зубец  $S$  — это возбуждение левого желудочка и его верхушки. Про зубец  $T$  сказано лишь то, что, если правый желудочек сокращается дольше, чем левый, то возникают направленные вверх зубцы  $T_I$  и  $T_{II}$ , которые постоянно встречаются в здоровом сердце. Если же сокращение мышцы желудочков в определённый момент прекратится, то зубец  $T$  вообще не образуется, что встречается при сердечной недостаточности.

В заключении А.Ф. Самойлов пишет важные в нашем контексте слова: «Как видно, ещё долго не будет окончательного мнения о том, чем обусловлена конфигурация ЭКГ. Вероятно, ещё много сил потребуется, чтобы внести ясность в этот вопрос. Если путь экспериментальных исследований, который уже начат, приведёт к цели, то ЭКГ станет хорошим средством для более глубокого познания природы нарушений в патологических случаях».

Уже после смерти А.Ф. Самойлова (1930) Франк Вильсон в 30-х годах XX века проведёт работы по изучению внутриполостного потенциала сердца, объяснит ход волны возбуждения в миокарде желудочков (процесс де- и реполяризации) и предложит однополюсные отведения ЭКГ (1932) [3–5].

Франк Вильсон показал следующее. В сердце здорового человека электрический потен-

циал периода деполяризации желудочков, зарегистрированный внутрисердечно, имеет форму  $QS$  или  $rSr$ . По мере перемещения места регистрации (регистрирующий датчик) этого потенциала по направлению к перикарду комплекс  $QRS$  приобретает последовательно переходные формы  $Qr$ ,  $QR$ ,  $qR$ , вплоть до положительного значения ( $R$ ,  $RS$ ), характерного для неизменённой электрокардиограммы.

Эти представления Вильсона составили основу объяснения изменений ЭКГ при инфаркте миокарда. Вильсон создал представления, согласно которым через зону некроза (при инфаркте миокарда), как через открытое окно, на поверхность сердца (тела) проводится отрицательный потенциал периода деполяризации желудочков, регистрируемый в норме лишь внутрисердечно [6].

Вильсон также доказал, что различные слои миокарда желудочков физиологически неогомогенны, так как они испытывают различный температурный режим и неодинаковое внутритканевое давление. Поэтому продолжительность возбуждения в разных слоях миокарда различна. В субэндокардиальных слоях возбуждение длится дольше, чем в субэпикардиальных. По этой причине реполяризация начинается с субэпикардиальных слоёв миокарда и идёт по направлению к эндокарду.

Следовательно, положительный потенциал появляется раньше в области субэпикардиальных слоёв миокарда, что и обуславливает направленность вектора реполяризации от (–) к (+) — от эндокарда к эпикарду (по ходу электрической оси сердца). Отсюда зубец  $T$  на ЭКГ в норме положительный.

Зубец  $T$  направлен в ту же сторону, что и зубец  $R$ . Это свидетельствует о конкордантном (однонаправленном) расположении этих зубцов — в отличие от дискордантного (разнонаправленного) положения, наблюдаемого в патологии.

Меньшая величина зубца  $T$  по сравнению с зубцом  $R$  обусловлена тем, что реполяризация всегда идёт медленнее и создаёт меньший потенциал, чем деполяризация.

Таким образом, несмотря на противоположность направлений волн де- и реполяризации (так как волны начинаются с разных участков сердечной мышцы), совпадение направлений векторов де- и реполяризации результируется конкордантностью (однонаправленностью) зубцов  $R$  и  $T$  на ЭКГ.

У С.С. Зимницкого был обнаружен гигантский положительный зубец  $T$  в первом желудочковом комплексе после экстрасистолы.

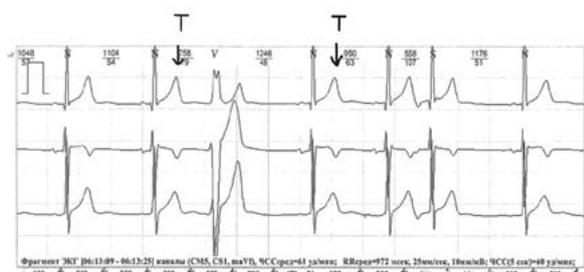


Рис. 1. Электрокардиограмма. Синусовый ритм прерывается желудочковой и суправентрикулярной экстрасистолами (тригеминия)

С учётом изложенных выше катамнестических данных можно считать, что такой зубец *T* является проявлением субэндокардиальной ишемии миокарда. Как известно, при субэндокардиальной ишемии миокарда направление вектора реполяризации остаётся таким же, как и в норме, так как реполяризация, как и в норме, начинается с субэпикардиальных слоёв миокарда. Увеличение же амплитуды зубца *T* связано с большей электроотрицательностью ишемизированного (субэндокардиального) участка миокарда.

Появление гигантского положительного зубца *T* в одном (первом) после желудочковой экстрасистолы комплексе — это действительно редкое явление (то есть настоящий феномен), «экстраординарное явление» по свидетельству самого А.Ф. Самойлова.

Обычно как при желудочковой, так и при суправентрикулярной экстрасистолии в ЭКГ-комплексе после экстрасистолы конфигурация зубца *T* не меняется — остаётся такой же, как в ЭКГ-комплексе, предшествующем экстрасистоле (рис. 1).

Зубцы *T* не меняются и при вставочных (интерполированных) экстрасистолах со скрытым ретроградным проведением (или рефрактерностью атриовентрикулярного соединения) (рис. 2, а) и без такового (рис. 2, б; 2, в).

У С.С. Зимницкого в стандартных отведениях ЭКГ (к тому времени однополюсные отведения Ф. Вильсоном ещё не были предложены) ЭКГ-изменений не было. Хорошо известно, что у 50–70% пациентов с ишемической болезнью сердца изменений на ЭКГ в покое нет, и это возможно даже у пациентов, имеющих выраженные стенозы крупных артерий (до 70%). При этом венечные артерии должны быть сужены не менее чем на 50–70%, прежде чем проявится несоответствие между потребностью миокарда в кислороде и его доставкой и возникнет клиническая картина заболевания.

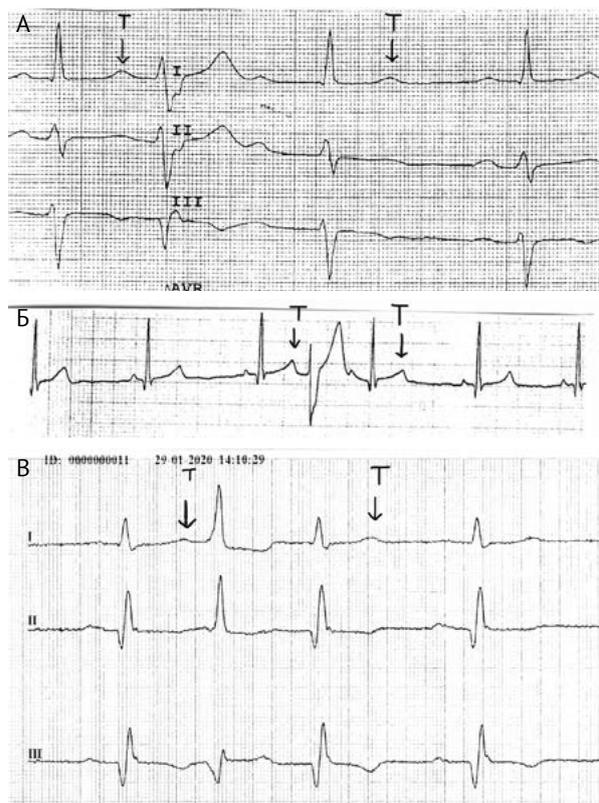


Рис. 2. Электрокардиограмма: а — вставочная желудочковая экстрасистола с рефрактерностью атриовентрикулярного соединения; б — вставочная желудочковая экстрасистола без нарушения проведения в атриовентрикулярном соединении; в — пациент К. перенёс нижний инфаркт миокарда; синусовый ритм прерывается желудочковой вставочной экстрасистолой, зубец *T* постэкстрасистолического комплекса идентичен зубцу *T* предэкстрасистолического комплекса

Очевидно, у С.С. Зимницкого при появлении желудочковой экстрасистолы возникала гемодинамическая ситуация, вызывающая субэндокардиальную ишемию миокарда (на одно сокращение сердца). Присутствовала совокупность факторов, которые могли способствовать и способствовали усугублению ишемии субэндокардиального отдела миокарда. Эти факторы таковы.

1. Наличие аортальной недостаточности, при которой избыточное количество крови в диастолу: (а) сдавливало субэндокард; (б) приводило к ухудшению кровотока по коронарным артериям из-за сброса крови в левый желудочек.

2. Наличие сердечной недостаточности, которая приводила к повышению конечного диастолического давления в левом желудочке, что также сдавливало субэндокард и уменьшало сердечный выброс, а это в конечном итоге также ухудшало кровоснабжение миокарда.

3. Известно, что экстрасистолия может быть гемодинамически эффективной и гемодина-

мически неэффективной [7]. С учётом того, что у С.С.Зимницкого была тяжёлая сердечная недостаточность, можно предположить, что у него могла быть гемодинамически неэффективная экстрасистолия. Ещё раз отметим, что ишемические изменения на ЭКГ (гигантский зубец *T*) возникали лишь после желудочковой (!) экстрасистолии.

4. Полная компенсаторная пауза после экстрасистолы. Вероятно, дополнительное, избыточное наполнение левого желудочка (уже подготовленного к «ишемическому ответу»), возникающее в момент длительной (полной) компенсаторной паузы при желудочковой экстрасистоле, во время которой происходило добавочное сдавливание субэндокарда дополнительным объёмом крови, было тем недостающим компонентом, который реализовал все описанные выше неблагоприятные состояния (компоненты) в отношении субэндокарда в ЭКГ-проявление ишемии миокарда.

Описываемая ситуация близка к известному физическому явлению с водой в переполненном стакане. Силы поверхностного натяжения удерживают воду от разлива, но стоит появиться последней капле, как эти силы разрываются, и происходит разлив воды.

Полная компенсаторная пауза (точнее, тот дополнительный объём крови, который поступил в левый желудочек во время этой паузы), которая свойственна именно желудочковой экстрасистоле, и была тем триггером, той «последней каплей», которая реализовалась в субэндокардиальную ишемию миокарда и далее в гигантский положительный зубец *T*.

Можно предположить, что если бы у С.С.Зимницкого были не желудочковые, а суправентрикулярные экстрасистолы, которые, как известно, не имеют полной компенсаторной паузы, гигантский положительный зубец *T* не возник бы.

**Заключение.** Ответ на вопрос С.С. Зимницкого позволил ещё раз прикоснуться к памяти этого великого учёного. Отметим, что не все страницы его великолепных трудов до конца прочитаны, не все научные вопросы (нередко спорные), которые ставил С.С. Зимницкий, до конца решены. Необходимо творчески изучать наследие С.С.Зимницкого и бережно хранить память о нём.

**Участие авторов.** В.Н.О. и Ю.С.М. приняли одинаковое участие в подготовке статьи.

**Источник финансирования.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зимницкий С.С. Грудная жаба, сифилис — их взаимоотношение и лечение. *Клиническая медицина*. 1925; 3 (5): 125–129. [Zimnitsky S.S. Angina pectoris, syphilis — their relationship and treatment. *Klinicheskaya meditsina*. 1925; 3 (5): 125–129. (In Russ.)]
2. Самойлов А.Ф. *Электрокардиограмма*. Казань: Медицина. 2017; 75 с. [Samoilov A.F. *Elektrokardiogramma*. (Electrocardiogram.) Kazan: Medicine. 2017; 75 p. (In Russ.)]
3. Wilson F.N., McLeod A.G., Johnston F.D. et al. Monophasic electrical response produced by the contraction of injured heart muscle. *Proc. Soc. Exp. Biol.* 1933; 30: 797.
4. Wilson F., Macleod A., Baker P., Johnson F. Determination of significance of the areas of the ventricular deflections of the electrocardiogram. *Am. Heart J.* 1934; 10: 46–61.
5. Wilson F.N., Rosenbaum F.F., Johnston F.D. Interpretation of the ventricular complex of the electrocardiogram. *Adv. Intern. Med.* 1947; 2: 1.
6. Сыркин А.Л., Новикова Н.А., Терёхин С.А. *Острый коронарный синдром*. М.: МИА. 2010; 440 с. [Syrkin A.L., Novikova N.A., Terehin S.A. *Ostryy koronarnyy sindrom*. (Acute coronary syndrome.) М.: MIA. 2010; 440 p. (In Russ.)]
7. Фейгенбаум Х. *Эхокардиография*. Пер. с англ. под ред. В.В. Митькова. 5-е изд. М.: Видар. 1999; 511 с. [Echocardiography. 5th edition. Harvey Feigenbaum, M.D. Lea & Febiger. 1994; 695 p. (Feigenbaum H. *Echocardiography*. From English under ed. V.V. Mitkov. 5th ed. М.: Vidar. 1999; 511 p.)]