

УДК 796.01:612.1:611.2

Иванова Н. В., к. б. н.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

## ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА

**Аннотация.** Представлены результаты факторного анализа показателей кардиореспираторной системы спортсменов циклических видов спорта в подготовительном и соревновательном периодах подготовки. Для исследования использовались методы: тетраполярной реографии, вариабельности сердечного ритма, электрокардиографии, спирометрии и пневмотахометрии. Изучена факторная структура функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов циклических видов спорта в подготовительном и соревновательном периодах подготовки. Установлено, что ведущим фактором в подготовительном и соревновательном периодах подготовки у спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, является фактор «метаболизма миокарда».

**Ключевые слова:** спортсмены, периоды подготовки, факторный анализ, кардиореспираторная система.

**Введение.** В процессе тренировки в каждом виде спорта формируются комплексы приспособительных реакций, обеспечивающих функциональную перестройку (адаптацию) систем организма применительно к требованиям вида спорта. Адаптационные изменения, наступающие под влиянием спортивной деятельности, следует рассматривать как комплекс физиологических реакций организма, формируемых при длительном многократном воздействии определенных физических упражнений, расширяющих функциональные резервы. Знание особенностей формируемых адаптационных реакций в различных видах спорта позволяет использовать физиологические резервы для оптимальной адаптации с учетом объема и интенсивности тренировочных воздействий, влияния температурного и других факторов, воздействующих на организм во время напряженных тренировочных занятий и соревнований [1–4].

На современном этапе подготовки спортсменов для управления тренировочным процессом уже недостаточно комплексного учета состояния основных сторон подготовленности спортсменов. Возникает необходимость использования объективных законов взаимосвязи факторов, определяющих уровень состояния изучаемых сторон. Такой подход позволит разработать объективную научно обоснованную управляющую программу.

**Цель исследования:** изучить факторную структуру функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов циклических видов спорта в подготовительном и соревновательном периодах подготовки.

**Материал и методы исследования.** Исследование центральной гемодинамики проводилось с помощью компьютерной диагностической методики «Импекард» (Республика Беларусь) методом тетраполярной реографии. Определялись следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд.мин<sup>-1</sup>), систолическое, диастолическое, среднее артериальное давление (АД<sub>с</sub>, АД<sub>д</sub>, АД<sub>ср.</sub>, мм рт. ст.), ударный объем крови (УО, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л·мин<sup>-1</sup>), сердечный индекс (СИ, л·мин<sup>-1</sup>·м<sup>2</sup>). Исследование проводилось в лаборатор-

ных условиях в состоянии покоя в положении «лежа».

Определялись следующие показатели временно-го анализа вариабельности сердечного ритма: мода (Mo, мс); амплитуда моды (AMo, %); вариационный размах (dRR, мс); среднее квадратичное отклонение (SDNN, мс); индекс напряжения регуляторных систем (ИН, у. е.).

Исследовали следующие показатели спектрального анализа: высокочастотные колебания (HF, %); низкочастотные колебания (LF, %); очень низкочастотные колебания (VLF, %); критерий симпатовагусного баланса (HF/LF).

Для оценки электрокардиограммы использовались временные параметры: внутрипредсердная (P, мс); предсердно-желудочковая (P–Q, мс); внутрижелудочковая проводимость (QRS, мс); электрическая систола желудочков (QT, мс; QTc, мс); амплитудные параметры (P, мВ; Q, мВ; R, мВ; S, мВ; T, мВ); минимальная, максимальная и средняя длительность интервала R–R (R–R<sub>max</sub>, R–R<sub>min</sub>, R–R<sub>ср.</sub>, мс).

Электрокардиограмма и вариабельность сердечного ритма регистрировались с помощью компьютеризированной методики «Поли-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново, Россия,) в течение 5 минут в положении «лежа».

Метод спирографии применялся для определения воздействия тренировочных и соревновательных нагрузок на функцию внешнего дыхания. Изучались следующие показатели: жизненная емкость легких (ЖЕЛ, л); дыхательный объем (ДО, л); частота дыхания (ЧД, в мин); минутный объем дыхания (МОД, л·мин<sup>-1</sup>), резервный объем вдоха и выдоха (PO<sub>вд.</sub>, PO<sub>выд.</sub>, л); максимальная вентиляция легких (МВЛ, л·мин<sup>-1</sup>).

С помощью метода пневмотахометрии определяли следующие показатели: форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ, л); максимальная объемная скорость воздуха на уровне выдоха 25, 50, 75 % от форсированной жизненной емкости легких (МОС<sub>25</sub>, МОС<sub>50</sub>, МОС<sub>75</sub>, л·с<sup>-1</sup>); пиковая объемная скорость выдоха при выполнении пробы ФЖЕЛ (ПОС<sub>выд.</sub>, л·с<sup>-1</sup>); объем форсированного выдоха за первую секунду маневра ФЖЕЛ (ОФВ<sub>1</sub>, л) и ОФВ<sub>1</sub>/ЖЕЛ (индекс Тиффно, %).

Оценка функции внешнего дыхания предполагает

© Иванова Н. В. 2013

сравнение полученных данных с должными величинами, которые получены при исследовании больших групп здоровых людей и определяются по специальным формулам или таблицам с учетом пола, возраста, роста [6].

Для исследования функции внешнего дыхания использовали многофункциональный автоматизированный спирометр «MAC-1» («УП Унитехпром», Республика Беларусь).

Для определения ведущих факторов, обуславливающих функциональное состояние кардиореспираторной системы спортсменов в подготовительном и соревновательном периодах, применялся факторный анализ, который позволил выявить скрытую структуру взаимосвязей множества переменных [5]. Статистическая обработка материала производилась с помощью программы STATISTICA V5.5A (факторный анализ).

Комплексные исследования по изучению функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов проводились в подготовительном и соревновательном периодах годового цикла тренировки. В исследованиях приняли участие 305 спортсменов циклических видов спорта (мужчины); средний возраст  $21,62 \pm 4,19$  лет; спортивная квалификация: кандидаты в мастера спорта, мастера спорта, мастера спорта международного класса, заслуженные мастера спорта.

Для выявления факторов, определяющих функциональное состояние кардиореспираторной системы спортсменов в зависимости от специфики мышечной деятельности, использовали критерий Kaiser и критерий «каменистой осыпи» (scree-test). Вращение осуществляли методом Varimax normalized.

**Результаты исследования.** Было выделено 6 факторов в подготовительном и соревновательном периодах, в состав которых вошли переменные с факторными нагрузками выше 0,7 по абсолютному значению. Для понимания механизмов, лежащих в основе выделенных факторов, значительный интерес представляет анализ внутрифакторного соотношения показателей.

Ведущим фактором у спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, в подготовительном периоде стал «фактор метаболизма миокарда». В состав фактора вошли показатели электрокардиограммы, характеризующие обменные процессы миокарда ( $T_1, T_2, T_{avF}, T_{V4}, T_{V5}, T_{V6}$ ). Фактор объясняет 9,5% совокупной дисперсии.

Взаимосвязь показателей второго фактора характеризует резервы кислорода, имеющиеся в легких (ЖЕЛ, ФЖЕЛ), а также общую пропускную способность бронхиального дерева (ОФВ<sub>1</sub>). Фактор можно назвать «фактором резерва емкости легких и дыхательных мышц».

В третьем факторе взаимоотношения разделены на две части – с положительной ( $R-R_{max}, R-R_{min}, R-R_{cp}$ ) и отрицательной величиной (ЧСС). Следует отметить, что положительные компоненты характеризуют ритм сердечных сокращений, наличие дыхательной или недыхательной аритмии.  $R-R_{cp}$  отражает степень вариабельности или размах колебаний значений кардиоинтервалов. ЧСС, являясь изменчивым показателем, отражает функциональное состояние сердца. Фактор трактуется как «фактор вариабельности сердечного

ритма».

В четвертом факторе выделена одна переменная, а именно LF/HF. Высокочастотная компонента характеризует активность автономного контура управления ритмом сердца, а низкочастотная – активность вазомоторного (сосудистого) центра, обеспечивающего локальное и общее приспособление сосудистой системы к изменениям ударного и минутного объемов крови. Центральный контур управления является источником корректирующих воздействий на синусовый узел через автономный контур. Данный уровень, в частности, представлен модуляторным сердечно-сосудистым центром (LF), расположенным в продолговатом мозге. Фактор можно интерпретировать как «фактор соотношения автономности и централизации управления ритмом сердца».

Пятый фактор объединяет переменные УО, МОК и СИ. Фактор обозначен как «фактор насосной функции сердца». Важнейшим параметром, отражающим состояние гемодинамики, является сердечный выброс – собирательный термин ряда показателей, характеризующий объем системного кровотока. К ним относится минутный объем кровообращения, который является мерой общего количества крови, протекающей через сердечно-сосудистую систему в единицу времени. Понятие сердечного выброса включает также показатель, характеризующий отношение МОК к поверхности тела – сердечный индекс. СИ – интегральный показатель функции аппарата кровообращения, отражает важнейшую сторону системы кровообращения – перемещение крови в сердечно-сосудистой системе.

В составе шестого фактора выделенная переменная  $MOC_{50}$  характеризует бронхиальную проходимость в средних бронхах. Фактор назван «фактором проходимости дистальных бронхов и бронхиол».

Ведущим фактором в соревновательном периоде, вклад которого в общую дисперсию составил 10,9%, факторные веса имеют показатели электрокардиограммы  $T_1, T_2, T_{avF}, T_{V4}, T_{V5}, T_{V6}$ . Фактор получил название «фактора метаболизма миокарда».

Второй фактор имеет высокие нагрузки по показателям абсолютной и относительной величины ЖЕЛ, ФЖЕЛ и абсолютной величины ОФВ<sub>1</sub>. Второй фактор получил название «фактора резерва емкости легких и дыхательных мышц».

Третий фактор включает переменные УО, МОК, СИ с отрицательным знаком. Взаимоотношение показателей в третьем факторе свидетельствует о повышении экономичности сердечно-сосудистой системы в соревновательном периоде. Фактор обозначен как «фактор насосной функции сердца».

Четвертый фактор обнаруживает связь с переменными ЧСС,  $R-R_{max}, R-R_{min}, R-R_{cp}$ . Четвертый фактор получил название «фактора вариабельности сердечного ритма».

Пятый фактор по нагрузкам на переменные объединяет показатели индекса Тиффно и  $MOC_{25}, MOC_{50}, MOC_{75}$ . Параметры пятого фактора отражают уровень бронхиальной проходимости дистальных и проксимальных отделов. Фактор получил название «фактора проходимости дистальных и проксимальных бронхов и бронхиол».

В шестом факторе приобретают значимость переменные  $R_2$  и  $R_3$ , отражающие процесс возбуждения

желудочков. Фактор интерпретируется как «фактор деполаризации нижней области миокарда».

Согласно результатам исследования у спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, приоритетное значение имеют факторы, непосредственно определяющие аэробную работоспособность.

Таким образом, в подготовительном и соревновательном периодах тренировочного цикла ведущим фактором является «фактор метаболизма миокарда», что подчеркивает значимость состояния сердечной мышцы при формировании высокой выносливости.

Идентичные факторы («фактор резерва емкости легких и дыхательных мышц», «фактор насосной функции сердца», «фактор вариабельности сердечного ритма») определяют потребление необходимого количества кислорода, что обеспечивается согласованной работой вегетативных систем организма, главным образом систем кровообращения и дыхания.

У спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, «фактору соотношения автономности и централизации управления ритмом сердца» отводится важная роль, так как для них характерно

преобладание активности автономного контура регуляции с тенденцией к повышению парасимпатической влияния.

**Выводы.** Ведущим фактором у спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, является «фактор метаболизма миокарда», что подчеркивает значимость состояния миокарда, как лимитирующего физическую деятельность. Результаты факторного анализа показывают, что изменчивость физиологических показателей при различных функциональных состояниях носит закономерный характер и обусловлена взаимодействием механизмов адаптации, гомеостаза, компенсации. Перестройка факторной структуры при различных функциональных состояниях организма представляет практический интерес при выборе методов коррекции функционального состояния и восстановительных мероприятий.

**Перспективы дальнейших исследований.** Разработанные данные являются перспективными для исследования резервных возможностей кардиореспираторной системы и степени адаптации к физической нагрузке.

#### Список использованной литературы:

1. Быков Е. В. Спорт и кровообращение: возрастные аспекты / Е. В. Быков, А. Л. Исаев, С. Л. Сашенков. – Челябинск, 1998. – 64 с.
2. Линин А. В. Особенности нейровегетативной регуляции деятельности кардиореспираторной системы конькобежцев-многоборцев юношеского возраста : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук / А. В. Линин. – Челябинск, 2008. – 23 с.
3. Рябыкина Г. В. Мониторирование ЭКГ с анализом вариабельности ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев. – М. : Медпрактика-М, 2005. – 224 с.
4. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / под ред. В. Н. Платонова. – М. : Советский спорт, 2005. – 820 с.
5. Харман Г. Современный факторный анализ / Г. Харман. – М. : Статистика, 1972. – 486 с.
6. Standardization of spirometry // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. – Vol. 152. – P. 1107–1136.

Стаття надійшла до редакції 12.11.2013 р.  
Опубліковано: 30.12.2013 р.

**Анотація.** Іванова Н. В. Фактори, що визначають функціональний стан кардіореспіраторної системи спортсменів, які спеціалізуються в циклічних видах спорту. Представлено результати факторного аналізу показників кардіореспіраторної системи спортсменів циклічних видів спорту в підготовчому і змагальному періодах підготовки. Для дослідження використовувалися методи: тетраполярної реографії, варіабельності серцевого ритму, електрокардіографії, спірометрії і пневмотахометрії. Вивчено факторну структуру функціонального стану кардіореспіраторної системи спортсменів циклічних видів спорту в підготовчому і змагальному періодах підготовки. Встановлено, що провідним фактором у підготовчому і змагальному періодах підготовки у спортсменів, що спеціалізуються в циклічних видах спорту, є фактор «метаболізму міокарда».

**Ключові слова:** спортсмени, періоди підготовки, факторний аналіз, кардіореспіраторна система.

**Abstract.** Ivanova N. Factors determining the functional status cardiorespiratory system athletes, specializing in cyclic sports. Presents the results of factor analysis of cardiorespiratory system of cyclic sports athletes in the preparatory and competitive periods of preparation. For the research methods employed: rheography, heart rate variability, electrocardiography, spirometry and pneumotachometry. The factorial structure of the studied the functional state of the cardiorespiratory system of cyclic sports athletes in the preparatory and competitive periods of preparation. The leading factor in the preparatory and competitive athletes training periods, specializing in cyclic sports, is a factor of «myocardial metabolism».

**Key words:** athletes, training periods, factorial analysis, cardiovascular system.

#### References:

1. Bykov Ye. V., Isayev A. L., Sashenkov S. L. Sport i krovoobrashcheniye: vozrastnyye aspekty [Sport and blood circulation: age-sensitive], Chelyabinsk, 1998, 64 p. (rus)
2. Linin A. V. Osobennosti neyrovegetativnoy regulyatsii deyatel'nosti kardiorespiratornoy sistemy konkobezhtsevmnogobortsev yunosheskogo vozrasta : avtoref. kand. biol. nauk [Features of neurovegetative regulation of the cardiorespiratory system of skaters-rounders adolescence : Authors thesis], Chelyabinsk, 2008, 23 p. (rus)
3. Ryabykina G. V., Sobolev A. V. Monitorirovaniye EKG s analizom variabelnosti ritma serdtsa [ECG monitoring with the analysis of heart rate variability], Moscow, 2005, 224 p. (rus)
4. Platonova V. N. Sistema podgotovki sportsmenov v olimpiyskom sporte [The system of training athletes in Olympic sports],

Moscow, 2005, 820 p. (rus)

5. Kharman G. *Sovremennyy faktorny analiz [Modern Factor Analysis]*, Moscow, 1972, 486 p. (rus)

6. Standartization of spirometry // *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. – Vol. 152. – P. 1107–1136.

Received: 12.11.2013.

Published: 30.12.2013.

**Неля Викторовна Иванова**, к. б. н., [nelya.i@mail.ru](mailto:nelya.i@mail.ru); Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»: пр-т Победителей 105, Минск, 220020, Беларусь.

**Nelia Ivanova**, Ph.D. (Biology), [nelya.i@mail.ru](mailto:nelya.i@mail.ru); Wrestling Educational Establishment of «Belarusian State University of Physical Culture»: Pobediteley avenue 105, Minsk, 220020, Belarus.

