

УДК 612.014

Н.К. Саваневский, Г.Е. Хомич, Л.А. Левыкина

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ КАРДИОРИТМА И ЕГО РЕГУЛЯЦИЯ У ДЕВУШЕК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Импедансометрическим методом установлены вариабельность сердечного ритма и особенности его регуляции у девушек, долго проживавших в районах радиоактивного загрязнения, при выполнении физической статической нагрузки. Установлено, что у девушек с исходным констрикторным состоянием кровеносных сосудов ног выполнение статической нагрузки вызывает уменьшение вариабельности кардиоритма и снижение роли парасимпатических нервных механизмов в регуляции сердечных сокращений.

В регуляции работы сердца большая роль принадлежит симпатическим и парасимпатическим нервам. Под влиянием симпатических нервов увеличивается частота сердечных сокращений, т.к. симпатические нервы, стимулируя β -адренорецепторы синусоатриального узла, смещают водители ритма к клеткам с самой высокой автоматической активностью. Раздражение блуждающего нерва, в свою очередь, стимулирует М-холинорецепторы синусоатриального узла, вследствие чего наблюдается брадикардия. Синусоатриальный и атриовентрикулярный узлы находятся в основном под влиянием блуждающего нерва и, в меньшей степени, симпатических нервов, в то время как желудочки контролируются симпатическими нервами [11].

Колебания характеристик сердечного ритма содержат достаточно обширную интегральную информацию о состоянии организма в целом и могут быть средством для оценки функционального состояния регуляторных систем. Главным регулятором интегративных функций организма, обеспечивающим функциональную связь систем и органов, сохранность метаболических процессов, взаимодействие с окружающей средой, выступает нервная система, в первую очередь ее вегетативные центры. Изменение активности симпатического и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) отражается на показателях сердечного ритма.

Принято считать, что снижение показателей вариабельности сердечного ритма свидетельствует о нарушении контроля со стороны вегетативной нервной системы и появлении неблагоприятных факторов для деятельности сердечно-сосудистой системы [7]. Одним из таких факторов может являться хроническое низкоинтенсивное радиоактивное облучение. Среди многих факторов, от которых зависит ритм сокращений сердца, значительную роль играют физическая нагрузка и тонус периферических кровеносных сосудов. Выяснение зависимости вариабельности сердечного ритма от физической нагрузки и исходного состояния тонуса определенного сосудистого региона у людей, постоянно проживающих в районах с повышенным радиоактивным фоном, является актуальным для организации безопасной трудовой деятельности на радиационно загрязненных территориях.

Установлено [9], что у детей, проживающих в регионах с различным уровнем загрязнения радионуклидами, наблюдается высокий процент нарушений регуляции периферического, мозгового и системного тонуса артериальных сосудов. Исследования, проведенные на студентах, имевших статус потерпевших от

последствий аварии на ЧАЭС, показывают, что гемодинамические показатели у большинства из них сохраняются в границах нормальных значений, однако имеют большое непостоянство [6]. Ритм сокращений сердца сильно зависит от величины и характера физической нагрузки и тонуса периферических кровеносных сосудов. На регуляторные механизмы сердечно-сосудистой системы оказывает также влияние хроническое низкоинтенсивное радиоактивное облучение [5].

Ранее нами было установлено, что у девушек, имевших различный фоновый тонус микрососудов и магистральных сосудов нижних конечностей, выполнение физической статической нагрузки вызывает неодинаковые изменения просвета кровяного русла, частоты сердечных сокращений и систолического артериального давления [8; 10]. Выяснение зависимости показателей сердечного ритма и уровня активности вегетативных механизмов регуляции ритма сердца от вида физической нагрузки и исходного состояния тонуса определенного сосудистого региона представляется весьма актуальным для индивидуальной дозировки нагрузок в трудовой деятельности, а также в тренировочном процессе в некоторых видах спорта.

В настоящей работе представлены результаты исследования вариабельности ритма сердца и некоторых показателей регуляции кардиоритма у девушек-студенток 18–20-летнего возраста с исходным умеренно повышенным (констрикторным) тонусом мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей. Студентки более 15 лет постоянно проживали на местности с повышенным радиоактивным фоном с уровнем загрязнения по цезию-137 от 1 до 5 Кю/км². В качестве физической статической нагрузки, не приводящей к акту натуживания, применялось удержание штанги на вытянутых вверх руках в положении лежа в течение 1 минуты. Вес штанги составлял 50% от максимального, который девушка могла поднять.

По методике А.А. Астахова [1] на многофункциональном мониторе кровенаполнения «Кентавр» импедансометрическим способом исследовались гемодинамические показатели сердечно-сосудистой системы, в том числе амплитуда реоволны большого пальца ноги (АРП), амплитуда реоволны голени (АРГ), частота сердечных сокращений (ЧСС), мода частоты пульса (Мо), индекс напряжения Р.М. Баевского (ИН) и вариационный размах кардиоинтервалов (ΔX). Указанные показатели регистрировались в горизонтальном положении в состоянии покоя, при выполнении статической нагрузки и в период восстановления. Обследуемая студентка во время эксперимента помещалась на электродное одеяло. Электрическое сопротивление, или импеданс, тканей между электродами измерялось с помощью реографа Р4-02. С четырех каналов реографа сигналы поступали в монитор кровенаполнения «Кентавр», где производилась их компьютерная обработка. Определялась продолжительность кардиоинтервалов и с каждым ударом пульса автоматически рассчитывалась частота сердечных сокращений за 1 минуту.

Определение исходного тонуса мелких кровеносных сосудов нижних конечностей

для отбора в исследуемую группу осуществляли по показателям АРП, а крупных

кровеносных сосудов ног по значениям АРГ. При нормальном тонусе и,

соответственно, диаметре кровеносных сосудов у взрослого человека АРП

составляет примерно 80–150 мОм, а АРГ – 80–130 мОм. В случае

вазодилатации и гипотонии АРП равняется 160–300 мОм, АРГ – 140–300 мОм. При

умеренном сужении сосудов (констрикторном состоянии) значения АРП и АРГ уменьшаются до 70–30 мОм, а при очень сильном сужении кровеносных сосудов (спазматическом состоянии) величины АРП и АРГ падают ниже 30 мОм [2; 4].

Основываясь на приведенных данных литературы, в обследуемую группу были включены девушки, имевшие в состоянии покоя в горизонтальном положении АРП и АРГ в пределах 30–70 мОм.

Согласно данным литературы [3; 7], по величине M_0 можно судить об активности гуморального канала регуляции ритма сердца, а по величине ΔX – об активности парасимпатической регуляции сердечного ритма. Высокие значения M_0 , более 0,78 с, свидетельствуют о преобладании холинергических воздействий на сердце, менее 0,67 с – о главенствовании адренергических влияний, а величины M_0 в диапазоне 0,67–0,78 с указывают на уравновешенность гуморальных каналов регуляции. Показатели ΔX более 0,31 с свидетельствуют о преобладающем участии, 0,24–0,31 с – об адекватном, а менее 0,24 с – о маловыраженном участии парасимпатического отдела ВНС в регуляции ритма сердечных сокращений.

В результате проведенных нами исследований было установлено, что у студенток с исходным констрикторным состоянием мелких и крупных кровеносных сосудов ног в покое в положении лежа средняя частота сердечных сокращений составляла $74,07 \pm 0,26$ ударов в минуту. На рисунке 1 приведены типичные гистограммы ЧСС у одной из обследуемых студенток при нахождении ее в горизонтальном положении в состоянии покоя перед выполнением физической

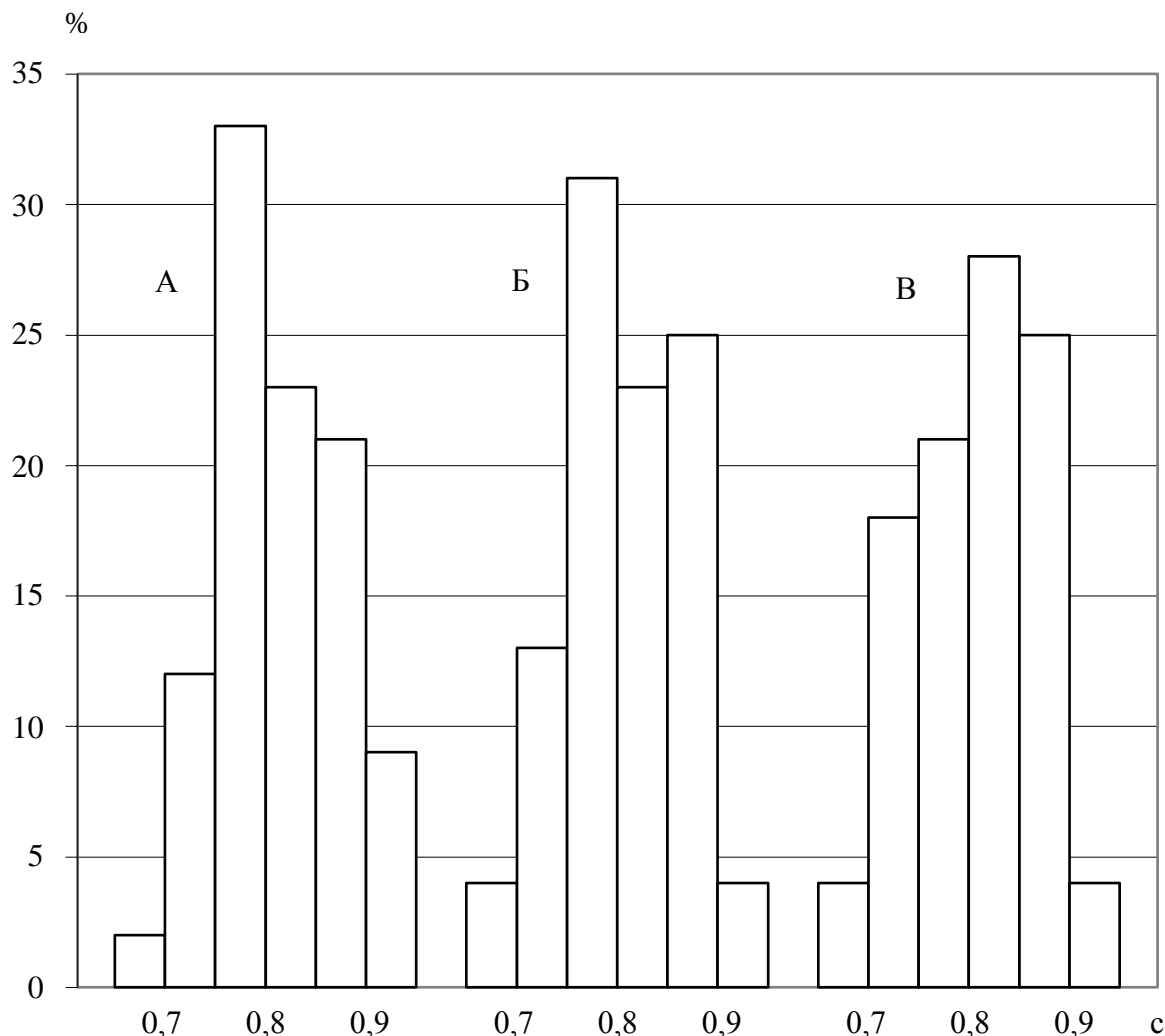


Рисунок 1 – Гистограммы сердечного ритма до статической нагрузки

статической нагрузки.

На гистограммах видно (рисунок 1 А, Б, В), что при средней ЧСС, равной у данной студентки $73,9 \pm 0,49$ ударов в минуту, от 21,0 до 33,0% от всех сердечных сокращений составляла частота пульса с межсистолическими интервалами 0,76–0,8 с. Это соответствует 75–79 ударам в минуту. Встречаемость кардиоинтервалов с большей длительностью, чем 0,8 секунды, распределялась следующим образом: от 23,0 до 28,0% составляли межсистолические промежутки продолжительностью 0,81–0,85 с (ЧСС 71–74 уд/мин), от 21,0 до 25,0% – длительностью 0,86–0,9 с (ЧСС 67–70 уд/мин) и всего в 4,0–9,0% случаев встречались кардиоинтервалы продолжительностью 0,91–0,95 с (частота пульса 63–66 уд/мин).

Гистограммы имели слегка асимметричный, близкий к нормальному вид. Поэтому реже регистрировались кардиоинтервалы с протяженностью меньше, чем 0,76 с. От 12,0 до 18,0% насчитывали межсистолические промежутки продолжительностью 0,71–0,75 с, что соответствует ЧСС 80–85 уд/мин. Всего 2,0–4,0% составляли кардиоинтервалы длительностью 0,66–0,7 с (ЧСС равна 86–91 уд/мин).

Таким образом, вариабельность ЧСС в покое у данной студентки находилась в границах 0,65–0,95 с, т.е. диапазон вариабельности составлял 0,3 с.

Выполнение в положении лежа односторонней физической статической нагрузки, не приводящей к акту натуживания, вызывало увеличение ЧСС до $92,58 \pm 0,36$ уд/мин в группе обследованных студенток, имевших в состоянии покоя констрикторное состояние мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей.

На рисунке 2 представлены гистограммы частоты пульса за 1–20 с (А), 21–40 с

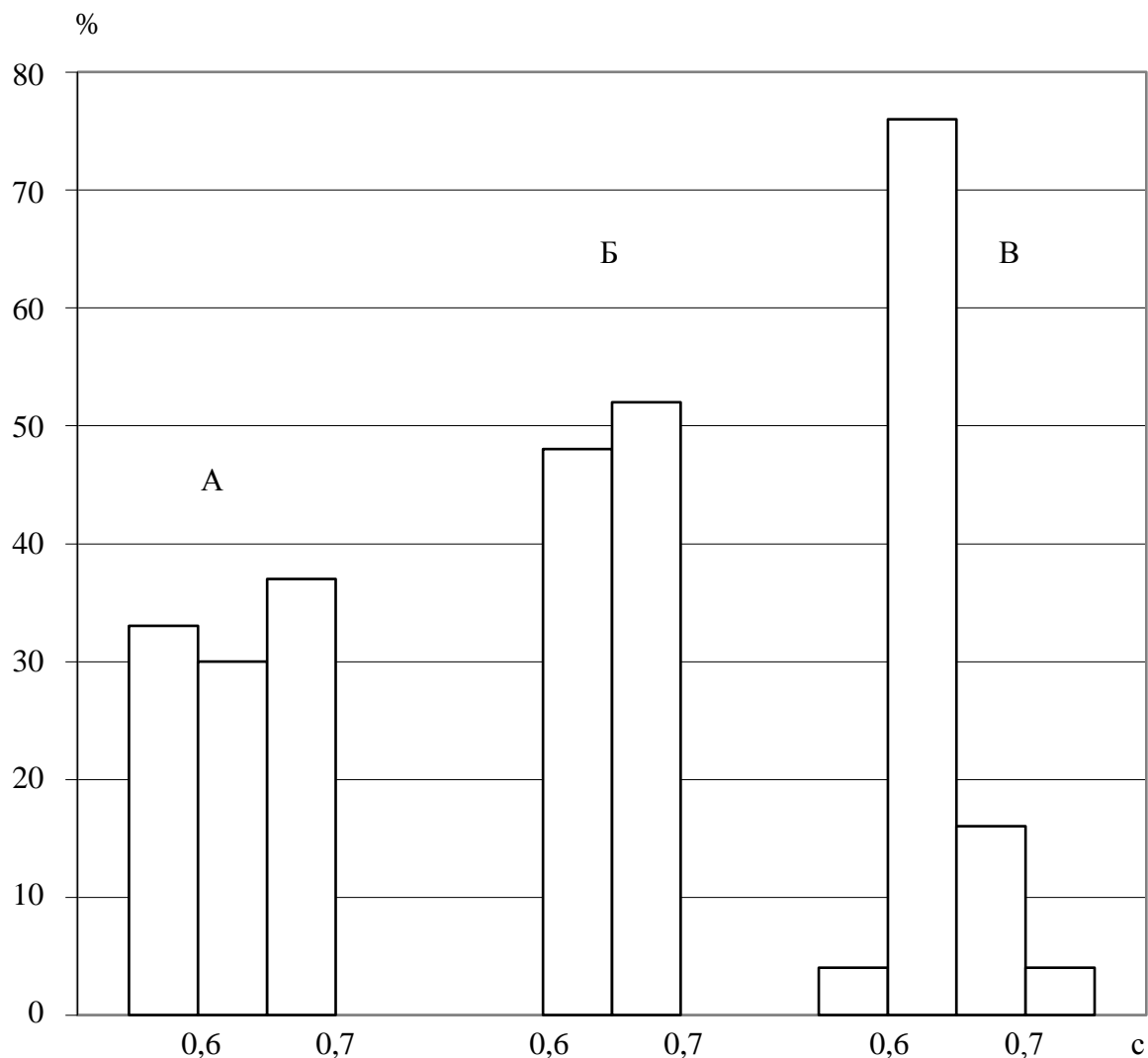


Рисунок 2 – Гистограммы сердечного ритма при статической нагрузке

(Б) и 41–60 с (В) выполнения статической нагрузки у той же студентки, чьи гистограммы сердечного ритма в состоянии покоя были изображены на рисунке 1.

В пересчете на одну минуту у данной студентки на первых 20 секундах выполнения статической нагрузки ЧСС возростала до $95,9 \pm 1,8$ уд/мин, на 21–40 секундах – составила $91,2 \pm 1,1$ уд/мин, а на 41–60 секундах равнялась $93,7 \pm 1,3$ уд/мин. Параллельно происходило уменьшение variability сердечного ритма. Во время первых 20 с выполнения физической статической нагрузки диапазон variability кардиоинтервалов уменьшался до 0,15 с и смещался в сторону более коротких межсистолических промежутков (рисунок 2 А). Гистограмма частоты пульса приобретала симпатикотонический вид.

Встречаемость кардиоинтервалов распределялась следующим образом. Наибольшее количество (37,0%) составляли межсистолические промежутки длительностью 0,66–0,7 с, что соответствует 86–91 ударам пульса в минуту. Несколько реже (33,0%) наблюдались кардиоинтервалы протяженностью 0,56–0,6 с (ЧСС 100–108 уд/мин) и еще реже, в 30,0% случаев, встречались межсистолические промежутки продолжительностью 0,61–0,65 с (ЧСС 92–99 уд/мин).

При дальнейшем удержании штанги на 21–40-й секундах диапазон variability кардиоинтервалов уменьшался втрое по сравнению с уровнем покоя и становился равным всего 0,1 с (рисунок 2 Б). В этот период выполнения статической нагрузки паузы между сокращениями сердца находились в пределах 0,61–0,7 с, а ЧСС колебалась в диапазоне 86–99 уд/мин.

На 41–60-й секундах выполнения статической нагрузки происходила некоторая стабилизация сердечного ритма, что отражалось в небольшом расширении диапазона variability ЧСС. Вместе с тем возростала эксцессивность гистограммы. В этот период 76,0% всех кардиоинтервалов имели продолжительность 0,61–0,65 с, что соответствует 92–99 ударам пульса в минуту. Межсистолические промежутки длительностью 0,66–0,7 с регистрировались в 16,0% случаев, протяженностью 0,71–0,75 с и 0,56–0,6 с наблюдались в 4,0% случаев. Как известно, уменьшение variability сердечного ритма указывает на возрастание влияния симпатических нервов и уменьшение регулирующего воздействия парасимпатических (блуждающих) нервов на сердечную деятельность.

После прекращения выполнения статической нагрузки происходило постепенное восстановление до уровня покоя значений ЧСС и variability сердечного ритма. На рисунке 3 представлены гистограммы сердечного ритма на 1-й (А), 2-й (Б) и 3-й (В) минутах восстановления. На гистограммах видно, что постепенно происходит смещение пиков гистограмм в сторону более продолжительных кардиоинтервалов, свидетельствующих об урежении ЧСС. Так, за первую минуту после прекращения выполнения статической нагрузки частота пульса в среднем составляла $80,4 \pm 1,3$ уд/мин, за вторую минуту – $75,7 \pm 1,1$ уд/мин, за третью минуту – $74,6 \pm 0,72$ уд/мин. На четвертой минуте ЧСС восстанавливалась до уровня покоя.

На 3-й минуте восстановления гистограммы приобретали нормальный вид (рисунок 3 В). Диапазон variability возростал по сравнению с периодом выполнения физической статической нагрузки и становился равным 0,25 с. Частота пульса колебалась от 63 до 83 уд/мин. Чаще всего (32%) встречались межсистолические интервалы длительностью 0,81–0,85 с. Реже наблюдались кардиоинтервалы протяженностью 0,76–0,8 с (27%) и 0,86–0,9 с (23%). Со значительно меньшей частотой регистрировались межсистолические промежутки продолжительностью 0,71–0,75 с (11%) и длительностью 0,91–0,95 с (7%).

Полученные результаты свидетельствуют, что у девушек с исходным констрикторным состоянием мелких и крупных кровеносных сосудов нижних

конечностей выполнение физической статической нагрузки вызывает уменьшение продолжительности кардиоинтервалов и сужение в три раза их вариальности, что свидетельствует о главенствующем влиянии симпатического отдела ВНС.

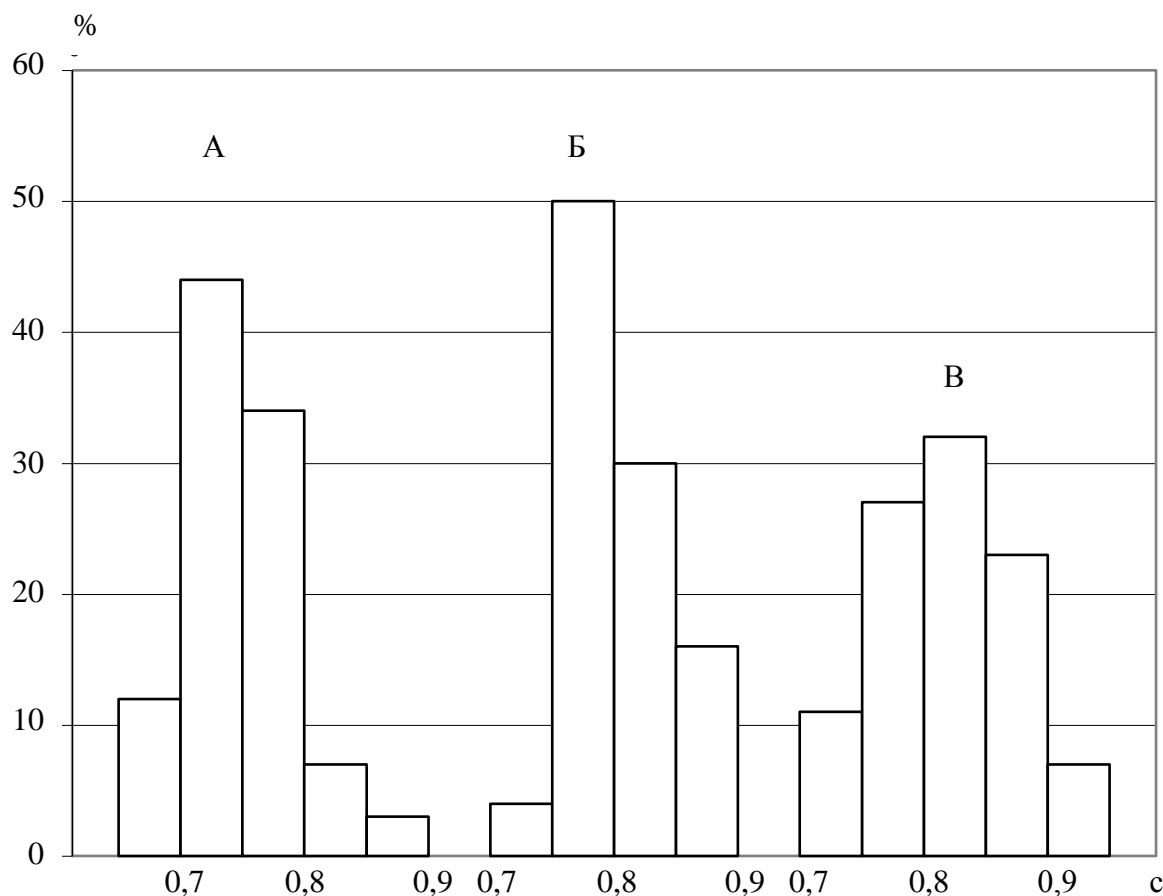


Рисунок 3 – Гистограммы сердечного ритма на 1-й (А), 2-й (Б) и 3-й (В) минутах восстановления после статической нагрузки

В результате исследований нами также были получены данные об активности указанных регуляторных механизмов у студенток, более 15 лет проживавших на местности с повышенным радиоактивным фоном и имевших констрикторное состояние кровеносных сосудов нижних конечностей (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение (в %) студенток, имеющих разные показатели сердечного ритма в покое и при выполнении статической нагрузки

Серия опытов	Mo (с)			ΔX (с)		
	<0,6	0,67–	>0,7	<0,2	0,24–	>0,3
	7	0,78	8	4	0,31	1

1. Покой в горизонтальном положении	5	37	58	37	47	16
2. Удержание штанги в горизонтальном положении	63	26	11	63	32	5
3. Восстановление в горизонтальном положении	16	58	26	26	63	11

Как видно из таблицы, в состоянии покоя в горизонтальном положении преобладание гуморальных холинергических влияний на кардиоритм обнаруживалось у 58% студенток, уравновешенность действия холинергических и адренергических факторов выявлялось у 37% обследованных, а доминирование адренергического канала регуляции наблюдалось только у 5% девушек (таблица 1, серия 1). Показатели вариационного размаха кардиоинтервалов у студенток в состоянии покоя также были разными. Чаще всего (в 47% случаев) обнаруживалось адекватное влияние парасимпатического отдела ВНС на сердечный ритм, о чем свидетельствовали показатели вариационного размаха кардиоинтервалов, находившиеся в диапазоне 0,24–0,31 с. У 37% студенток влияние парасимпатического отдела было выражено очень слабо и у 16% обследованных наблюдалось преобладание парасимпатической нервной системы в регуляции ритма сердца (таблица 1, серия 1).

При выполнении физической статической нагрузки значительно увеличилось количество девушек, у которых более активными стали гуморальные адренергические механизмы регуляции (таблица 1, серия 2). Так, преобладание гуморальных адренергических влияний обнаруживалось у 63% студенток, а доминирование холинергического канала регуляции сохранялось только у 11% обследованных. Удержание штанги сопровождалось также снижением влияния парасимпатического отдела ВНС на сердечный ритм, о чем можно было судить по увеличению числа девушек (до 63%), у которых ΔX был меньше 0,24 с. При выполнении статической нагрузки существенно уменьшалось количество студенток (до 5%), у которых сохранялось главенствующее участие парасимпатической нервной системы в регуляции кардиоритма.

После прекращения физической статической нагрузки происходило постепенное возвращение исследуемых показателей до уровня покоя, что свидетельствовало о восстановлении фоновых уровней гуморальной и нервной регуляции сердечного ритма. Величины M_0 и ΔX на 2–3-й минутах восстановления приведены в таблице (серия 3).

Определение ИН по формуле, предложенной Р.М. Баевским [3], показало, что в состоянии покоя в горизонтальном положении до выполнения статической нагрузки среднее значение ИН в обследуемой группе студенток составляло $20,2 \pm 0,34$ у.е.

Во время выполнения статической нагрузки ИН увеличивался до $54,7 \pm 0,51$ у.е., а на второй минуте после окончания удержания штанги ИН равнялся $20,0 \pm 0,37$ у.е. Согласно данным литературы [3; 7], значения ИН менее 70 у.е. указывают на ваготонию.

Таким образом, полученные нами данные дают основания предполагать, что у девушек, более 15 лет проживавших на местности, загрязненной радионуклидами вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, и имевших исходный констрикторный тонус микро- и макрососудов ног, в регуляции кардиоритма при горизонтальном положении тела в состоянии покоя преобладающую роль играют гуморальные холинергические факторы при одновременно уравновешенном адекватном участии парасимпатического отдела ВНС. Выполнение умеренной физической статической нагрузки вызывает резкое увеличение роли адренергических гуморальных влияний и значительное ослабление парасимпатических нервных влияний в регуляции сердечного ритма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахов, А. А. Многофункциональный импедансный мониторинг сердечно-сосудистой системы и легких / А. А. Астахов. – Челябинск, 1989. – 18 с.
2. Астахов, А. А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики и анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А. А. Астахов. – Челябинск, 1996. – Ч. 1, 2. – 330 с.
3. Баевский, Р. М. Ритмы сердца у спортсменов / Р. М. Баевский, Р. Е. Мотылянская. – Москва, 1986. – 143 с.
4. Виноградова, Т. С. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / Т. С. Виноградова. – М. : Медицина, 1986. – 416 с.
5. Лобанок, Л. М. Модификация механизмов нейрогуморальной регуляции сердечно-сосудистой системы под воздействием низкоинтенсивных ионизирующих излучений / Л. М. Лобанок // Тез. докл. X съезда Белорусского об-ва физиологов. – Минск, 2001. – С. 92–93.
6. Пикалюк, В. С. Показники периферичного кровообігу у студентів Волинського державного університету, які мають статус потерпілих внаслідок аварії на ЧАЕС / В. С. Пикалюк, О. В. Степук // Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки. – 2000. – № 7. – С. 165–169.
7. Практикум по психофизиологической диагностике / Н. Г. Блинова [и др.]. – Москва, 2000. – 128 с.
8. Саваневский, Н. К. Реакции кровеносной системы на статическую нагрузку у людей, долго проживавших в районах радионуклидного загрязнения / Н. К. Саваневский, Г. Е. Хомич, О. А. Якимук // Вучоныя запіскі Брэсцкага дзярж. ун-та імя А.С. Пушкіна. – 2005. – Т. 1, ч. 2. – С. 130–142.
9. Хвисковец, Г. Е. Особенности периферической гемодинамики у детей и подростков, проживающих на загрязнённых радионуклидами территориях Республики Беларусь / Г. Е. Хвисковец // Здоровье детей Белорусского Полесья : сб. науч. статей. – Минск, 2003. – С. 103–105.
10. Хомич, Г. Е. Влияние физической нагрузки на сердечно-сосудистую систему у девушек, много лет проживавших на местности с повышенным радиоактивным фоном / Г. Е. Хомич, О. А. Якимук // Веснік Брэсцкага ун-та. – 2004. – № 3. – С. 72–77.
11. Mohrman, D. Cardiovascular Physiology / D. Mohrman, L. Heller. – New York, 1997. – 256 p.

N.K. Savanevski, G.E. Khomich, L.A. Levikina. Cardioritm Variability and its Regulation at Girls at Performance of Physical Static Loading

By impedansometrical method the variability of heart rhythm and feature of its regulation for the girls living long in areas of radioactive pollution while performing physical static loading is established. It is shown that with the girls having source constrictic condition of leg blood vessels the performance of static loading results in the decrease of cardiorhythm variability and the reduction of the role of parasympathetic nervous mechanism in regulation of heart contractions.