

УДК 612.014

Н.К. Саваневский, Г.Е. Хомич, Е.Н. Саваневская

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ДОЗИРОВАННУЮ НАГРУЗКУ

Представлены результаты исследования изменения моды частоты пульса и вариационного размаха кардиоинтервалов на дозированную статическую физическую нагрузку. Обнаружены различия в исследуемых показателях в зависимости от фонового тонуса периферических кровеносных сосудов.

Введение

Система управления ритмом сердца отличается сложными и многообразными нейрогуморальными и гуморальными связями и имеет многоконтурную иерархическую структуру. Анализ сердечного ритма является одним из важнейших методов оценки функционального состояния кровеносной системы и степени напряжения ее регуляторных механизмов. Он позволяет определить уровень вегетативного гомеостаза и по степени преобладания активности симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), по величине активации подкорковых нервных центров оценить напряжение регуляторных систем [1; 2].

С помощью математического анализа ритма сердца выявляется наличие колебательных процессов с различными периодами, которые отражают деятельность механизмов центрального управления и саморегуляции с целью адаптации организма к окружающей среде. Степень напряжения регуляторных механизмов при том или ином состоянии организма определяется его текущим уровнем функционирования, а также внешними воздействиями, особенно имеющими экстремальный или субэкстремальный характер [3].

Нервная регуляция работы сердца осуществляется симпатическими и парасимпатическими нервами. 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 вызывается 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 [1; 2].

Ритм сердечных сокращений находится также под влиянием импульсов, исходящих из сердечно-аортального, синокаротидного и других сплетений. Кроме того, среди факторов, влияющих на сердечно-сосудистый центр, выделяют гуморальные изменения крови и геморецепторный рефлекс [3]. 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 ВНС отражается на показателях сердечного ритма.

Среди многих факторов, от которых зависит ритм сокращений сердца, важное место занимают физическая нагрузка и тонус периферических кровеносных сосудов.

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.

Заболевания сердечно-сосудистой системы занимают ведущее место в мире по встречаемости и причинам смертности. Увеличивается количество заболеваний органов кровообращения у детей и подростков. Особую актуальность эта проблема приобретает в связи с увеличением загрязнения окружающей среды, возрастанием стрессовых нагрузок, что влияет на функциональное состояние сердца и периферического кровяного русла. Уменьшение эластичности кровеносных сосудов снижает возможность перераспределения крови между сосудистыми регионами тела человека при различных физических нагрузках, что отражается на состоянии и деятельности органов и тканей.

Объект и методика исследований

В настоящей работе исследовались некоторые показатели регуляции ритма сердца у девушек-студенток в состоянии покоя и при выполнении физической статической нагрузки. В обследуемые группы были подобраны студентки, которые имели различный тонус мелких и крупных (магистральных) кровеносных сосудов нижних конечностей. Девушки на момент эксперимента не предъявляли жалоб на состояние здоровья, не имели хронических заболеваний и были в возрасте 17–19 лет. В качестве 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 [3] на полифункциональном 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 (M_0) 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. Электроды накладывались на спину, грудь, плечевые и бедренные отделы конечностей, на голень и большой палец правой ноги. Электрическое сопротивление, или импеданс, тканей между электродами измерялось с помощью реографа Р4-02. С четырех каналов реографа сигналы поступали в монитор кровенаполнения «Кентавр-1», где производилась их компьютерная обработка.

Определение исходного тонуса мелких кровеносных сосудов (микрососудов) нижних конечностей для отбора в исследуемые группы 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 [5; 6].

Исходя из значений АРП и АРГ в состоянии покоя, все обследованные девушки были разделены на 6 экспериментальных групп: 1-я группа – с нормальным тонусом мелких и крупных кровеносных сосудов; 2-я группа – с констрикторным состоянием мелких и нормальным тонусом крупных сосудов; 3-я группа – с констрикторным со-

стоянием мелких и крупных кровеносных сосудов; 4-я группа – со спазматическим состоянием микрососудов и констрикторном состоянии магистральных сосудов; 5-я группа – со спазматическим состоянием мелких и крупных сосудов; 6-я группа – с дилататорным состоянием микрососудов и магистральных кровеносных сосудов.

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 ЧСС. 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. Достоверность полученных данных оценивали по t -критерию Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенного исследования нами были получены данные об активности нервных и гуморальных механизмов регуляции ритма сердца у студенток, имевших в состоянии покоя различный фоновый тонус мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей. Было обнаружено, что активность гуморального (адренергического и холинергического) канала регуляции ритма сердца различается у девушек, имевших в состоянии покоя различный фоновый тонус периферических кровеносных сосудов.

Как видно из таблицы 1, в состоянии покоя в горизонтальном положении преобладание холинергических гуморальных влияний на сердечный ритм обнаруживалось у 91,7% студенток первой группы, имевших фоновый нормальный тонус кровеносных сосудов нижних конечностей. Ни у одной из девушек этой группы не наблюдалось преобладания адренергических воздействий.

Таблица 1 – Распределение (в %) девушек в каждой из экспериментальных групп, имевших различные показатели активности гуморального канала регуляции ритма сердца

Исследуемая группа	Мода частоты пульса (M_0)								
	Покой			Нагрузка			Восстановление		
	<0,67	0,67–0,68	>0,78	<0,67	0,67–0,68	>0,78	<0,67	0,67–0,68	>0,78
1-я группа	–	8,3	91,7	4,2	50,0	45,8	–	12,5	87,5
2-я группа	3,6	16,7	79,7	16,7	55,6	27,7	–	33,3	66,7
3-я группа	5,3	34,8	59,9	43,2	36,3	20,5	5,8	57,9	36,3
4-я группа	7,6	36,0	56,4	49,0	31,5	19,5	5,7	44,8	51,5
5-я группа	9,8	39,6	50,6	51,4	29,0	19,6	9,5	33,9	56,6
6-я группа	–	17,6	82,4	1,3	38,3	60,4	–	23,5	76,5

Выполнение физической статической нагрузки приводило к снижению в 2 раза количества девушек с преобладанием влияния холинергических гуморальных воздействий в регуляции ритма сердца. У половины девушек из первой группы преобладание холинергических влияний на сердце сменялось уравновешенностью адренергического и холинергического каналов регуляции. В то же время наблюдалось преобладание влияния адренергических гуморальных факторов у 4,2% студенток. После окончания выполнения нагрузки влияние холинергического канала регуляции начинало возрастать, и после второй минуты восстановления оно обнаруживалось у 87,5% девушек. Исчезало преобладание адренергических влияний на сердечный ритм.

Во второй группе с фоновым констрикторным состоянием мелких и нормальным тонусом крупных сосудов в состоянии покоя выявлялись девушки (3,6%) с доминированием адренергических факторов регуляции, чего не наблюдалось в первой группе. Удержание штанги увеличивало в 4,6 раза число студенток с повышенной активностью адренергических влияний и уменьшало в 2,9 раза процент девушек с преобладанием холинергических воздействий. После окончания нагрузки восстановление исходного уровня показателей происходило медленнее, чем у обследуемых из первой группы.

У студенток 3-й, 4-й и 5-й групп выявлялся все возрастающий тонус кровеносных сосудов нижних конечностей, проявляющийся в констрикторном состоянии мелких и крупных сосудов в 3-й группе, в спазматическом тонусе мелких и констрикторном тонусе крупных сосудов в 4-й группе и в спазматическом состоянии всего кровяного русла в 5-й группе. Весьма вероятно, что такой тонус кровеносных сосудов обусловливался возрастанием активности адренергических влияний, отражающихся и на регуляции ритма сердца. Так, в состоянии покоя преобладание адренергических механизмов регуляции ритма сердца выявлялось у 5,3% девушек из 3-й группы, у 7,6% – из 4-й и у 9,8% – из 5-й группы. Соответственно уменьшался процент обследованных лиц с доминированием холинергического канала регуляции.

Особенно резко возрастало в этих группах количество людей с преобладанием адренергических влияний при выполнении физической статической нагрузки. В 3-й группе оно выросло в 8,2 раза, в 4-й – в 6,4, в 5-й – в 5,2 раза. Соответственно уменьшался в этих группах процент девушек с уравновешенностью холинергических и адренергических воздействий на ритм сердца или с доминированием холинергических влияний. В период восстановления после второй минуты обнаруживался близкий к уровню покоя процент людей с главенствующим влиянием адренергических факторов регуляции кардиоритма.

В 6-й группе девушек, имевших фоновый очень низкий тонус микро- и макрососудов нижних конечностей, в состоянии покоя, до выполнения физической нагрузки не выявлялось лиц с доминированием адренергического канала регуляции сердечного ритма. Среди обследованных студенток этой группы 82,4% составляли с преобладанием холинергических влияний и 17,6% имели уравновешенные механизмы гуморальной регуляции.

Выполнение дозированной физической нагрузки приводило в этой группе к появлению только 1,3% девушек с доминированием адренергических факторов регуляции. Также не столь существенно, как в других группах, уменьшился процент студенток с преобладанием холинергических влияний на сердечный ритм. В процессе двухминутного восстановления быстро уменьшался до нуля процент девушек с главенствующим влиянием адренергических факторов регуляции на кардиоритм (табл. 1).

Активность нервной, в частности парасимпатической, регуляции ЧСС, проявляющаяся в величине ΔX , также различалась у студенток различных групп, как в состоянии покоя, так и при выполнении физической статической нагрузки. Как следует из таблицы 2, встречаемость разных величин вариационного размаха кардиоинтервалов у

девушек 1-й группы, находившихся в состоянии покоя, была следующей. У 54,2% студенток величина ΔX превышала 0,31 с, что свидетельствовало о главенствующем участии парасимпатического отдела ВНС в регуляции кардиоритма. В то же время адекватное влияние парасимпатического отдела обнаруживалось у 45,8% испытуемых. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в состоянии покоя в горизонтальном положении у девушек с нормальным тонусом кровеносных сосудов ног в регуляции ритма сердца преобладающую роль играет парасимпатический отдел ВНС.

Таблица 2 – Распределение (в %) девушек в каждой из экспериментальных групп, имевших различные показатели активности парасимпатической регуляции ритма сердца

Исследуемая группа	Вариационный размах кардиоинтервалов (ΔX)								
	Покой			Нагрузка			Восстановление		
	<0,24	0,24–0,31	>0,31	<0,24	0,24–0,31	>0,31	<0,24	0,24–0,31	>0,31
1-я группа	–	45,8	54,2	27,0	43,8	29,2	–	58,3	41,7
2-я группа	24,5	43,3	32,2	51,1	37,7	11,2	30,1	43,2	26,7
3-я группа	36,8	47,4	15,8	63,2	31,5	5,3	36,3	53,2	10,5
4-я группа	36,3	54,2	9,5	66,7	28,6	4,7	33,8	56,7	9,5
5-я группа	76,1	14,3	9,6	85,6	9,6	4,8	75,4	20,8	3,8
6-я группа	–	29,4	70,6	58,8	35,3	5,9	–	41,2	58,8

Выполнение статической физической нагрузки вызывало уменьшение участия парасимпатического отдела ВНС в регуляции ритма сердца (табл. 2). При статической нагрузке до 29,2% уменьшалось количество девушек с преобладающим влиянием парасимпатической нервной системы на ритм сердечных сокращений. Маловыраженное участие парасимпатического отдела ВНС обнаруживалась у 25,0% девушек.

В период восстановления происходило постепенное возвращение процентного соотношения обследованных студенток до уровня покоя. Значения после истечения двух минут восстановления представлены в таблице 2.

Во второй группе с фоновым констрикторным состоянием мелких и нормальным тонусом крупных сосудов встречаемость разных величин вариационного размаха кардиоинтервалов у девушек в состоянии покоя была следующей. У 24,5% студенток величина ΔX была меньше 0,24 с, что указывало на мало выраженное участие у этих девушек парасимпатического отдела ВНС в регуляции сердечного ритма. Уравновешенность симпатических и парасимпатических влияний на кардиоритм наблюдалось у 43,3% обследованных студенток, а доминирование парасимпатической нервной системы было выявлено у 32,2%.

Выполнение физической статической нагрузки вызывало еще большее снижение участия парасимпатического отдела ВНС в регуляции ритма сердца (табл. 2). Статическая нагрузка приводила к уменьшению до 11,2% количества девушек, у которых сохранялось преобладающее влияние парасимпатической нервной системы на ритм сердечных сокращений. У 51,1% обследованных студенток участие парасимпатического отдела ВНС в регуляции кардиоритма было мало выражено.

В период восстановления постепенно возрастала активность парасимпатических влияний на сердечный ритм, что отражалось в увеличении количества студенток с ΔX выше 0,31 с. Соответственно уменьшался процент девушек с преобладанием симпатического отдела ВНС.

Среди студенток 3-й, 4-й и 5-й групп, имевших все более увеличивающийся тонус кровяного русла нижних конечностей, судя по значениям вариационного размаха кардиоинтервалов, в состоянии покоя значительно увеличивался процент лиц со слабо выраженным участием парасимпатических влияний на сердечный ритм. Так, среди девушек 5-й группы с чрезвычайно высоким (спазматическим) тонусом мелких и крупных кровеносных сосудов ног малое влияние парасимпатического отдела ВНС на кардиоритм наблюдалось у 76,1%, адекватное – у 14,3%, а доминирующее влияние – только у 9,6%.

Удержание штанги сопровождалось дальнейшим снижением влияния парасимпатического отдела ВНС на сердечный ритм, о чем можно было судить по возрастанию количества девушек с ΔX меньше 0,24 с в 3-й группе до 63,2%, в 4-й группе – до 66,7% и в 5-й группе – до 85,6% (табл. 2).

После окончания статической нагрузки происходило постепенное восстановление процентного соотношения студенток с разными значениями ΔX до уровня покоя, что указывало на возвращение к фоновому уровню парасимпатической регуляции кардиоритма. Значения ΔX после второй минуты восстановления представлены в таблице 2.

У девушек 6-й группы, имевших в состоянии покоя дилататорное состояние микро- и макрососудов ног, вариационный размах кардиоинтервалов в состоянии покоя у 70,6% обследованных был больше 0,31 с, что свидетельствовало о преобладании у них парасимпатического отдела ВНС в регуляции сердечного ритма. У остальных 29,4 % девушек обнаруживалось уравновешенное адекватное влияние парасимпатической нервной системы на кардиоритм (табл. 2).

При удержании штанги значительно уменьшилось количество девушек (до 5,9%) с преобладающим участием парасимпатического отдела ВНС в регуляции кардиоритма. У 35,3% студенток парасимпатические нервные влияния на ритм сердца были адекватными, а у 58,8% девушек оказались незначительными.

После окончания физической статической нагрузки постепенно восстанавливалось процентное соотношение девушек с фоновыми показателями ΔX , что отражено в таблице 2.

Заключение

Таким образом, полученные данные показывают, что у девушек с фоновым нормальным и дилататорным тонусом мелких и крупных сосудов нижних конечностей в состоянии покоя в регуляции сердечного ритма преобладают гуморальные холинергические и нервные парасимпатические влияния. В группах студенток с различной степенью повышения исходного тонуса периферического кровяного русла в состоянии покоя выявлялись девушки с преобладанием адренергического гуморального канала и с низким влиянием парасимпатического отдела ВНС в регуляции ритма сердца. Особенно ярко это проявлялось в группе девушек с фоновым спазматическим тонусом кровеносных сосудов нижних конечностей.

Выполнение статической физической нагрузки приводило к возрастанию адренергических факторов и уменьшению парасимпатических влияний на сердечный ритм. Это проявлялось в увеличении во всех исследованных группах процента девушек с модой частоты пульса менее 0,67 с и вариационного размаха кардиоинтервалов менее 0,24 с. Обращает на себя внимание тот факт, что во время выполнения физической нагрузки уменьшение нервных парасимпатических воздействий на кардиоритм было

более выражено, чем снижение гуморальных холинергических влияний. По-видимому, это обусловлено меньшей мобильностью гуморальных каналов регуляции ритма сердца по сравнению с нервными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фолков, Б. Кровообращение / Б. Фолков, Э. Нил. – Москва, 1976. – 463 с.
2. Mohrman, D. Cardiovascular Physiology / D. Mohrman, L. Heller. – New York, 1997. – 256 p.
3. Баевский, Р.М. Ритмы сердца у спортсменов / Р.М. Баевский, Р.Е. Мотылянская. – Москва, 1986. – 143 с.
4. Астахов, А.А. Многофункциональный импедансный мониторинг сердечно-сосудистой системы и легких / А.А. Астахов. – Челябинск, 1989. – 18 с.
5. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики и анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А.А. Астахов. – Челябинск, 1996. – 2 т. – 330 с.
6. Виноградова, Т.С. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / Т.С. Виноградова. – Москва, 1986. – 416 с.
7. Блинова, Н.Г. Практикум по психофизиологической диагностике / Н.Г. Блинова, Л.Н. Игишева, Н.А. Литвинова. – Москва, 2000. – 128 с.

***N.K. Savaneuski, G.E. Khomich, E.N. Savaneuskaya* Adaptational Reactions of Cardiovascular System to the Dosed Pressure**

In this article are presented the results of research of the changes in the pulse frequency's mode and in the variation of the cardiointerval swings depending on the dosed statical physical activities. As a result were found out the differences between the researched parameters according to background tone of the peripheral blood vessels.