

**И.Ю. Култышкин,
М.В. Зверева**

Применение метода дисперсионного картирования ЭКГ для выявления изменений функциональных показателей сердечной деятельности у юных спортсменов различных специализаций

Цель исследования — раннее выявление возможных патологических изменений сердечной деятельности у спортсменов разных специализаций. Это — одно из важных направлений в профилактике заболеваний, связанных со спортивными нагрузками. Обычные методы зачастую не показывают патологические изменения миокарда на ранних стадиях процесса. Метод дисперсионного картирования ЭКГ отличается тем, что с его помощью возможно получение ранних предикторов электрической нестабильности миокарда, связанной с гипоксией или гипертрофией сердечной мышцы.

Ключевые слова: дисперсионное картирование ЭКГ; функциональные показатели сердечной деятельности; спортсмены-тяжелотлеты; спортсмены-футболисты.

Состояние здоровья спортсменов не всегда соответствует нашим ожиданиям. Данные статистики говорят, что под влиянием значительных физических и психоэмоциональных нагрузок почти у каждого спортсмена могут фиксироваться отклонения показателей инструментального исследования сердца за границы нормальных величин [1–2].

Польский исследователь В. Halawa [6] на основании 16-ти случаев внезапной смерти спортсменов (ВСС) доказал, что ее риск у данной категории в 5–10 раз выше, чем у людей, которые не занимаются спортом. Американские ученые выяснили, что 85 % случаев ВСС среди спортсменов зависят от заболеваний сердца, и только 15 % — не зависят, поэтому необходимо систематически проводить электрокардиографию (ЭКГ), что позволит своевременно диагностировать патологические состояния при нерациональной физической нагрузке.

Российские специалисты Московского научно-практического центра спортивной медицины также отмечают частую встречаемость при проведении ЭКГ-обследования в электрокардиограммах спортсменов таких патологических изменений, как синусовая брадикардия, синусовая аритмия, миграция водителя ритма, изменения атриовентрикулярной проводимости вплоть до атриовентрикулярной блокады I степени, гипертрофия желудочков. Также отмечают изменения

реполяризации, такие как синдром ранней реполяризации желудочков (СРРЖ), встречающийся у спортсменов с высокой частотой (8,9–9,4 % случаев) [3].

Специалисты по врачебному контролю считают, что описанные отличия ЭКГ спортсменов не должны вызывать серьезных опасений и препятствовать допуску их к тренировкам и соревнованиям, если не сопровождаются клиническими признаками неблагополучия и (или) отрицательной динамикой этих изменений. Однако исследователи признают, что данный вопрос изучен далеко не полностью, необходимо обязательно оценить, как меняются показатели сердечной деятельности у молодых спортсменов под воздействием физической нагрузки.

По данным О.С. Полянской [4], у 35 % детей, которые занимаются спортом, выявляются изменения на ЭКГ, которые прогрессируют после физической нагрузки на 10 %. До физической нагрузки (в покое) чаще выявлены изменения ЭКГ у легкоатлетов, футболистов и баскетболистов, однако у тяжелоатлетов в два раза чаще выявлены изменения ЭКГ *после* применения физической нагрузки.

Описанные изменения непросто интерпретировать, поскольку до сих пор непонятны пределы диапазона изменчивости функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у молодых спортсменов, которые можно считать нормой для данной категории. Ситуация осложняется тем, что основные, часто используемые методы оценки сердечной деятельности, в том числе электрокардиография, не выявляют ранних признаков патологических изменений.

Одним из новых перспективных методов оценки состояния сердечно-сосудистой системы является скрининг-анализ дисперсионных характеристик ЭКГ-сигнала, получаемого с помощью кардиовизора [5], а именно электрических микроальтернаций ЭКГ-сигнала.

Данный прибор с помощью разработанной компьютерной программы измеряет и анализирует микроскопические колебания линий ЭКГ-сигналов в нескольких отведениях. Результатом компьютерной обработки ЭКГ-сигнала является карта дисперсионных изменений миокарда, формируемая в виде так называемого портрета сердца.

Основная цель анализа микроальтернаций ЭКГ — получение ранних предикторов электрической нестабильности миокарда.

Для того чтобы разграничить показатели нормы и патологии, разработчики провели исследования с использованием стандартной методологии клинико-статистического анализа на контрольной группе здоровых лиц, а также на группах лиц со строго верифицированными клиническими патологиями. Результатом стало определение нормальных величин используемых показателей — индикаторов состояния миокарда и сердечного ритма.

Количественный интегральный индекс отклонения от нормы дисперсионных характеристик соответствует некоторому среднему значению амплитуды зарегистрированных микроальтернаций и пересчитан в более удобную относительную шкалу 0–100 %. Интегральные индикаторы включают четыре показателя (дисперсионных индекса): «Миокард», «Ритм», «Пульс», «Детализация». Чем больше значение индикатора — тем больше отклонение от нормы.

Индикатор «Миокард» (М) является **основным маркером клинической интерпретации** скрининг-заключения, определяющим при М менее 15 % — отсутствие значимых отклонений (норма); при М = 15 – 18 % — пограничное состояние (целесообразен контроль динамики); при М = 19 – 23 % — значимое отклонение (если это отклонение выявлено впервые, то необходим контроль динамики и целесообразно обследование); при М = 23 – 100 % — выраженное отклонение, патология или выраженная патология (срочно необходимо врачебное обследование).

Аналогично, показатель «Ритм» = 100 % проявляется при максимально выраженных изменениях характеристик variability R—R интервалов, *свойственных выраженным аритмиям или сильному стрессу*.

Индикатор «Детализация» дает информацию о сходстве данного портрета с портретами некоторых типичных, часто встречающихся патологий. Появление больших индексов, равных или близких к числу эталонов в группе, свидетельствует о значительных отклонениях, например: «0–8–10–19–1–4–20–2–12».

Если сумма G3+G4+G7 имеет стабильно увеличенные значения — это важный признак вероятности нарушений коронарного кровотока и перфузии миокарда. Важно соотнести повышение индексов детализации с показателем М («Миокард»). Если его значение находится в диапазоне 15–25 % и имеются отклонения в группах детализации G3, G4, G7, это соответствует пограничному состоянию и говорит о надежном признаке гипоксии. Если отклонения в индексах детализации крайне незначительны — вероятнее всего, изменения обусловлены электролитными, гормональными или другими метаболическими факторами. При необходимости уточнения показано проведение нагрузочной пробы.

Сумма показателей G5+G6 (реполяризация желудочков) также часто сопутствует недостаточной оксигенизации миокарда, однако увеличенные значения G5+G6 могут быть обусловлены и другими причинами, например симпато-адреналовой активацией, электролитными сдвигами и др.

Группа G9 является наиболее чувствительным индикатором компенсаторных и патологических реакций миокарда желудочков при гипертрофии и при ишемии миокарда левого желудочка.

Индикатор «Ритм» является достаточно динамичной величиной, особенно при короткой экспозиции 30 сек. У здорового городского жителя этот показатель колеблется в диапазоне 20–60 %, как правило, увеличиваясь к вечеру. Если индикатор «Ритм» устойчиво превышает 50 % в любое время суток и у пациента нет значимой аритмии, то это свидетельство наличия в организме постоянного источника повышенного напряжения регуляторных систем (нервное напряжение, дисфункции внутренних органов, воспалительный процесс и т. п.).

При повышенных индексах миокарда (но менее 25 %) проводится нагрузочная проба при условии отсутствия у пациента тахикардии и повышенного артериального давления, хорошей физической работоспособности.

У здоровых пациентов дисперсионные характеристики не изменяются или меняются незначительно. Если индекс «Миокард» при нагрузке превышает

17 %, то это признак отклонений. Если на нагрузке значения индексов G3, G4, G7, G9 увеличиваются не более чем на 2 единицы каждый и через 4 мин. возвращаются к исходным значениям — это вариант нормы.

Если индекс «Миокард» исходно выше 15 %, а индексы G3–G9 при нагрузке и при восстановлении равны L, S, 0, то это может быть признаком отклонений, обусловленных преходящими метаболическими причинами.

Если выявлены более значительные отклонения — необходимо назначить контроль динамики, направить пациента к кардиологу и т. д.

Целью нашего экспериментального исследования было изучение особенностей функционального состояния сердечной деятельности юных спортсменов с помощью метода дисперсионного картирования ЭКГ. Были обследованы три группы: юноши-тяжелоатлеты 16–17 лет, девушки-тяжелоатлетки, а также юноши футболисты этого же возраста до и после нагрузки. Среди полученных показателей основное внимание мы обратили на показатели состояния миокарда — «Миокард», «Ритм» и индексы детализации G3, G4, G7, G9.

Выбор двух спортивных специализаций был обусловлен тем, что первая группа относится к силовым видам спорта, характеризующимся некоторой дисгармоничностью физического развития, а вторая испытывает длительные нагрузки преимущественно аэробного характера, отличается гармоничным развитием.

После оценки данных кардиовизора были получены следующие результаты (табл. 1–3).

Таблица 1

Индикаторы сердечной деятельности спортсменов — юношей различных специализаций, выявленные методом дисперсионного картирования ЭКГ в покое

Исследуемая группа	Миокард, M ± tm, %	Ритм, ± tm, %	G3 ± δ	G4 ± δ	G7 ± δ	G9 ± δ
Тяжелоатлеты (n = 11)	16,7 ± 2,7	25,7 ± 7,7	0,8 ± 1,4	0,18 ± 0,4	2 ± 2,5	3,81 ± 4,0
Футболисты (n = 20)	14,65 ± 2,5	26,1 ± 9,2	0	0	0,55 ± 1,6	4,45 ± 4,2

Таблица 2

Индикаторы сердечной деятельности спортсменов — юношей различных специализаций, выявленные методом дисперсионного картирования ЭКГ после нагрузки

Исследуемая группа	Миокард, M ± tm, %	Ритм, ± tm, %	G3 ± δ	G4 ± δ	G7 ± δ	G9 ± δ
Тяжелоатлеты (n = 11)	23,09 ± 9,3	48,3 ± 13,5	3,81 ± 4,1	0,09 ± 0,2	2,90 ± 2,5	5,09 ± 3,8
Футболисты (n = 20)	16,3 ± 2,5	33,85 ± 6,5	1,2 ± 2,2	0	0,35 ± 0,5	2,45 ± 2,4

Таблица 3

Индикаторы сердечной деятельности девушек-тяжелоатлетов, выявленные методом дисперсионного картирования ЭКГ в покое и после нагрузки

Исследуемая группа	Миокард, М ± tm, %	Ритм, ± tm, %	G3 ± δ	G4 ± δ	G7 ± δ	G9 ± δ
В покое	21,5 ± 7,1	40,67 ± 8,2	2,67 ± 5,9	4 ± 7,9	2,17 ± 3,2	5,5 ± 5,5
После нагрузки	29,67 ± 7,5	50,5 ± 15,8	6 ± 5,9	12,33 ± 7,5	3,67 ± 2,1	4,33 ± 4,6

Как видно из данных, приведенных в таблицах, индикаторы состояния миокарда («Миокард» и индексы детализации G3, G4, G7, G9) были повышены у юношей и особенно у девушек, занимающихся тяжелой атлетикой. После нагрузки эта тенденция сохранялась, и степень отличия от нормы увеличивалась. Если в покое средние значения у юношей лишь слегка превышают норму, то после нагрузки появляются значимые отклонения. У девушек значимые отклонения после нагрузки становятся выраженными.

В группе юношей-футболистов также наблюдалось небольшое превышение нормы показателей состояния миокарда в покое, но после нагрузки интегральный показатель «Миокард» увеличился незначительно. У основной массы испытуемых футболистов не произошло увеличения индексов детализации, однако прирост суммы в процентах отмечен значительный.

Индекс детализации G9 (индикатор гипертрофии левого желудочка) также увеличен во всех группах, особенно у юношей-тяжелоатлетов после нагрузки, но разброс показателей очень велик. У большинства девушек и юношей-футболистов увеличения показателя после нагрузки не произошло.

Показатель «Ритм» во всех группах остается в норме, после нагрузки он увеличивается, но тоже в пределах нормы.

Оценка погрешности измерений при небольшом объеме выборки пока не позволяет сделать вывод о достоверности отличий, однако прослеживается устойчивая тенденция нарастания признаков гипоксии и гипертрофии миокарда у юношей и девушек, занимающихся тяжелой атлетикой.

На диаграмме (см. рис. 1) отображен прирост среднего значения индикатора «Миокард» и суммы индексов детализации G3+G4+G7 (предиктора гипоксии) в трех исследуемых группах юных спортсменов после нагрузки. Прирост данных индикаторов наблюдается во всех группах, особенно по сумме G3+G4+G7. У девушек были выявлены наиболее неблагоприятные результаты функционального состояния миокарда, а прирост составил 38 % по индикатору «Миокард» и 147 % по сумме индексов G3+G4+G7. У юношей-тяжелоатлетов прирост составил 38 % и 126 % соответственно, наименьший прирост по индексу «Миокард» был у юношей-футболистов (11 %), но по сумме индексов он также составил 154 %.

Оценивая влияние занятий спортом на функциональное состояние миокарда занимающихся, нельзя обращать внимание только на изменение средних показателей, ведь организм каждого спортсмена индивидуален. Влияние нагрузки также должно оцениваться индивидуально. При изучении всего комплекса данных

состояния миокарда занимающихся мы сделали вывод о наличии в группах тяжелоатлетов лиц с особо измененными показателями, которые стабильно ухудшались после нагрузки. Для оценки доли лиц с повышенным риском мы построили диаграммы распределения по степени отличия показателей от нормы (рис. 2–3).

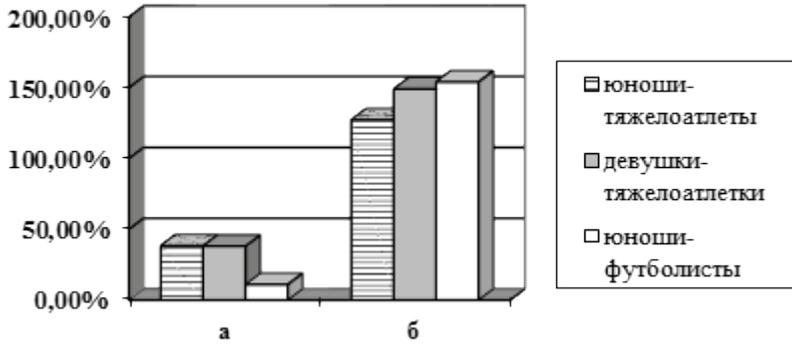


Рис. 1. Прирост среднего значения индикатора «Миокард» (а) и суммы индексов детализации G3+G4+G7 (б) в исследуемых группах после нагрузки

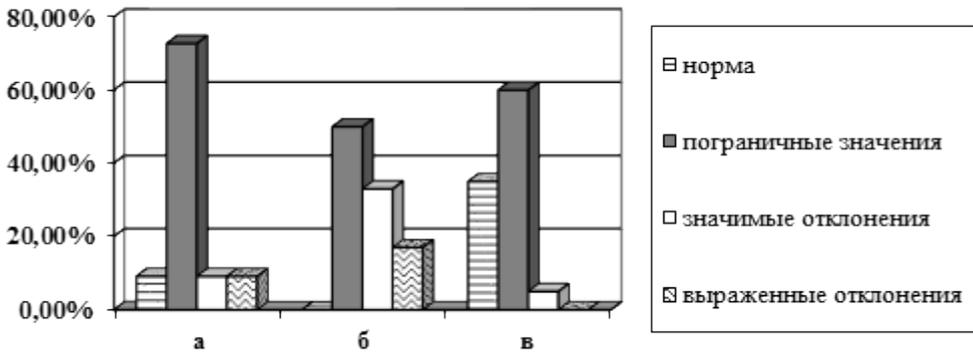


Рис. 2. Распределение в группах спортсменов по значениям индикатора «Миокард» в покое:
а) юноши-тяжелоатлеты; б) девушки-тяжелоатлетки; в) юноши-футболисты

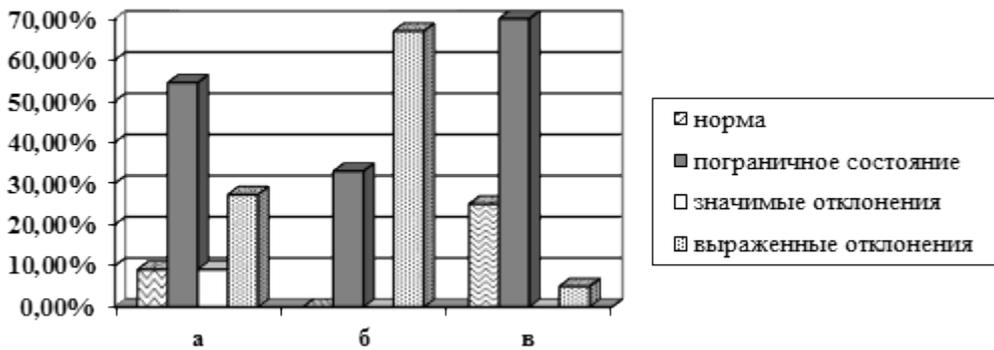


Рис. 3. Распределение в группах спортсменов по значениям индикатора «Миокард» после нагрузки

Из диаграммы на рисунке 2 видно, что в группах спортсменов очень мало лиц с нормальными показателями состояния миокарда даже в состоянии покоя. Больше всего процент нормальных значений был выявлен у футболистов (35 %), но и в этой группе у 65 % обследуемых выявлены пограничные значения. Практически отсутствует норма в группе девушек-тяжелоатлетов, при этом значимые и выраженные отклонения составили 33 % и 17 % соответственно. У юношей-тяжелоатлетов 9,1 % нормы, 72,7 % — пограничные значения, при этом значимые и выраженные отклонения составили 9,1 % и 9,1 %.

Ситуация в распределении ухудшается после нагрузки (см. рис. 3).

В группе юношей-тяжелоатлетов увеличивается число спортсменов со значимыми отклонениями до 27,3 % (при этом подгруппа нормы сохраняется, но уменьшается процент лиц с пограничными отклонениями). У девушек резко увеличивается доля лиц с выраженными (самыми серьезными) отклонениями с 17 % до 67 %. У футболистов изменения менее выраженные: уменьшается группа лиц с нормальными показателями за счет перехода в группу с пограничными значениями, что считается нормальным после нагрузки.

Таким образом, проанализировав результаты исследования, можно сделать предварительные выводы:

1. Применение метода дисперсионного картирования ЭКГ у юных спортсменов выявило тенденцию к увеличению выраженности патологических показателей состояния миокарда по признаку гипоксии и гипертрофии левого желудочка по сравнению с нормой во всех обследованных группах. После применения нагрузки тенденция значительно возрастает.

2. Более значительные отклонения от нормальных показателей функционального состояния сердца выявляются у тяжелоатлетов, особенно в группе девушек. Такие спортсмены должны проходить серьезное медицинское обследование с целью уточнения диагноза и оптимизации (ограничения) режима тренировочных нагрузок.

Литература

1. *Гаврилова Е.А.* Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия. М.: Советский спорт, 2007. 22 с.
2. *Дембо А.Г., Земцовский Э.В.* Спортивная кардиология: Руководство для врачей. Л., 1989. 463 с.
3. *Павлов В.И., Орджоникидзе Е.Г., Дружинин А.Е., Иванова Ю.М.* Особенности ЭКГ спортсмена // Функциональная диагностика. 2005. № 4. С. 65–74.
4. *Полянская О.* Особенности изменений электрокардиограммы у спортсменов при занятии различными видами спорта // Медицина для спорта: мат-лы Первого Всероссийского конгресса. М., 2011.
5. *Рябыкина Г.В., Сула А.С.* Использование прибора КардиоВизор – Обс для скрининговых обследований. Метод дисперсионного картирования: пособие для врачей. М.: Российский кардиологический научно-производственный комплекс, 2004. 78 с.
6. *Halawa B.* Cardiovascular diseases as a cause of sudden death in athletes / *Pol Merkur Lekarski* – 2004. – Jan; 16 (91): 5–7.

Literatura

1. *Gavrilova E.A.* Sportivnoe serdce. Stressornaya kardiomiopatiya. M.: Sovetskij sport, 2007. 22 s.
2. *Dembo A.G., Zemczovskij E'.V.* Sportivnaya kardiologiya: Rukovodstvo dlya vrachej. L., 1989. 463 s.
3. *Pavlov V.I., Ordzhonikidze E.G., Druzhinin A.E., Ivanova Yu.M.* Osobennosti E'KG sportsmena // Funkcional'naya diagnostika. 2005. № 4. S. 65–74.
4. *Polyanskaya O.* Osobennosti izmenenij e'lektrokardiogrammy' u sportsmenov pri zanyatii razlichny'mi vidami sporta // Medicina dlya sporta: mat-ly' Pervogo Vserossijskogo kongressa. M., 2011.
5. *Ryaby'kina G.V., Sula A.S.* Ispol'zovanie pribora KardioVizor – 06s dlya skringovy'x obsledovanij. Metod dispersionnogo kartirovaniya: posobie dlya vrachej. M.: Rossijskij kardiologicheskij nauchno-proizvodstvenny'j kompleks, 2004. 78 s.
6. *Halawa B.* Cardiovascular diseases as a cause of sudden death in athletes / Pol Merkur LekarskL – 2004. – Jan; 16 (91): 5–7.

I.Yu. Kulyshkin,

M.V. Zvereva

**The Application of the Method of Dispersion Charting of ECG
to Detect Changes in Functional Indicators of Cardiac Activity
in Young Athletes of Different Specializations**

The purpose of the study is early detection of possible pathological changes of cardiac function in athletes of different specializations. This is one of the important directions in the prevention of diseases associated with sport load. Conventional methods often do not show pathological changes in the myocardium in the early stages of the process. Method of dispersion charting of ECG is different because with its help it is possible to obtain early predictors of myocardial electrical instability associated with hypoxia or hypertrophy of the heart muscle.

Keywords: dispersion charting of ECG; functional indicators of cardiac activity; sportsmen weightlifters; sportsmen football players.