

UDC 612.172.4

Cardioelectrotopographic Assessment of the Ventricular Repolarization in Racing Skiers and Powerlifters

¹Natalya I. Panteleeva²Svetlana V. Strelnikova³Irina M. Roshchevskaya

¹⁻³Laboratory of Comparative Cardiology, Komi Scientific Center, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia

24, Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, 167982

¹PhD, scientific researcher, bdr13@mail.ru

²Junior scientific researcher, etca@bk.ru

³corresponding member of RAS, MD

E-mail: compcard@mail.ru

Abstract. The article determines significant amplitude-temporal parameters of the heart electric field distinctions in the course of ventricular repolarization in sportsmen training different physical qualities – strength (powerlifters) and endurance (racing skiers).

Keywords: heart electric field; ventricular repolarization; athletes; powerlifters; racing skiers.

Введение. Систематические физические нагрузки приводят к морфологическим изменениям сердечной мышцы спортсменов [1, 2], ее электрофизиологических свойств [3]. Специфика и направленность тренировочного процесса во многом определяют адаптивные перестройки сердца спортсменов [4]. У спортсменов, тренирующих выносливость (лыжные гонки, плавание, бег на средние и длинные дистанции и т.д.), адаптация приводит к увеличению размеров сердца и полостей желудочков, росту ударного объема [5, 6]; у спортсменов, тренирующих силу происходит увеличение массы миокарда без дилатации полостей желудочков [1, 2, 7]. У спортсменов, независимо от направленности тренировочного процесса, выявлены существенные изменения Т-волны на ЭКГ в стандартных отведениях [8, 9].

Возникновение электрической нестабильности миокарда, возрастание его артериальности в результате регулярного воздействия интенсивных физических нагрузок, может быть причиной нарушений проводимости в сердце спортсменов, увеличивает риск внезапной сердечной смерти [10, 11]. При обследовании спортсменов ЭКГ в стандартных отведениях недостаточно информативна [1, 11, 12], поэтому развитие в физиологии спорта новых методов исследования электрической активности сердца приобретает все большую актуальность. Перспективным методом для изучения электрических процессов, динамики функциональных изменений в сердце является многоканальное синхронное картографирование кардиоэлектрического поля [13, 14].

Цель исследования – изучить электрическое поле сердца (ЭПС) на поверхности грудной клетки спортсменов, тренирующих принципиально разные физические качества: выносливость (лыжники-гонщики) и силу (пауэрлифтеры) в период реполяризации желудочков.

Материал и методы исследования

Кардиоэлектрические потенциалы на поверхности грудной клетки измерены у пяти лыжников-гонщиков и пяти пауэрлифтеров (квалификация - кандидат в мастера спорта). Униполярные ЭКГ регистрировали от 64 электродов, равномерно расположенных на торсе спортсменов, синхронно с биполярными ЭКГ в отведениях от конечностей. Регистрацию проводили в положении обследуемого сидя в покое с помощью электрокардиотопографической системы [15, 16]. Амплитудные характеристики и пространственно-временную динамику ЭПС в период реполяризации желудочков сердца анализировали по эквипотенциальным моментным картам. Оценивали пространственное расположение зон положительного и отрицательного кардиоэлектрических потенциалов;

наибольшее значение положительного (максимума) и отрицательного (минимума) экстремумов; время достижения положительным и отрицательным экстремумами максимальной амплитуды; длительность интервалов J-Tpeak и Tpeak-Tend по ЭКГ_{II}. Время указано относительно пика зубца R на ЭКГ_{II}.

Нормальность распределения значений определяли по критерию Шапиро-Уилка, результаты представлены в виде средней арифметической \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$). При непараметрическом распределении данных анализ проводили по непараметрическому критерию Манна-Уитни для независимых выборок, для зависимых выборок – по критерию Вилкоксона. Различия между выборками считали достоверными при $p < 0.05$.

Результаты. Пространственные характеристики электрического поля сердца.

В период реполяризации желудочков сердца на ЭПС на поверхности грудной клетки всех обследованных спортсменов зона положительных кардиопотенциалов с экстремумом формировалась на вентральной поверхности торса, отрицательных - на дорсальной стороне. В процессе восстановления возбудимости желудочков сердца область положительных кардиопотенциалов существенно не меняет своего положения, незначительно смещаясь леволатерально к моменту вершины T_{II}-волны, зона отрицательных кардиопотенциалов локализуется на дорсальной и праволатеральной сторонах торса.

В момент формирования ЭПС, характерного для реполяризации желудочков сердца, (в период сегмента ST на ЭКГ_{II}), на вентральной поверхности грудной клетки у обследованных людей отмечали небольшую зону положительных кардиопотенциалов с экстремумом. Расположение положительного экстремума отличалось у разных людей: в районе правой ключицы или в окологрудной области, или леволатерально. Зона отрицательных кардиопотенциалов формировалась на дорсальной поверхности грудной клетки с минимумом в области правого плеча или правой лопатки, или нижних ребер.

В период восходящей фазы T_{II}-волны на ЭПС у всех спортсменов зона положительных кардиоэлектрических потенциалов увеличивалась и смещалась в леволатеральном направлении с максимумом в 3–6 межреберье справа от грудины, зона отрицательных кардиоэлектрических потенциалов располагалась праволатерально, положение минимума не изменилось.

В период вершины и нисходящей фазы T_{II}-волны на ЭПС у всех спортсменов пространственное расположение зон и экстремумов кардиопотенциалов не изменилось (Рис. 1, 2).

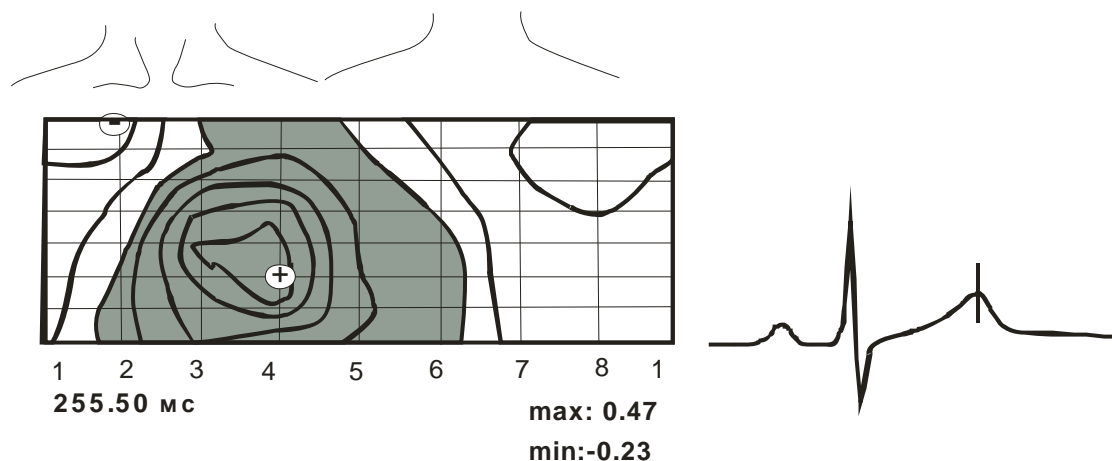


Рис. 1. Эквипотенциальная моментная карта на поверхности грудной клетки пауэрлифтера В.Н. в момент, соответствующий вершине T_{II}-волны

Условные обозначения: закрашена область положительных кардиопотенциалов. Знаки «+» и «-» обозначают положение максимума и минимума, соответственно. Точки пересечения вертикальных и горизонтальных линий сетки на карте соответствуют локализации электродов на поверхности тела, цифры от 1 до 8 обозначают ряды электродов.

Под каждой картой указано время в мс относительно пика зубца R_{II} , указаны максимальная амплитуда положительного и отрицательного кардиопотенциалов. Справа приведена ЭКГ_{II} с маркером времени (вертикальная черта). Шаг изолиний равен 0,1 мВ.

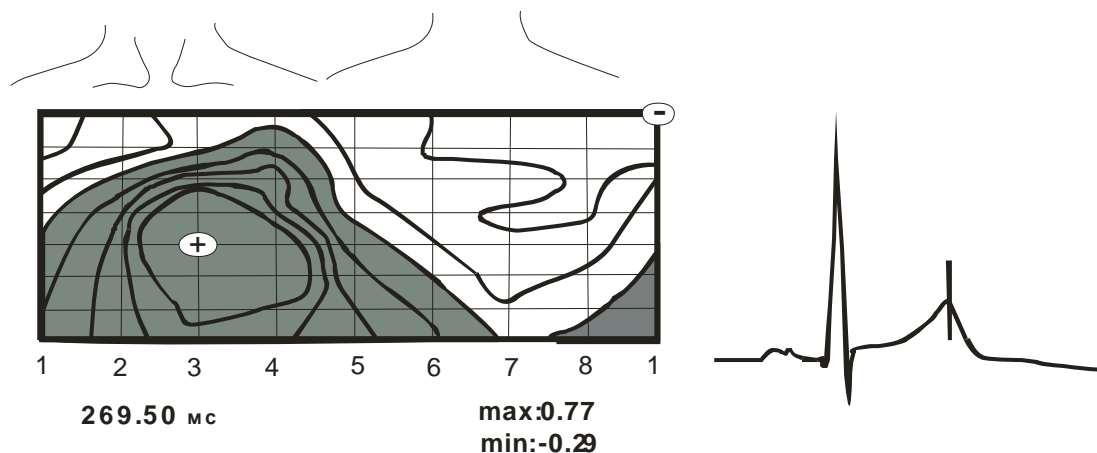


Рис. 2. Эквипотенциальная моментная карта на поверхности грудной клетки лыжника-гонщика Е.Г. в момент, соответствующий вершине T_{II} -волны

Условные обозначения те же, что и на рис. 1.

В момент окончания периода восстановления возбудимости у всех обследованных людей происходит уменьшение зоны положительных кардиопотенциалов, снижение амплитуд экстремумов, появление дополнительных экстремумов.

Динамика пространственных характеристик ЭПС в период реполяризации желудочков сердца у обследованных пауэрлифтеров и лыжников-гонщиков не отличалась.

Амплитудные и временные характеристики электрического поля сердца.

Формирование ЭПС, характерного для реполяризации желудочков сердца, происходит на $51,05 \pm 0,06$ мс у лыжников и на $55,15 \pm 4,74$ мс у пауэрлифтеров. На начальных этапах реполяризации желудочков сердца на ЭПС у спортсменов, тренирующих выносливость, величина максимума значительно больше ($0,10 \pm 0,06$ мВ), чем у тренирующих силу ($0,05 \pm 0,03$ мВ), минимум значительно не различается.

Вершина T_{II} -волны у спортсменов, тренирующих выносливость, отмечена на $275,80 \pm 36,87$ мс, у тренирующих силу на $248,45 \pm 15,24$ мс. На ЭПС на поверхности тела лыжников в момент вершины T_{II} -волны амплитуды максимума и минимума составили $0,87 \pm 0,07$ мВ и $0,28 \pm 0,04$ мВ соответственно, у пауэрлифтеров амплитуда максимума ($0,61 \pm 0,10$ мВ) существенно меньше ($p=0,009$), амплитуда минимума ($0,28 \pm 0,06$ мВ) не различалась.

Реполяризация желудочков сердца на ЭПС у лыжников завершилась на $351,60 \pm 40,09$ мс, у пауэрлифтеров на $324,90 \pm 17,65$ мс. В период нисходящей T_{II} -волны происходило снижение амплитуд экстремумов ЭПС.

В период реполяризации желудочков сердца положительный экстремум ЭПС достигает максимального значения $0,90 \pm 0,05$ мВ на $273,30 \pm 42,09$ мс у лыжников и $0,70 \pm 0,10$ мВ на $235,60 \pm 24,79$ мс у пауэрлифтеров, отрицательный экстремум достигает максимальной амплитуды $0,32 \pm 0,04$ мВ на $265,70 \pm 21,10$ мс у лыжников и $0,37 \pm 0,09$ на $257,25 \pm 15,12$ мс у пауэрлифтеров.

На ЭКГ в отведениях от конечностей длительности интервалов $J-T_{peak_{II}}$ и $T_{peak} - T_{end_{II}}$ у спортсменов, тренирующих силу и выносливость, существенно не различались и составили: $228,90 \pm 40,74$ мс и $75,80 \pm 12,11$ мс у лыжников и $219,15 \pm 20,47$ мс и $76,45 \pm 9,49$ мс у пауэрлифтеров, соответственно.

Обсуждение. У спортсменов, тренирующих выносливость, усиление венозного возврата при длительной интенсивной циклической работе приводит к перегрузке желудочков сердца объемом, тогда как тренировки на силу приводят к перегрузке желудочков давлением, возникающей в результате повышения внутригрудного давления при натуживании. При перегрузке желудочков давлением для нормализации

перенапряжения стенок сердца происходит компенсаторное увеличение межжелудочковой перегородки и свободных стенок без значимого изменения объема желудочков, а при перегрузке объемом происходит преимущественно увеличение конечно-диастолического размера желудочков с незначительным увеличением толщин стенок [17].

На ЭКГ в грудных отведениях морфо-физиологические особенности «спортивного сердца» в период реполяризации желудочков сердца отражаются существенно большими амплитудами Т-волны у спортсменов, чем у нетренированных лиц, независимо от направленности тренировочного процесса [2, 18].

В период T_{II} -волны на ЭПС здорового человека зона и экстремум положительных потенциалов занимают стабильное положение на вентральной стороне грудной клетки в области проекции верхушки сердца [19], зона отрицательных потенциалов - на дорсальной стороне торса, без четкой локализации экстремума [20, 21].

В период ST_{II} -сегмента формирование ЭПС, характерного для реполяризации желудочков сердца, происходило у лыжников существенно раньше, чем у пауэрлифтеров, несмотря на практически равные интервалы $J-T_{peakII}$. В период восходящей, вершины и нисходящей фазы T_{II} -волны пространственная динамика ЭПС у обследованных спортсменов не различалась. Сравнительный анализ пространственных характеристик ЭПС в период реполяризации желудочков сердца показал, что распределение областей положительного и отрицательного кардиоэлектрических потенциалов на поверхности грудной клетки у обследованных нами спортсменов является типичным для практически здорового человека.

У обследованных пауэрлифтеров амплитуда положительного экстремума в момент формирования ЭПС и на вершине T_{II} -волны значимо меньше, чем у лыжников-гонщиков, различий в амплитуде минимума не выявлено.

Существенный вклад в формирование ЭПС на поверхности тела вносят внесердечные факторы передачи сигнала [22]. Размеры мышц и толщина подкожного жирового слоя у спортсменов, тренирующих силу, значительно больше, чем у спортсменов, тренирующих выносливость [23], что могло оказать влияние на амплитуду положительного экстремума ЭПС у пауэрлифтеров.

Морфологические, гемодинамические и функциональные различия желудочков сердца, адаптированных к выполнению разнонаправленных нагрузок приводят к изменению амплитудно-временных характеристик кардиоэлектрического поля на поверхности грудной клетки обследованных спортсменов.

Заключение. Таким образом, у лыжников-гонщиков и пауэрлифтеров в период реполяризации желудочков сердца на кардиоэлектрическом поле на поверхности грудной клетки при однотипности пространственной динамики выявлены различия амплитудно-временных характеристик.

Примечания:

1. Граевская Н.Д. и др. Еще раз к проблеме «спортивного сердца» / Н.Д. Граевская, Г.А. Гончарова, Г.Е. Калугина // Теория и практика физической культуры. 1997. №4. С. 25.

2. Гаврилова Е.А. Спортивное сердце и стрессорная кардиомиопатия / Е.А. Гаврилова. М.: Советский спорт, 2007. 200 с.

3. Pelliccia A. et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes / A. Pelliccia, B. Maron, F. Culasso // Circulation. 2000. Vol. 102. P. 278-284.

4. Muhl C. et al. Cardiac remodeling: concentric versus eccentric hypertrophy in strength and endurance athletes / C. Muhl, W.R.M. Dassen, H. Kuipers // Neth. Heart J. 2008. Vol. 16 (4). P. 129-133.

5. Русанов В.Б. Системные изменения центральной гемодинамики в условиях адаптации к физическим нагрузкам на выносливость / В.Б. Русанов // Вестник Челяб. госуд. педаг. универ. 2009. № 8. С. 267-275.

6. Pelliccia A. et al. Remodeling of left ventricular hypertrophy in elite athletes after longterm deconditioning / A. Pelliccia, B.J. Maron, R. De Luca, F. Di Paolo, A. Spataro, F. Culasso // Circulation. 2002. Vol. 105. P. 944-949.

7. Карташова Л.А. Маркеры дизадаптации сердечнососудистой системы у спортсменов циклических и ациклических видов спорта по данным эхокардиографии / Л.А. Карташова,

В.В. Корнякова, О.Л. Смитиенко // Вестник Тюменского государственного университета. 2008. № 3. С. 39-45.

8. Белоцерковский З.Б. Особенности сердечной деятельности и физическая работоспособность у спортсменов с изменениями процесса реполяризации желудочков сердца / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина, Г.А. Койдинова // Физиология человека. 2009. Т. 35. №1. С. 90-100.

9. Corrado D. et al. 12lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities / D. Corrado, A. Biffi, G. Thiene // Br J Sports Med. 2009. Vol. 43. P. 669-676.

10. Гаврилова Е.А., Земцовский Э.В. Внезапная сердечная смерть и гипертрофия миокарда у спортсменов / Е.А. Гаврилова, Э.В. Земцовский // Вестник аритмологии. 2010. №62. С. 59-62.

11. Maron B.J., Pelliccia A. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death // Circulation. 2006. Vol.114. №15. P. 1633-1644.

12. Basso C., Maron B.J., Corrado D., Thiene G. Clinical profile of congenital coronary artery abnormalities with origin from the wrong aortic sinus leading to sudden death in young competitive athletes. J. Am. Coll. Cardiol. 2000. Vol. 35. 1493-1501.

13. Роцевский М.П. и др. Электрическое поле сердца крыс со спонтанной гипертензией / М.П. Роцевский, В.В. Барабанова, Н.Г. Гагиев, Н.М. Калиберда, Е.Н. Карпушев, К.К. Кондрашева, В.П. Кузнецов, В.Н. Прохоров, Н.Б. Халезова // Физиол. журн. СССР им. И.М.Сеченова. 1988. Т. 74. № 8. С. 1140-1148.

14. Roshchovsky M.P. et al. Formation of extracellular potentials on the epicardial and body surfaces in vertebrates / M.P. Roshchovsky, D.N. Shmakov, I.M. Roshchenskaya, N.V.Yevstifeeva, N.A. Antonova // Building Bridges in Electrocardiology. Nijmegen: University Press Nijmegen, 1995. P. 106-107.

15. Роцевский М.П. и др. Сравнительнофизиологическое исследование кардиоэлектрического поля у животных и человека при перегрузке давлением правого и левого желудочков сердца / М.П. Роцевский, Д.Н. Шмаков, И.М. Роцевская, Я.Э. Азаров, Н.А. Антонова, В.А. Карпенко, В.В. Крандычева, В.П. Нужный, Е.В. Тырышкина, П.В. Нужный // Сборник аннотационных отчетов по проектам регионального конкурса РФФИ «Урал». Екатеринбург, 2001. С. 94-96.

16. Роцевский М.П., Роцевская И.М. Эволюционная электрокардиология: от электрокардиотопографии к созданию основ будущей электрокардиотомографии / М.П. Роцевский, И.М. Роцевская // Мед. акад. журн. 2005. Т. 5. № 2. С. 33-46.

17. Hildick D.J.R., Shapiro L.M. Echocardiographic differentiation of pathological and physiological left ventricular hypertrophy. Heart. 2001. Vol. 85. P. 615-619.

18. Земцовский Э.В. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский. СПб.: Гиппократ, 1995. 445 с.

19. Таккарди Б., Де Амброджи Л., Виганотти С. Картографическое распределения потенциала электрического поля сердца на поверхности тела / Б. Таккарди, Л. Де Амброджи, С. Виганотти / Теоретические основы электрокардиологии / Под ред. Гезеловица. М.: Медицина, 1979. 465 с.

20. Tseng Y.Z. Additional data on body surface potential maps of ventricular repolarization in normal adults / Y.Z. Tseng // Jpn. Heart J. 1997. Vol. 38(4). P.473-485.

21. De Ambroggi L., Corlan A.D. Body Surface Potential Mapping. In: P.W. Macfarlane, A. van Oosterom, O. Pahlm, P. Kligfield, M. Janse, J. Camm, Eds. Comprehensive Electrocardiology, Volume 3. Springer Verlag London Limited. 2011. 1375-1415.

22. Лепешкин Е. Влияние физиологических условий на факторы передачи, связывающие токи сердца и потенциалы на поверхности тела / Е. Лепешкин / Теоретические основы электрокардиологии / Под ред. Гезеловица. М.: Медицина, 1979. 465 с.

23. Усыченко В.В. Анализ методов компонентного состава тела спортсменов / В.В. Усыченко // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2009. №7. 183-187.

УДК 612.172.4

Кардиоэлектротопографическая оценка реполяризации желудочков сердца у лыжников-гонщиков и пауэрлифтеров

¹ Наталья Ивановна Пантелеева

² Светлана Валериевна Стрельникова

³ Ирина Михайловна Рощевская

¹⁻³ Лаборатория сравнительной кардиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Россия

г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24, 167982

¹ кандидат биологических наук, научный сотрудник

E-mail: bdr13@mail.ru

² младший научный сотрудник

E-mail: etca@bk.ru

³ член-корреспондент РАН, доктор биологических наук

E-mail: compcard@mail.ru

Аннотация. Показаны существенные различия амплитудно-временных характеристик электрического поля сердца в период реполяризации желудочков у спортсменов, тренирующих принципиально разные физические качества: выносливость (лыжники-гонщики) и силу (пауэрлифтеры).

Ключевые слова: электрическое поле сердца; реполяризация желудочков сердца; спортсмены; пауэрлифтеры; лыжники-гонщики.