

С. С. САДЫКОВ, А. С. БЕЛЯКОВА, О. И. ЕВСТИГНЕЕВА, С. А. ЖОЛОБОВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ ОКРАСКИ УЧАСТКОВ ПОРТРЕТА СЕРДЦА С ПАРАМЕТРАМИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ

Определена взаимосвязь между окраской участков портрета сердца и изменением зубцов и сегментов электрокардиограммы.

**Ключевые слова:** портрет сердца, электрокардиограмма, „КардиоВизор“, взаимосвязь, сегментация.

Патологии сердечно-сосудистой системы необходимо выявлять на ранних стадиях, поскольку, по данным „Российского статистического ежегодника“, смертность от таких заболеваний составляет 57,6 % [1]. Одним из методов ранней диагностики является дисперсионное картирование биопотенциалов сердца, которое реализуется с помощью прибора „КардиоВизор-06С“. В основе его работы заложен принцип анализа низкоамплитудных дисперсионных изменений электрокардиограммы (ЭКГ) с формированием визуального портрета сердца [2, 3]. Дисперсионные характеристики при возникновении патологии миокарда начинают изменяться раньше, чем зубцы ЭКГ. Поэтому по окраске участков портрета сердца можно судить о локализации и степени тяжести изменений [4].

Целью настоящей статьи является выявление зависимости между элементами ЭКГ и окраской участков портрета сердца, что позволит повысить точность диагноза и помочь врачу при интерпретации окраски портрета сердца.

При проведении обследований врач с помощью аппарата „КардиоВизор-06С“ визуально оценивает площадь, локализацию окрашенных участков, а также интенсивность окраски и на основе своего опыта ставит диагноз, так как не располагает численными характеристиками участков патологии портрета сердца. Это уменьшает объективность при постановке диагноза.

Портрет сердца — это цветное изображение в двух видах: правое предсердие—правый желудочек и левое предсердие—левый желудочек. Каждый участок портрета отражает определенные процессы, происходящие в сердце. Визуальная схема портрета представлена на рис. 1 [4]. Здесь *a* — схема правого, *б* — схема левого портрета; В — вертикальная ось, П — продольная ось сердца, 1 — верхняя полая вена, 2 — аорта, 3 — интегральный индикатор ритма, 4 — индикатор состояния миокарда правого предсердия, 5 — индикатор аномалий интервала *P—Q*, 6 — индикатор стабильности АВ-проведения, 7 — интегральный индикатор состояния двух предсердий (общие свойства, обусловленные общим источником возбуждения), 8 — индикатор завершающей фазы деполяризации правого желудочка (проекция в области межжелудочковой перегородки), 9 — индикатор длительности реполяризации желудочков (коррелирует с *Q—T*), 10 — индикатор состояния миокарда правого желудочка, 11 — индикатор длительности деполяризации желудочков (длительность *QRS*), 12 — индикатор состояния миокарда левого предсердия, 13 — индикатор завершающей фазы деполяризации левого желудочка, 14 — индикатор состояния миокарда левого желудочка, 15 — индикатор завершающей фазы деполяризации правого желудочка (проекция на заднюю стенку).

Выраженность изменений состояния сердца определяется по изменению цвета участков сердца, которые в норме имеют ровный зеленый цвет. При различных отклонениях от нормы цвет в области изменений меняется до желтого или красного. Чем больше площадь, окрашенная красным цветом, тем выше степень отклонения от нормы [5].

Для выявления участков патологии сравнивается эталонный портрет сердца здорового человека, имеющий ровную зеленую окраску (рис. 2, а — правый, б — левый), и соответствующая ему эталонная ЭКГ (рис. 3) с портретом сердца и ЭКГ пациента.

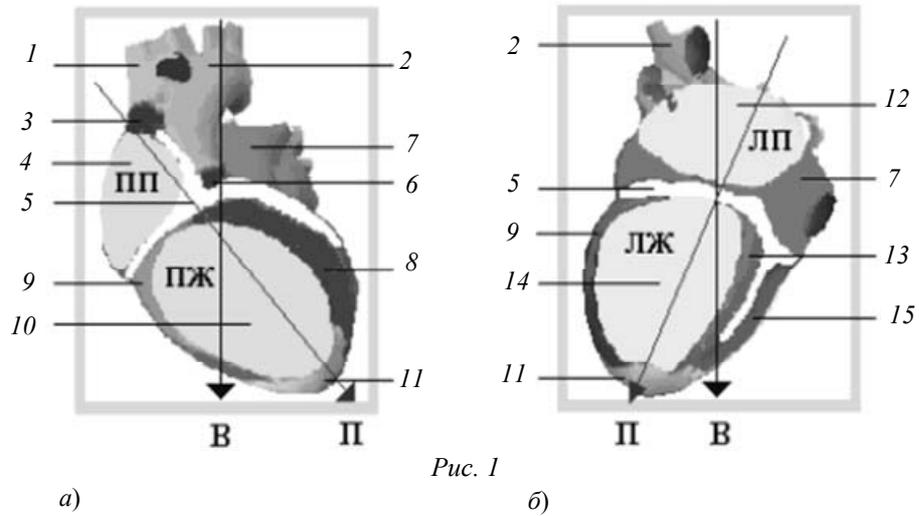


Рис. 1

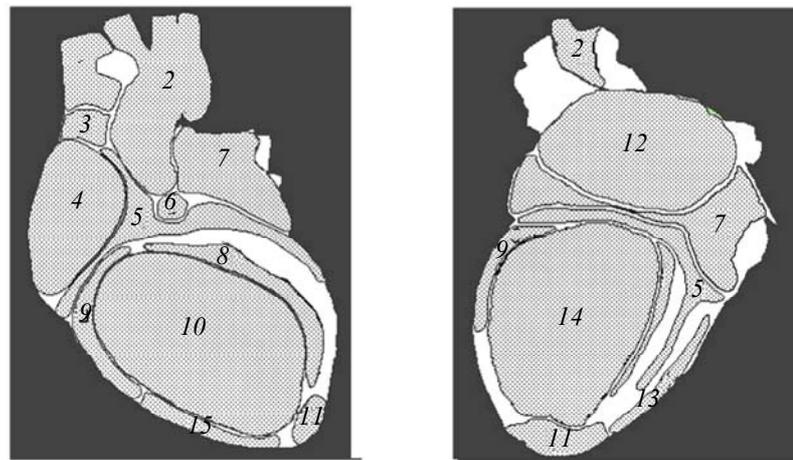


Рис. 2

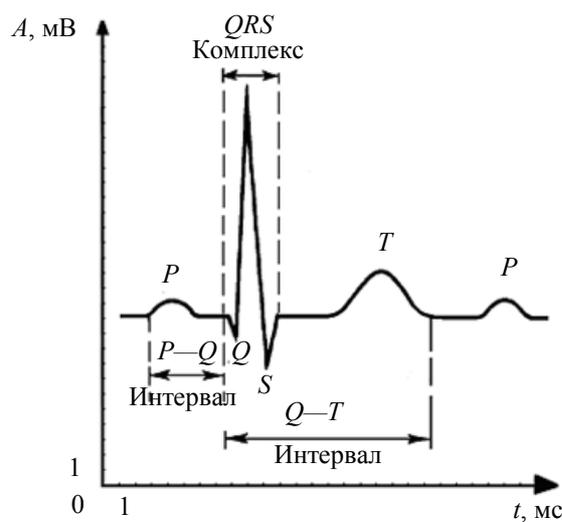


Рис. 3

**Алгоритм выявления участков патологии**

1. Эталонный портрет сердца и портрет сердца пациента раскладываются на три составляющие цвета:  $R_a, G_a, B_a$  и  $R_b, G_b, B_b$  соответственно.

2. Сравнение портретов осуществляется с учетом минимального  $T_{\min}$  и максимального  $T_{\max}$  значений порога путем анализа каждой из трех составляющих цветов  $R, G, B$  для левого и правого портрета сердца [6]. Точки портрета сердца, принадлежащие патологическим участкам, выявляются по следующему выражению:

$$\begin{aligned} p_{Ri,j} &= \begin{cases} 255 - |a_{Rij} - b_{Rij}|, & \text{если } T_{\min} < |a_{Rij} - b_{Rij}| < T_{\max}, \\ 255 & \end{cases}, \\ p_{Gi,j} &= \begin{cases} 255 - |a_{Gij} - b_{Gij}|, & \text{если } T_{\min} < |a_{Gij} - b_{Gij}| < T_{\max}, \\ 255 & \end{cases}, \\ p_{Bi,j} &= \begin{cases} 255 - |a_{Bij} - b_{Bij}|, & \text{если } T_{\min} < |a_{Bij} - b_{Bij}| < T_{\max}, \\ 255 & \end{cases}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $a_{Rij}, a_{Gij}, a_{Bij}$  — составляющие  $R, G, B$  цвета пиксела эталонного портрета;  $b_{Rij}, b_{Gij}, b_{Bij}$  — составляющие  $R, G, B$  цвета пиксела портрета пациента;  $p_{Rij}, p_{Gij}, p_{Bij}$  — составляющие  $R, G, B$  цвета пиксела результирующего разностного портрета.

3. Сравнение эталонной ЭКГ и ЭКГ пациента:

а) фильтрация ЭКГ: результирующая кривая формируется из точек  $k_{i-g} < k_i < k_{i+g}$ , которые в своей окрестности имеют восходящую динамику (для левой окрестности) и нисходящую (для правой) или нисходящую (для левой) и восходящую (для правой), также учитывается разность соседних точек в окрестности больше  $g$ ;

б) выделение составляющих ЭКГ осуществляется путем поиска локальных максимума и минимума на определенном участке ЭКГ.

Первым на ЭКГ выделяется зубец  $R$ , так как он характеризуется большой разницей значений соседних точек. После его определения вычисляются зубцы  $Q$  и  $S$ , так как они являются точками определения начала и окончания зубца  $R$ . Для определения составляющих  $P$  и  $T$  выявляются локальные максимум и минимум на отрезках от начала участка до начала зубца  $Q$  и от  $S$  до конца участка — для составляющих  $P$  и  $T$  соответственно. Затем на установленной окрестности для найденных точек вычисляются значения амплитуды и продолжительности элементов ЭКГ;

в) по вычисленным характеристикам эталонная ЭКГ сравнивается с ЭКГ пациента. Определяется разница амплитуд зубцов  $A$  и продолжительностей сегментов  $Y$ :

$$\begin{aligned} A_i &= \begin{cases} |A_{b_i} - A_{a_i}|, & \text{если } |A_{b_i} - A_{a_i}| > d_{A_i}, \\ 0 & \end{cases} \\ Y_i &= \begin{cases} |Y_{b_i} - Y_{a_i}|, & \text{если } |Y_{b_i} - Y_{a_i}| > d_{Y_i}, \\ 0 & \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $i = P_j, Q_j, R_j, S_j, T_j, QRS_i, ST, j = 1, \dots, N$ ,  $N$  — число кардиоциклов на ЭКГ,  $d_{A_i} = \hat{A}_i \cdot 20\%$  — порог сравнения амплитуды зубцов,  $\hat{A}_i$  — значение нормы амплитуды для зубца  $i$ ,  $d_{Y_i} = \hat{Y}_i \cdot 20\%$  — порог сравнения продолжительности зубцов,  $\hat{Y}_i$  — значение нормы продолжительности для зубца  $i$ .

4. Формирование базы данных результатов обследований и накопление статистической информации о соответствии изменений участков ЭКГ и портрета сердца [7].

Исследования проводились в кардиологическом отделении больницы г. Муром Владимирской области. Рассмотрим портрет сердца пациента (рис. 4, *а* — правый, *б* — левый). Чем интенсивнее окрашен участок, тем значительней патология.

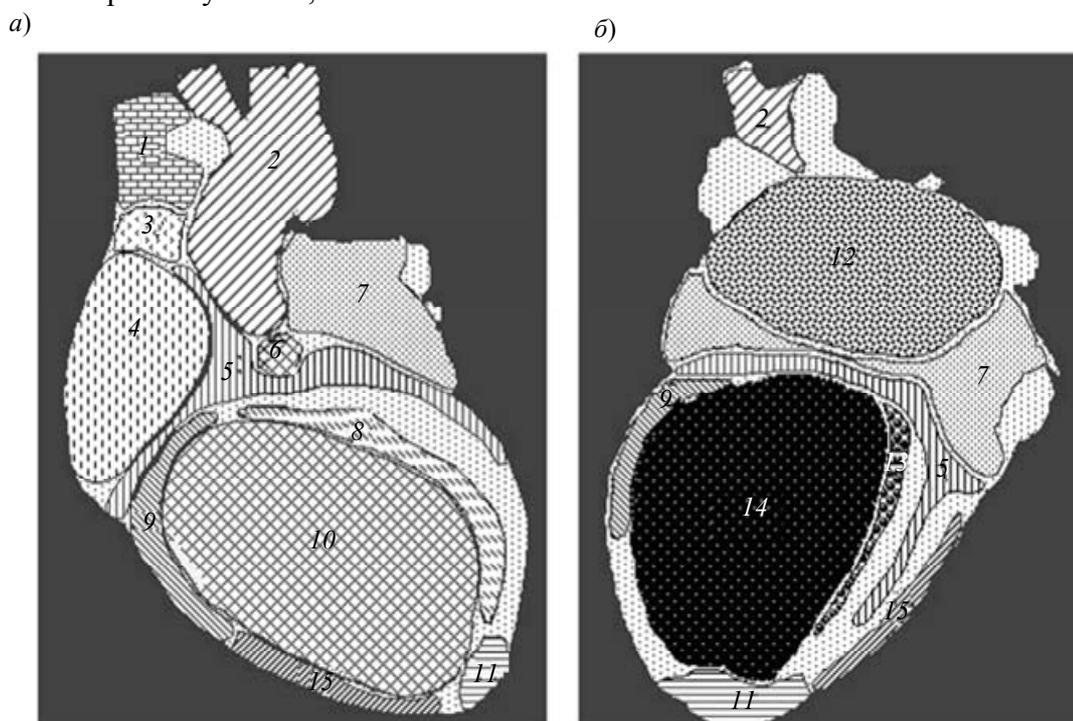


Рис. 4

Эталонный портрет и портрет сердца раскладываются на составляющие *R*, *G* и *B*. Согласно (1) определяются участки, имеющие отклонения (рис. 5, *а* — правый, *б* — левый портрет).

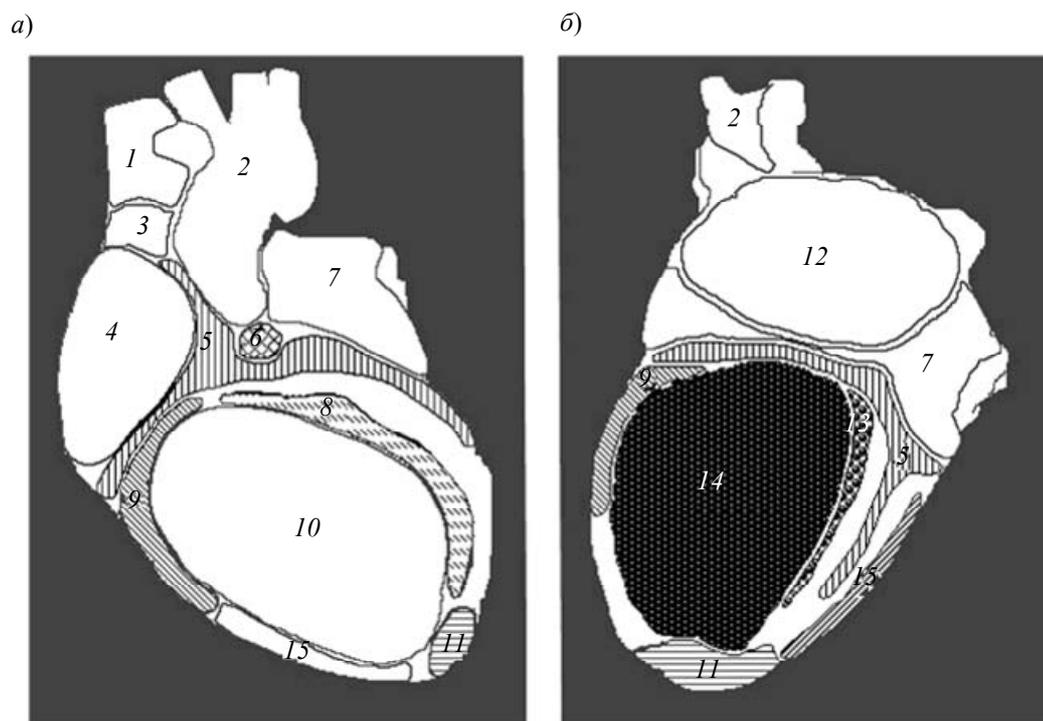


Рис. 5

Эталонная ЭКГ (рис. 6) сравнивается с ЭКГ пациента (рис. 7) по характеристикам, рассчитанным по соотношениям (2). В результате определяются зубцы, имеющие отклонение от нормы.

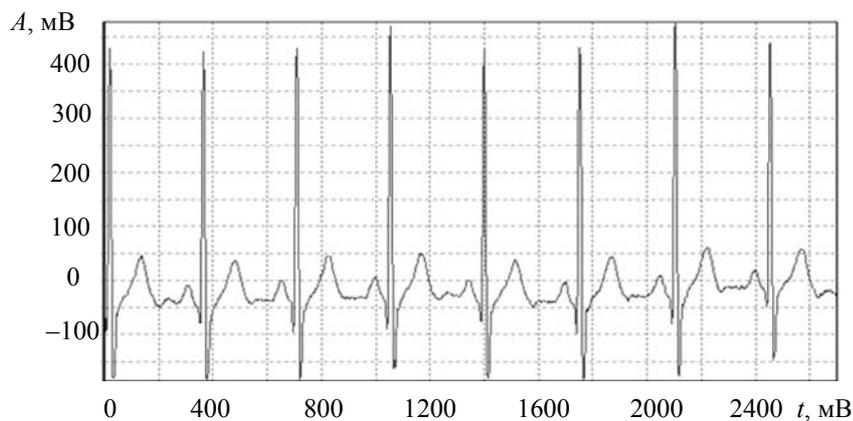


Рис. 6

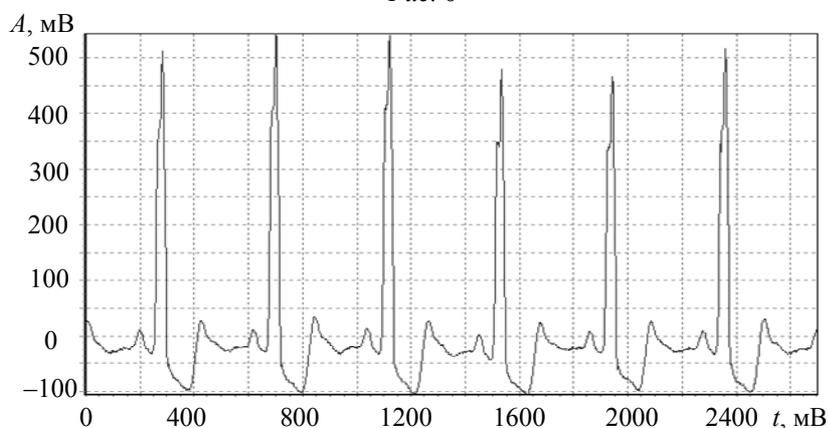


Рис. 7

Для выявления взаимосвязи между изменениями ЭКГ и окраской портрета сердца были проанализированы результаты обследований 110 пациентов. Результаты представлены в таблице.

Элемент ЭКГ	Номер участка														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>P</i>	0	5	31	92	76	25	54	54	91	65	76	53	38	63	13
<i>Q</i>	0	2	21	68	51	19	31	42	68	68	61	38	38	68	6
<i>R</i>	0	3	22	63	55	17	41	49	73	68	62	38	45	61	17
<i>S</i>	0	4	21	63	54	19	38	45	72	67	59	38	46	60	13
<i>T</i>	0	5	20	61	59	21	38	47	73	69	58	41	49	67	25
<i>QRS</i>	0	3	22	63	54	17	40	46	73	66	60	38	44	63	12
<i>ST</i>	0	4	19	59	56	17	38	44	73	68	58	40	48	63	14

Анализ таблицы позволяет прийти к следующим выводам.

1. Отклонения зубца амплитуды *P* с большей степенью коррелируют с изменениями цвета участков 4, 5, 9, 11.
2. Отклонения амплитуды зубца *Q* взаимосвязаны с изменениями цвета участков 4, 9, 10, 11.
3. Отклонения амплитуд зубцов *R* и *S* коррелируют с изменениями на участках 9 и 10, а зубца *T* — с 4, 9, 10, 14.
4. Комплекс *QRS* коррелирует с участками 4, 5, 8, 9, 11.
5. Сегмент *ST* определяет цвет участков 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14.
6. Зависимость цвета участков 3, 6, 15 от отклонений зубцов является слабовыраженной.
7. В формировании цвета участка 7 задействованы все элементы ЭКГ.

8. Зависимость изменения окраски участков 1 и 2 от изменения каких-либо зубцов ЭКГ не была выявлена. Это обусловлено малым различием окраски этих участков у различных портретов вне зависимости от степени патологии остальных участков. Следовательно, участки 1 и 2 малоинформативны при интерпретации портрета сердца.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российский статистический ежегодник 2010: Сб. статей. М.: Росстат, 2010. 789 с.
2. *Рябыкина Г. В., Сула Ф. С.* Использование прибора КардиоВизор-06С для скрининговых обследований: Пособие для врачей. М., 2004. 34 с.
3. Программное обеспечение для скрининговых исследований сердца КардиоВизор-06С: Руководство пользователя. Медицинские компьютерные системы, 2006. 80 с.
4. *Евстигнеева О. И., Сафиулова И. А.* Опыт использования дисперсионного картирования ЭКГ с помощью прибора „КардиоВизор-06С“ в амбулаторных условиях // Терапевтический архив. 2011. № 1. С. 29—32.
5. *Иванов Г. Г., Сула А. С.* Дисперсионное ЭКГ картирование: теоретические основы и клиническая практика. М.: Техносфера, 2009. 190 с.
6. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. *В. А. Сойфера*. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 784 с.
7. *Садыков С. С. Белякова А. С.* Система поддержки принятия решений при диагностике и оценке состояния сердечно-сосудистой системы // Интеллектуальные системы: Тр. 9-го Междунар. симп. / Под ред. *К. А. Пупкова*. М.: РУСАКИ, 2010. С. 488—490.

*Сведения об авторах*

- Султан Сидыкович Садыков** — д-р техн. наук, профессор; Муромский институт Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, кафедра информационных систем; E-mail: sadykovss@yandex.ru
- Анна Сергеевна Белякова** — аспирант; Муромский институт Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, кафедра информационных систем; E-mail: asbelyakova@rambler.ru
- Ольга Ивановна Евстигнеева** — Городская больница, отделение функциональной диагностики, Муром; врач функциональной диагностики
- Сергей Александрович Жолобов** — студент; Муромский институт Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, кафедра информационных систем; E-mail: sergey@f5f5.ru

Рекомендована Юго-Западным  
государственным университетом

Поступила в редакцию  
24.10.11 г.