

## ОСОБЕННОСТИ ФАКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 9–10 ЛЕТ

© 2019 г. И. А. Криволапчук<sup>1</sup>, \*, М. Б. Чернова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва, Россия

\*E-mail: i.krivolapchuk@mail.ru

Поступила в редакцию 23.12.2017 г.

После доработки 10.02.2018 г.

Принята к публикации 04.04.2018 г.

В исследовании идентифицированы факторы, определяющие функциональное состояние (ФС) детей 9–10 лет ( $n = 168$ ) как интегральной характеристики организма как целого: вегетативная регуляция физиологических функций (фактор I); эффективность когнитивной деятельности (фактор II); физическая работоспособность (фактор III); гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности (фактор IV); неспецифическая устойчивость организма (фактор V); общая работоспособность (фактор VI). Эти факторы рассматриваются как отдельные аспекты ФС, отражающие деятельность различных функциональных систем. С позиций системного подхода определено физиологическое содержание выделенных факторов, установлены наиболее информативные показатели оценки ФС, разработаны сопоставительные нормы, пригодные для его диагностики у детей, рассматриваемой возрастной группы в условиях образовательного учреждения. Обнаружена взаимосвязь аэробных и анаэробных компонентов физической работоспособности и двигательной подготовленности детей с такими аспектами ФС как эффективность когнитивной деятельности и неспецифическая устойчивость к простудным заболеваниям. Получены данные о сходстве факторной структуры ФС детей 9–10 лет с факторными структурами ФС обследуемых 5–6 и 13–14 лет. На этом основании выделенные факторы рассматриваются в качестве наиболее устойчивых компонентов ФС, формирующихся в ходе онтогенеза.

*Ключевые слова:* дети младшего школьного возраста, функциональное состояние, факторы, структура, компоненты, информативные показатели, диагностика.

DOI: 10.1134/S0131164618050065

Возрастная физиология в последние десятилетия накопила обширный материал по онтогенезу отдельных физиологических систем, однако, до сих пор остается открытым вопрос о факторах определяющих функциональное состояние (ФС) целостного организма на разных этапах возрастного развития. В значительной степени это связано с тем, что ФС как интегральная характеристика организма, характеризуется новыми системными свойствами, не сводимыми к сумме свойств, включенных в нее элементов [1, 2]. В свое время основоположник системного подхода *L. fon Bertalanfy* обосновал необходимость рассмотрения различных биологических процессов и явлений, как комплексов взаимодействующих друг с другом элементов, объединенных общей структурой, благодаря чему такая система приобретает новые свойства и функции, которые не могут быть обеспечены не одним из ее элементов в отдельности [3]. Это положение общей теории систем объясняет, почему данные, полученные с помощью отдельных методик, говорящие о со-

стоянии той или иной функции, не позволяют обычно судить об их вкладе в интегральную картину ФС. Поиск ответа на вопрос, как сочетаются компоненты ФС, осуществляется путем выявления совокупности связей и отношений между ними. Для этого, как правило, применяются методы многомерной статистики, дающие возможность вскрывать внутренние механизмы ФС [1]. На этой основе может проводиться содержательный анализ, направленный на изучение закономерностей формирования и реализации живых систем [4], определение роли выявленных взаимосвязей в работе системы и того, какие новые свойства она приобрела, установив определенную взаимосвязь и, наоборот, какие — утратила [1].

Проблема факторов, характеризующих структуру, уровень и специфику ФС организма на различных этапах онтогенеза, занимает особое место в физиологии развития, при этом факторы понимаются как отражение относительно независимых аспектов ФС, за которыми стоит функционирование отдельных и самостоятельных функцио-

нальных систем [2, 4, 5]. В ранее опубликованных работах авторов данной статьи было установлено, что факторные структуры ФС детей 5–6 и 13–14 лет имеют значительную степень сходства [6, 7]. На основе использования одного и того же комплекса показателей выделены факторы, характеризующие вегетативную регуляцию физиологических функций, гемодинамическое обеспечение и эффективность когнитивной деятельности, физическую работоспособность и неспецифическую устойчивость к простудным заболеваниям. При этом у детей рассматриваемых возрастных групп изменяется роль данных факторов в процессе формирования системного ответа организма, что является отражением гетерохронности и нелинейности развития. Поскольку этапы развития ребенка характеризуются, с одной стороны, разной степенью зрелости и особенностями функционирования органов и систем, а с другой, различиями в механизмах, определяющих специфику взаимодействия организма и внешней среды [8–10], возникает необходимость дальнейшего выявления особенностей структуры ФС организма детей в различные возрастные периоды.

Цель исследования – выявить факторную структуру функционального состояния детей 9–10 лет и определить информативные показатели для его оценки.

## МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие дети 9–10 лет, отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе ( $n = 168$ ). Испытуемые не имели каких-либо противопоказаний для выполнения тестовых нагрузок, не употребляли лекарств и продуктов, содержащих кофеин. Организация исследования соответствовала требованиям Хельсинкской декларации.

В качестве модели информационной нагрузки использовали работу с буквенными таблицами. Обследование осуществляли в состоянии покоя и в двух режимах работы: 1) автотемп; 2) максимальный темп при наличии “угрозы наказания”. Перед выполнением первого задания испытуемым сообщали, что они должны работать в удобном для себя темпе, а перед реализацией второго – им давали инструкцию, содержащую требование безошибочно работать с максимально возможной скоростью. В качестве “наказания” применяли стандартный набор порицающих замечаний и сильный звук. По результатам выполнения тестового задания рассчитывали объем работы ( $A$ ) и коэффициент продуктивности ( $Q$ ). Умственная работоспособность оценивалась также в условиях образовательного учреждения до ( $A_{до}$ ,  $Q_{до}$ ) и после ( $A_{после}$ ,  $Q_{после}$ ) занятий в среду по традиционной методике [11].

Регистрацию  $\omega$ -потенциала (ОП), характеризующего ФС ЦНС [12], осуществляли с поверхности кожи головы с использованием портативной установки для исследования сверхмедленных электрических процессов головного мозга и слабополяризующихся хлорсеребряных электродов. В состоянии покоя на основании начальных значений  $\omega$ -потенциала оценивали уровень спокойного бодрствования. Определяли знак и величину ОП после выхода на плато и его изменения в условиях тестовых нагрузок.

Математический анализ сердечного ритма использовали для оценки степени напряженности регуляторных систем [13]. В состоянии покоя записывали 300–500, а при тестовой нагрузке – 100–150 кардиоинтервалов. Реализацию метода осуществляли при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. Определяли моду ( $Mo$ ), амплитуду моды ( $AMo$ ), разброс кардиоинтервалов ( $MxDMn$ ), среднеквадратическое отклонение ( $SDNN$ ), стресс-индекс ( $SI$ ). Частоту сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывали по 6-секундным отрезкам записи с пересчетом на 1 мин.

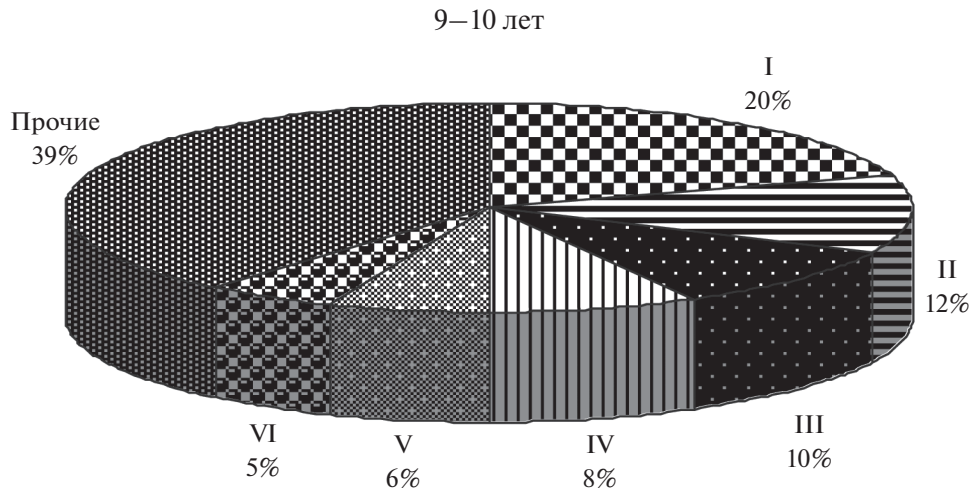
Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями ВОЗ. Применяли адекватную возрасту детскую манжету. Рассчитывали среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ВИК).

Эффективность деятельности оценивали на основании соотнесения результативности работы с величиной вегетативных сдвигов при ее выполнении. Для этого определяли такие показатели как  $Q/ЧСС$ ,  $Q/SI$ ,  $Q/ДП$ ,  $A/ЧСС$ ,  $A/SI$ ,  $A/ДП$ .

В процессе исследования использовали гетерогенную батарею функциональных и эргометрических тестов, позволяющих оценить возможности анаэробного алактатного, анаэробного гликолитического и аэробного механизмов энергообеспечения. Определяли максимальное потребление кислорода (МПК), интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД), мощность нагрузки при пульсе 170 уд/мин (PWC170) [14], ватт-пульс (ВтП), максимальную силу (МС) и предельное время работы ( $t_{2Вт/кг}$ ,  $t_{4Вт/кг}$ ) при выполнении “до отказа” нагрузок большой (2 Вт/кг) и субмаксимальной (4 Вт/кг) мощности [14, 15].

На основе уравнения *Muller* по данным выполнения работы “до отказа” определяли величины мощности нагрузок, максимальное время реализации которых составило 1 ( $W1$ ), 40 ( $W40$ ), 240 ( $W240$ ), 400 ( $W400$ ), 900 с ( $W900$ ), коэффициенты, отражающие емкость аэробного ( $b$ ) и соотношение возможностей аэробного и анаэробно-гликолитического источников ( $a$ ) [15].

Комплекс контрольных упражнений состоял из показателей, характеризующих уровень разви-



**Рис. 1.** Факторная структура функционального состояния (ФС) организма.

I – вегетативная регуляция ФС; II – эффективность когнитивной деятельности; III – физическая работоспособность; IV – гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности; V – неспецифическая устойчивость организма; VI – общая работоспособность.

тия кондиционных физических качеств: бег 20 м с хода; прыжок в длину с места; челночный бег  $4 \times 9$  м; шестиминутный бег; поднимание туловища из положения “лежа на спине” за 1 мин; наклон вперед. По результатам тестирования определяли общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Сбор материала для анализа заболеваемости осуществлялся на основе выкопировки медицинских справок и записей в индивидуальных медицинских картах. Использовали показатели, характеризующие заболеваемость детей с временной утратой работоспособности [16]: количество заболеваний (КЗ); количество дней временной нетрудоспособности по болезни (КДБ); показатель средней продолжительности одного случая заболеваемости (ПОЗ).

Обработку данных осуществляли с использованием стандартной программы в пакете *Statistica*. Для выявления структуры ФС и информативных показателей его оценки применяли факторный анализ – метод главных компонент с последующим вращением референтных осей по Варимакс-критерию. В целях получения воспроизводимых результатов факторного анализа обследовали выборку испытуемых по объему более чем в два раза превышающую количество изучаемых переменных [17]. Число значимых факторов оценивали на основании следующих критериев: 1) рассматривали только те факторы, дисперсия которых больше единицы (критерий Кайзера); 2) суммарная дисперсия признаков не менее 50–60% общей дисперсии признаков (критерий объясняемой дисперсии); 3) последующий незначимый фактор увеличивал суммарную дисперсию не более чем на 5%. Возможность проведения

факторного анализа оценивали с помощью критерия Кайзера–Мейера–Олкина (КМО). Выборку считали приемлемой, если величина этого критерия превышала 0.5. Описанную выше методику исследования использовали для изучения факторной структуры ФС детей 5–6 [6] и 13–14 лет [7]. Благодаря этому существует возможность сопоставления результатов настоящего исследования с данными, полученными ранее на других возрастных группах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате статистической обработки полученных данных, определены шесть ортогональных факторов, вклад которых в общую дисперсию выборки составил 61.3% (рис. 1). В табл. 1 представлены факторные нагрузки показателей, вошедших в состав шести выделенных факторов.

В фактор I (20% дисперсии) вошли показатели, характеризующие симпатическую и парасимпатическую регуляцию функций организма (табл. 1). С данным фактором положительно коррелировали величины  $ОП_0$ ,  $ОП_1$ ,  $ОП_2$ ,  $АМo_0$ ,  $АМo_1$ ,  $АМo_2$ ,  $SI_0$ ,  $SI_1$ ,  $SI_2$ ,  $ЧСС_0$ ,  $ЧСС_1$ ,  $ЧСС_2$ ,  $СД_0$ ,  $СД_1$ ,  $СД_2$ ,  $САД_0$ ,  $САД_1$ ,  $ДП_0$ ,  $ДП_1$ ,  $ДП_2$ ,  $ВИК_0$ ,  $ВИК_1$ ,  $ВИК_2$  и отрицательно –  $Mo_0$ ,  $Mo_1$ ,  $Mo_2$ ,  $МхDMn_0$ ,  $МхDMn_1$ ,  $МхDMn_2$ , а также  $A/ДП_1$ ,  $A/SI_1$ ,  $A/SI_2$ ,  $Q/SI_1$ ,  $Q/SI_2$ . Наибольшие весовые нагрузки по данному фактору имели  $ДП_1$  ( $r = 0.86$ ),  $ДП_0$  ( $r = 0.85$ ),  $ДП_2$  ( $r = 0.84$ ),  $Mo_0$  ( $r = 0.81$ ),  $Mo_1$  ( $r = 0.81$ ). Исходя из физиологического содержания показателей, вошедших в данный фактор, и величин их весовых

Таблица 1. Факторная структура функционального состояния детей 9–10 лет

Показатель	ФН	Показатель	ФН
Фактор I		Фактор III	
ОП <sub>0</sub> , мВ	0.31	<i>MxDMn</i> <sub>2</sub> , с	0.30
ОП <sub>1</sub> , мВ	0.38	МПК, л/мин	0.49
ОП <sub>2</sub> , мВ	0.33	МПК, л/мин кг	0.46
<i>MxDMn</i> <sub>0</sub> , с	-0.76	<i>PWC</i> <sub>170</sub> , кгм/мин	0.31
<i>MxDMn</i> <sub>1</sub> , с	-0.70	<i>PWC</i> <sub>170</sub> , кгм/мин кг	0.33
<i>MxDMn</i> <sub>2</sub> , с	-0.75	<i>t</i> <sub>2Вт/кг</sub> , с	0.77
<i>Mo</i> <sub>0</sub> , с	-0.81	<i>t</i> <sub>4Вт/кг</sub> , с	0.51
<i>Mo</i> <sub>1</sub> , с	-0.81	Коэффициент "а", отн. ед.	0.68
<i>Mo</i> <sub>2</sub> , с	-0.80	Коэффициент "b", отн. ед.	0.84
<i>AMo</i> <sub>0</sub> , %	0.43	<i>W</i> <sub>40</sub> , Вт/кг	0.44
<i>AMo</i> <sub>1</sub> , %	0.47	<i>W</i> <sub>240</sub> , Вт/кг	0.91
<i>AMo</i> <sub>2</sub> , %	0.49	<i>W</i> <sub>900</sub> , Вт/кг	0.87
<i>SI</i> <sub>0</sub> , отн. ед.	0.36	ИНПД <sub>2Вт/кг</sub> , уд/с	-0.80
<i>SI</i> <sub>1</sub> , отн. ед.	0.45	ИНПД <sub>4Вт/кг</sub> , уд/с	-0.31
<i>SI</i> <sub>2</sub> , отн. ед.	0.49	Челн. бег, с	-0.47
ЧСС <sub>0</sub> , уд/мин	0.73	Прыжок, см	0.55
ЧСС <sub>1</sub> , уд/мин	0.79	Бег 6 мин, м	0.59
ЧСС <sub>2</sub> , уд/мин	0.78	МС, кг	0.34
СД <sub>0</sub> , мм рт.ст.	0.71	Фактор IV	
СД <sub>1</sub> , мм рт.ст.	0.61	СД <sub>1</sub> , мм рт.ст	0.35
СД <sub>2</sub> , мм рт.ст.	0.60	ДД <sub>0</sub> , мм рт.ст	0.86
САД <sub>0</sub> , мм рт.ст.	0.42	ДД <sub>1</sub> , мм рт.ст	0.89
САД <sub>1</sub> , мм рт.ст.	0.34	ДД <sub>2</sub> , мм рт.ст	0.83
ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	0.85	САД <sub>0</sub> , мм рт.ст	0.77
ДП <sub>1</sub> , отн. ед.	0.86	САД <sub>1</sub> , мм рт.ст	0.84
ДП <sub>2</sub> , отн. ед.	0.84	САД <sub>2</sub> , мм рт.ст	0.78
ВИК <sub>0</sub> , отн. ед.	0.39	ВИК <sub>0</sub> , отн. ед.	-0.72
ВИК <sub>1</sub> , отн. ед.	0.45	ВИК <sub>1</sub> , отн. ед.	-0.75
ВИК <sub>2</sub> , отн. ед.	0.51	ВИК <sub>2</sub> , отн. ед.	-0.64
<i>A</i> <sub>1</sub> /ДП <sub>1</sub> , отн. ед.	-0.32	Фактор V	
<i>A</i> <sub>1</sub> /SI <sub>1</sub> , отн. ед.	-0.47	<i>t</i> <sub>4Вт/кг</sub> , с	0.45
<i>A</i> <sub>2</sub> /SI <sub>2</sub> , отн. ед.	-0.39	<i>W</i> <sub>40</sub> , Вт/кг	0.46
<i>Q</i> <sub>1</sub> /SI <sub>1</sub> , отн. ед.	-0.42	Бег 20 м, с	-0.32
<i>Q</i> <sub>2</sub> /SI <sub>2</sub> , отн. ед.	-0.40	ОФП, балл	0.42
Фактор II		КЗ	-0.82
<i>A</i> <sub>1</sub> , кол-во знаков	0.81	КДБ	-0.83
<i>A</i> <sub>2</sub> , кол-во знаков	0.77	ПОЗ	-0.75
<i>Q</i> <sub>1</sub> , отн. ед.	0.74	Фактор VI	
<i>Q</i> <sub>2</sub> , отн. ед.	0.73	<i>AMo</i> <sub>0</sub> , %	-0.35
ОП <sub>0</sub> , мВ	0.40	<i>AMo</i> <sub>1</sub> , %	-0.52

Таблица 1. Окончание

Показатель	ФН	Показатель	ФН
$A_1/ЧСС_1$ , отн. ед.	0.83	$АМо_2$ , %	-0.59
$A_1/ДП_1$ , отн. ед.	0.77	$SI_0$ , отн. ед.	-0.52
$A_1/SI_1$ , отн. ед.	0.43	$SI_1$ , отн. ед.	-0.45
$A_2/ЧСС_2$ , отн. ед.	0.77	$SI_2$ , отн. ед.	-0.49
$A_2/ДП_2$ , отн. ед.	0.72	СД <sub>1</sub> , мм рт.ст	-0.42
$A_2/SI_2$ , отн. ед.	0.46	$A_1/SI_1$ , отн. ед.	0.36
$Q_1/ЧСС_1$ , отн. ед.	0.77	$A_2/SI_2$ , отн. ед.	0.56
$Q_1/ДП_1$ , отн. ед.	0.72	$Q_1/SI_1$ , отн. ед.	0.47
$Q_1/SI_1$ , отн. ед.	0.41	$Q_2/SI_2$ , отн. ед.	0.59
$Q_2/ЧСС_2$ , отн. ед.	0.75	МПК, л/мин	0.48
$Q_2/ДП_2$ , отн. ед.	0.72	МПК, л/мин кг	0.59
$Q_2/SI_2$ , отн. ед.	0.48	ВтП, кгм/уд	0.43
$A_{до}$ , знаков	0.61	$PWC_{170}$ , кгм/мин	0.43
$A_{после}$ , знаков	0.58	$PWC_{170}$ , кгм/мин кг	0.49
$Q_{до}$ , отн. ед.	0.54	$АМо_0$ , %	0.49
$Q_{после}$ , отн. ед.	0.51	<b>Общая дисперсия факторов</b>	<b>61.3%</b>

Примечание: индексы 0, 1, 2 – показатели ФС в покое, при информационной нагрузке в авто- и максимальном темпе, соответственно. Расшифровку аббревиатур см. в разделе “Методика”.

коэффициентов, он рассматривается как система вегетативной регуляции физиологических функций.

В факторе II (12% дисперсии) со значимыми нагрузками выделились переменные, характеризующие результативность и продуктивность реализации тестовых информационных нагрузок (табл. 1). С ним положительно коррелировали величины  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$ , ОП<sub>0</sub>,  $A/ЧСС_1$ ,  $A/ДП_1$ ,  $A/SI_1$ ,  $A/ЧСС_2$ ,  $A/ДП_2$ ,  $A/SI_2$ ,  $Q/ЧСС_1$ ,  $Q/ДП_1$ ,  $Q/SI_1$ ,  $Q/ЧСС_2$ ,  $Q/ДП_2$ ,  $Q/SI_2$ ,  $A_{до}$ ,  $A_{после}$ ,  $Q_{до}$  и  $Q_{после}$  занятий в школе. Наиболее сильную статистическую взаимосвязь с данным фактором имели  $A/ЧСС_1$  ( $r = 0.83$ ),  $A_1$  ( $r = 0.81$ ),  $A_2$  ( $r = 0.77$ ),  $A/ДП_1$  ( $r = 0.77$ ),  $Q/ЧСС_1$  ( $r = 0.77$ ).

Состав переменных, включенных в данный фактор, и величины их факторных нагрузок позволяют идентифицировать его как эффективность когнитивной деятельности.

Фактор III (10% дисперсии) включал в свой состав 18 показателей (табл. 1). В него вошли параметры аэробной и анаэробной производительности организма и двигательной подготовленности. С данным фактором коррелировали абсолютные и относительные значения МПК,  $PWC_{170}$ , а также величины  $t_{2ВТ/кг}$ ,  $t_{4ВТ/кг}$ , коэффициенты  $a$  и  $b$  уравнения Мюллера,  $W_{40}$ ,  $W_{240}$ ,  $W_{900}$ , ИНПД<sub>2ВТ/кг</sub>, ИНПД<sub>4ВТ/кг</sub>, челночный бег, прыжок, бег 6 мин, станова динамометрия,  $MxDMn_2$ . Наибольшие весовые нагрузки по данному фактору имели  $W_{240}$

( $r = 0.91$ ),  $W_{900}$  ( $r = 0.87$ ), коэффициент  $b$  уравнения Muller ( $r = 0.84$ ), ИНПД<sub>2ВТ/кг</sub> ( $r = -0.80$ ),  $t_{2ВТ/кг}$  ( $r = 0.77$ ). Это фактор интерпретируется как физическая работоспособность.

Фактор IV (8% дисперсии) объединил 10 показателей центральной гемодинамики, зарегистрированных в условиях спокойного бодрствования и при напряженной когнитивной нагрузке (табл. 1). В данный фактор с положительными факторными коэффициентами вошли САД<sub>0</sub>, САД<sub>1</sub>, САД<sub>2</sub>, СД<sub>1</sub>, ДД<sub>0</sub>, ДД<sub>1</sub>, ДД<sub>2</sub>, а с отрицательными – ВИК<sub>0</sub>, ВИК<sub>1</sub>, ВИК<sub>2</sub>. Максимальными величинами факторных коэффициентов характеризовались ДД<sub>1</sub> ( $r = 0.89$ ), ДД<sub>0</sub> ( $r = 0.86$ ), САД<sub>1</sub> ( $r = 0.84$ ), ДД<sub>2</sub> ( $r = 0.83$ ), САД<sub>2</sub> ( $r = 0.78$ ). Состав физиологических переменных, вошедших в данный фактор, позволяет рассматривать его как гемодинамическое обеспечение напряженной когнитивной деятельности.

Фактор V (6% дисперсии) объединил 7 переменных, отражающих острую заболеваемость, физическую работоспособность и двигательную подготовленность детей (табл. 1).

Отрицательные факторные нагрузки в нем имели КЗ, КДБ, ПОЗ и время бега на 20 м, а положительные –  $t_{2ВТ/кг}$ ,  $W_{40}$  и ОФП. Наибольшие весовые коэффициенты имели в нем такие переменные как КДБ ( $r = -0.83$ ), КЗ ( $r = -0.82$ ), ПОЗ ( $r = -0.75$ ). Рассматриваемые показатели заболе-

Таблица 2. Оценка функционального состояния школьников 9–10 лет

Факторы ФС		Показатели	Уровень показателя		
			низкий	средний	высокий
Мальчики					
I	Вегетативная регуляция функций	ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	<90	90–106	>106
			1	2	3
II	Эффективность деятельности	А <sub>1</sub> , знаков	<170	170–220	>220
			1	2	3
III	Физическая работоспособность	t <sub>2Вт/кг</sub> , с	<478	478–982	>982
			1	2	3
IV	Гемодинамическое обеспечение	ДД <sub>0</sub> , мм рт.ст.	<59.0	59.0–75.0	>75.0
			3	2	1
V	Неспецифическая устойчивость	КДБ, дней	<7	7–11	>11
			3	2	1
Девочки					
I	Вегетативная регуляция функций	ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	<89	89–108	>108
			1	2	3
II	Эффективность деятельности	А <sub>1</sub> , знаков	<204	204–244	>244
			1	2	3
III	Физическая работоспособность	t <sub>2Вт/кг</sub> , с	<164	164–540	>540
			1	2	3
IV	Гемодинамическое обеспечение	ДД <sub>0</sub> , мм рт.ст.	<58.0	58.0–74.0	>74.0
			3	2	1
V	Неспецифическая устойчивость	КДБ, дней	<6	6–10	>10
			3	2	1

Примечание: 1, 2, 3 – оценка показателя в баллах. КДБ – количество дней болезни за прошедший учебный год. Расшифровку аббревиатур см. в разделе “Методика”. Остальные обозначения см. в табл. 1.

ваемости характеризуются отрицательной статистической взаимосвязью показателями аэробной и анаэробной работоспособности. Полученные данные свидетельствуют о том, что по мере повышения уровня физической работоспособности происходит снижение острой заболеваемости детей. Этот фактор идентифицирован как неспецифическая устойчивость организма к простудным заболеваниям.

Фактор VI (5.0% дисперсии) включал в свой состав 17 показателей (табл. 1). В него вошли индикаторы физической работоспособности (ВТП, МПК и  $PWC_{170}$ ), характеризующие аэробную производительность организма, показатели вегетативного обеспечения деятельности ( $AMo_0$ ,  $AMo_1$ ,  $AMo_2$ ,  $SI_0$ ,  $SI_1$ ,  $SI_2$ , ОП<sub>1</sub> и СД<sub>1</sub>) и результативности выполнения тестовых когнитивных нагрузок ( $A/SI_1$ ,  $A/SI_2$ ,  $Q/SI_1$ ,  $Q/SI_2$ ). Направление связей рассматриваемых показателей ФС свидетельству-

ет, что дети, имеющие высокую физическую работоспособность, как правило, отличаются низким уровнем вегетативной активации и высокой эффективностью реализации напряженной когнитивной деятельности. Исходя из состава включенных в него показателей, данный фактор интерпретирован как общая работоспособность.

В ходе дальнейшей работы для реализации задачи контроля ФС детей в условиях образовательного учреждения, из числа информативных показателей, отобранных в результате факторного анализа, был сформирован диагностический комплекс, включающие простейшие “компактные” методики, относящиеся к разным факторам: ДП<sub>0</sub> (фактор I); А<sub>1</sub> (фактор II); t<sub>2Вт/кг</sub> (фактор III), ДД<sub>0</sub> (фактор IV), КДБ (фактор V). В табл. 2 представлены градации оценок рассматриваемых информативных показателей ФС, предназначенные

для практически здоровых мальчиков и девочек 9–10 лет.

Ориентировочно общий уровень ФС можно оценить в баллах посредством суммирования нормативных оценок по каждому показателю. Высокому уровню ФС соответствует суммарная оценка в 12 и более баллов, среднему 7–11 баллов, низкому – 6 и менее баллов. Если по трем из пяти рассматриваемых показателей ФС получена оценка в один балл, то это можно расценивать как донозологическое состояние, сопровождающееся повышенным напряжением механизмов адаптации.

С позиций системного подхода ФС рассматривается нами как система, свойства которой не могут быть сведены к сумме свойств, включенных в нее элементов. Каждое ФС для достижения постоянных или временных целей избирательно объединяет “элементы” различного уровня, относящиеся к разным физиологическим системам и структурным образованиям. [1, 2, 12]. Поэтому полученные с помощью различных методик данные, говорящие о состоянии определенных функций, не позволяют судить об их вкладе, в интегральную картину ФС в различные возрастные периоды. В связи с этим возникает вопрос о том, как сочетаются компоненты ФС в онтогенезе и как осуществляется выявление совокупности связей и отношений между ними. Для поиска ответа на него, как правило применяется факторный анализ, позволяющий устанавливать структуру ФС и определять в ней значение того или иного фактора, а также знак и силу взаимосвязей отдельных показателей, включенных в разные факторы [1].

С учетом вышеизложенного в исследовании на основе факторного анализа выявлено несколько общих факторов, отражающих фундаментальные характеристики ФС школьников 9–10 лет (рис. 1, табл. 1, 2): вегетативная регуляция физиологических функций (фактор I); эффективность когнитивной деятельности (фактор II); физическая работоспособность (фактор III); гемодинамическое обеспечение напряженной когнитивной деятельности (фактор IV); неспецифическая устойчивость организма к простудным заболеваниям (фактор V); общая работоспособность (фактор VI).

Ранее авторами данной статьи была изучена структура ФС организма детей других возрастных групп. Сопоставление полученных результатов показало, что факторная структура ФС детей 9–10 лет имеет принципиальное сходство с факторными структурами ФС детей 5–6 [6] и 13–14 лет [7]. Необходимо отметить, что у детей 9–10 лет выделен общий фактор вегетативной регуляции физиологических функций, включающий показатели вегетативного тонуса, реактивности и обеспечения деятельности, тогда как в структуре

ФС детей 5–6 и 13–14 лет присутствуют два относительно независимых фактора симпатической и парасимпатической регуляции. Наряду с этим, в зависимости от возраста испытуемых вегетативная регуляция занимает разное место в структуре ФС. Так у детей 9–10 лет данный фактор находится на первой позиции. У подростков 13–14 лет независимые факторы симпатической и парасимпатической регуляции занимали первое и второе места в структуре ФС [7]. У детей 5–6 лет фактор парасимпатической регуляции был на второй позиции, а симпатической регуляции – на пятой [6].

Обнаруженные различия, по-видимому, отражают нелинейность и гетерохронность созревания различных звеньев системы вегетативной регуляции физиологических функций, которая, как известно, осуществляет поддержание постоянства внутренней среды организма и вегетативное обеспечение различных форм физической и психической деятельности [18–20]. Взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов ВНС в регуляции физиологических функций реализуется на центральном и периферическом уровнях [18, 19, 21]. В норме существует реципрокная зависимость между симпатическими и парасимпатическими отделами ВНС, но под влиянием сильных раздражителей эта зависимость может временно нарушаться, и оба типа вегетативных разрядов усиливаются одновременно [18]. В целом симпатическая система оказывает эрготропное действие, тогда как парасимпатическая – трофотропное. Различия в функциях этих отделов ВНС определяют особенности их анатомического строения [18, 19].

Уместно отметить, что каждому этапу индивидуального развития свойственны определенные особенности вегетативной регуляции, что связывается различными темпами созревания симпатического и парасимпатического отделов ВНС. В целом, с возрастом происходит неуклонное усиление парасимпатических влияний, однако в период полового созревания наблюдается временное повышение симпатической активности, достигающее максимума во время гиперфункции гипоталамо-гипофизарной системы [20, 21].

В структуре ФС детей 9–10 лет выделен независимый фактор эффективность когнитивной деятельности. Он объединил показатели, характеризующие эффективность, продуктивность и успешность реализации тестовых информационных нагрузок, выполняемых с удобной и максимальной скоростью. Данный фактор был выделен также в структуре ФС детей других возрастных групп. Если у детей 9–10 лет он занимал вторую позицию, то у испытуемых 5–6 и 13–14 лет третью и четвертую позиции соответственно [6, 7]. На его долю в общей дисперсии выборки приходилось 12% у детей 9–10 лет, 10% – 5–6 лет, 9% – у под-

ростков 13–14 лет. Эффективность деятельности многими исследователями рассматривается в качестве наиболее общего критерия ФС [2, 22, 23]. Обычно она измеряется количеством правильных ответов, точностью и скоростью выполнения заданий. К числу основных критериев эффективности деятельности также относятся показатели психической надежности и сохранности здоровья, основанные на оценках личностного благополучия и возможностей реализации внутреннего потенциала человека [22–24]. Эффективность деятельности тесно связана с ее продуктивностью. Последняя тем больше, чем выше эффективность и меньше энергетические затраты организма. Деятельность, характеризующаяся высокой продуктивностью на фоне повышенной мотивации и субъективной удовлетворенности ее результатами, рассматривается как успешная. Успешной деятельности сопутствует “состояние функционального комфорта” [25]. Оно является индикатором соответствия условий деятельности функциональным возможностям человека, а также его психологическим требованиям и может использоваться в качестве критерия оптимизации самой деятельности [26]. Результаты данного исследования выступают в поддержку взгляда на эффективность деятельности как на один из основных критериев оценки ФС, характеризующий приспособленность системы в целом к достижению поставленной перед ней цели [1]. Важно подчеркнуть, что эффективность может быть определена как по внешним показателям действия или функции, так и по изменению внутренней психофизиологической “цены” адаптации, характеризующей физиологические и психологические затраты на выполнение всей деятельности или ее этапов. С помощью критериев эффективности и цены деятельности проводится оценка ФС с точки зрения адекватности усилий, затрачиваемых организмом в процессе приспособления к окружающей среде [2, 22].

В фактор физической работоспособности, выделенный в структуре ФС детей 9–10 лет, вошли показатели, характеризующие мощность, емкость и эффективность биоэнергетических процессов при мышечной деятельности, а также скоростную, силовую, скоростно-силовую подготовленность и общую выносливость. Полученные экспериментальные данные подтверждают представление о том, что наряду со специфическими адаптационными механизмами, существует общий универсальный механизм, определяющий способность детей к выполнению различных видов мышечной деятельности. Результаты исследования согласуются с данными других работ, показавших целесообразность использования наряду с термином “специальная физическая работоспособность”, который характеризует возможности человека к выполнению специфической мышеч-

ной деятельности, понятия “общая физическая работоспособность” [7, 14, 27 и др.]. В процессе исследования структуры ФС подростков 13–14 лет нами также идентифицирован независимый фактор “общая физическая работоспособность” [7]. Этот фактор с различными весовыми коэффициентами объединил большинство используемых показателей физического состояния. Важно отметить, что у детей 5–6 лет независимый фактор физической работоспособности отсутствовал. Большинство показателей, характеризующих физическое состояние, объединились при этом в общий фактор с параметрами умственной работоспособности. Эти особенности факторной структуры ФС отражают, по-видимому, повышение с возрастом специфичности адаптивных реакций организма. В остальном различия между сопоставляемыми возрастными группами обусловлены, главным образом, изменением вклада рассматриваемых факторов в общую дисперсию выборки и, соответственно, их места в общей структуре ФС, а также модификацией тесноты взаимосвязи отдельных показателей ФС внутри выделенных факторов.

В структуре ФС детей 9–10 лет выделен независимый фактор “гемодинамического обеспечения когнитивной деятельности”. Данный фактор идентифицирован также в структуре ФС детей 5–6 [6] и 13–14 лет [7]. Возрастные различия состоят главным образом в том, что у детей 9–10 лет он занимает четвертую позицию, а у испытуемых 5–6 и 13–14 лет вторую и пятую позиции соответственно. Полученные результаты хорошо согласуются с представлением о том, что поддержание оптимального для обмена веществ уровня кровяного давления обеспечивается специальной функциональной системой гомеостатического уровня [5, 28, 29]. Данная функциональная система на основе механизма саморегуляции работает в режимах повышения или снижения кровяного давления в целях достижения таких его величин, которые необходимы для оптимального метаболизма в тканях организма.

Фактор “неспецифическая устойчивость организма к простудным заболеваниям” выделен в структуре ФС не только у детей 9–10 лет, но и у испытуемых 5–6 [6] и 13–14 лет [7]. У детей 9–10 и 13–14 лет данный фактор занимает пятую позицию в факторной структуре ФС, а у дошкольников – четвертую. Отдельного обсуждения заслуживают данные о противоположной направленности взаимосвязей с этим фактором показателей острой респираторно-вирусной заболеваемости и параметров физической работоспособности. Полученные результаты согласуются с многочисленными сведениями о том, что уровень физической работоспособности является важным фактором, способствующим повышению специфической резистентности организма [30–32].



Как известно, использование физических упражнений, адекватных возрастным и индивидуальным особенностям занимающихся, вызывает не только повышение физической работоспособности и двигательной подготовленности, но стимулирует активность гуморальных и клеточных звеньев иммунной системы, обуславливая возрастание устойчивости организма к инфекциям [33–35].

Последним фактором, идентифицированным в структуре ФС детей 9–10 лет, явился фактор общей работоспособности. Он объединил показатели аэробной производительности организма с параметрами вегетативного обеспечения и продуктивности напряженной когнитивной деятельности. Состав переменных, вошедших в данный фактор, дает основание считать, что дети, имеющие хорошую физическую работоспособность, как правило, характеризуются высокой продуктивностью и низкой физиологической ценой когнитивной деятельности. Полученные результаты позволяют говорить об определенной общности механизмов реализации физической активности и напряженной когнитивной деятельности. В поддержку этого заключения выступают данные о том, что у детей с высоким уровнем аэробной работоспособности наблюдается улучшение когнитивного контроля [36], снижение психофизиологической реактивности при психологическом стрессе и повышение скорости восстановления после него [37–41], а также более высокая академическая успеваемость [42, 43]. Фактор общей работоспособности был выявлен также в структуре ФС детей 5–6 лет [7].

В настоящее время не теряет своей актуальности проблема диагностики, предупреждения и эффективной коррекции неблагоприятных изменений ФС школьников [2, 10, 44–46]. Однако оценка ФС в школе имеет свою специфику и требует такого инструментария, который был бы прост и удобен в употреблении, а также позволял достаточно быстро получать информацию о состоянии учащегося. Поэтому одной из задач исследования, являлось определение валидных и, одновременно, “компактных методик” изучения ФС. Это особенно необходимо при диагностике ФС в ходе учебного процесса, когда затраты времени на проведение испытаний должны быть наименьшими. С учетом вышеизложенного, на основе факторного анализа были выявлены наиболее информативные и, в то же время, “простейшие” показатели ФС, относящиеся к различным факторам, и разработаны градации оценок, предназначенные для диагностики ФС у детей данной возрастной группы в условиях образовательного учреждения.

Одним из важнейших результатов исследования являются данные о сходстве факторной структуры ФС детей 5–6, 9–10 и 13–14 лет. Выде-

ленные факторы могут рассматриваться в качестве наиболее устойчивых компонентов ФС, формирующихся в ходе индивидуального развития. Являясь целостными аспектами ФС человека, они представляют собой функциональные системы, имеющие сложную внутреннюю структуру, определяющую характер взаимосвязи их отдельных элементов. Установлено, что в процессе онтогенеза изменяется место и значение этих факторов в общей структуре ФС, что является отражением основных закономерностей роста и развития, определяющих особенности, функциональные и адаптационные возможности ребенка. К ним относятся: системогенез, гетерохрония, адаптивность и нелинейность развития, чувствительные и критические периоды развития, возрастающая гетерогенность тканей организма, повышение специфичности реакций, возрастающая надежность биологической системы и др. [8, 15, 47–49 и др.] Эти закономерности, отражая различивание наследственной программы в тех или иных условиях среды, определяют качественное своеобразие ФС организма ребенка в различные возрастные периоды.

Сходство факторной структуры ФС детей дошкольного, младшего школьного и подросткового возраста свидетельствует, что рассматриваемые факторы отражают жестко детерминированные связи внутри системы ФС [50], сохраняющиеся в ходе индивидуального развития. На основе полученных нами результатов можно сделать заключение, что ФС организма развивается в онтогенезе человека как единое целое, при этом специфика его факторной структуры на разных этапах индивидуального развития в значительной степени определяется постепенным и гетерохронным созреванием отдельных функциональных систем. В соответствии с теорией П.К. Анохина функциональные системы разного уровня, объединяющие различные структурные образования и физиологические процессы, интегрируются в систему ФС избирательно лишь постольку, поскольку они содействуют достижению полезного приспособительного результата на том или ином этапе развития [28]. Важно отметить, что каждый период индивидуального развития характеризуется особенностями становления и элиминации функциональных систем [5], что также находит отражение в изменениях структуры ФС организма.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования выявлена факторная структура ФС детей 9–10 лет как интегральной характеристики целостного организма. Идентифицированы ведущие факторы, ее определяющие: вегетативная регуляция физиологических функций; эффективность когнитивной деятель-

ности; физическая работоспособность; гемодинамическое обеспечение напряженной когнитивной деятельности; неспецифическая устойчивость организма к простудным заболеваниям; общая работоспособность.

Эти факторы рассматриваются как отдельные аспекты ФС, отражающие деятельность различных функциональных систем. Каждый из них, в качестве компонента более общей доминирующей функциональной системы, обеспечивающей формирование конкретной ФС, отличается относительной независимостью и выполняет свою самостоятельную функцию в реализации системного ответа организма. С позиций системного подхода не только определено физиологическое содержание этих факторов и установлены наиболее информативные показатели его оценки, но и разработаны сопоставительные нормы, пригодные для диагностики ФС детей рассматриваемой возрастной группы в условиях образовательного учреждения.

Обнаружена взаимосвязь аэробных и анаэробных компонентов физической работоспособности и двигательной подготовленности детей 9–10 лет с такими аспектами ФС как эффективность когнитивной деятельности и неспецифическая устойчивость к простудным заболеваниям. Это дает основание полагать, что в рассматриваемый возрастной период, с помощью индивидуализированных программ занятий физическими упражнениями различной метаболической направленности, можно оказывать эффективное воздействие на ФС организма при напряженной познавательной деятельности и здоровье детей.

Получены данные о сходстве факторной структуры ФС детей 9–10 лет с факторными структурами ФС испытуемых 5–6 и 13–14 лет. На этом основании выделенные факторы рассматриваются в качестве наиболее устойчивых компонентов ФС, формирующихся в ходе онтогенеза. Вместе с тем с возрастом происходит перераспределение роли отдельных факторов в структуре ФС, отражающее внутрисистемную и межсистемную гетерохронию развития.

Работа поддержана грантом РФФИ (проект № 17-06-00159а).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев В.И.* Адаптация человека. СПб.: Институт мозга РАН, 2003. 584 с.
2. *Данилова Н.Н.* Психофизиология. М.: Аспект Пресс, 2012. 372 с.
3. *Берталанфи Л.* Общая теория систем: критический обзор / Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23.
4. *Александров Ю.И.* Системная психофизиология. СПб.: Питер, 2011. С. 252.
5. *Судаков К.В.* Функциональные системы. М.: Издательство Российской академии наук, 2011. 320 с.
6. *Криволапчук И.А.* Факторная структура функционального состояния детей 5–6 лет // Физиология человека. 2014. Т. 40. № 5. С. 48.
7. *Криволапчук И.А., Чернова М.Б.* Факторная структура функционального состояния мальчиков 13–14 лет // Физиология человека. 2017. Т. 43. № 2. С. 43.
8. *Фарбер Д.А., Безруких М.М.* Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка // Физиология человека. 2001. Т. 27. № 5. С. 8.
9. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Фарбер Д.А., Безруких М.М. М.: Изд-во Московского психологосоциального института, 2009. 432 с.
10. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. Безруких М.М., Фарбер Д.А. М.: Изд-во Московского психологосоциального института, 2010. 768 с.
11. Методические рекомендации по физиолого-гигиеническому изучению учебной нагрузки / Под ред. Антроповой М.В. М.: Изд-во АПН СССР, 1984. 67 с.
12. *Илюхина В.А.* Психофизиология функциональных состояний и познавательной деятельности здорового и больного человека. СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. 368 с.
13. *Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Гаврилушкин А.П. и др.* Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65.
14. *Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А.* Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208 с.
15. *Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В.* Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. М.: ЛИБРОКОМ, 2011. 368 с.
16. Гигиена детей и подростков / Под ред. Сердюковской Г.Н., Сухарева А.Г. М.: Медицина, 1986. 496 с.
17. *Иберла К.* Факторный анализ: Пер. с нем. М.: Статистика, 1980. 398 с.
18. *Гельгорн Э., Луфбрроу Д.* Эмоции и эмоциональные расстройства. М.: Мир, 1966. 672 с.
19. Вегетативные расстройства. Клиника, диагностика, лечение / Под ред. Голубева В.Л. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2010. 640 с.
20. Вегетативная дисфункция у детей и подростков / Под ред. Козловой Л.В. М.: ГЭОТАР–Медиа, 2008. 96 с.
21. *Спивак Е.М., Нежкина Н.Н.* Синдром вегетативной дистонии у детей. Ярославль: Александр Рутман, 2009. 220 с.
22. *Леонова А.Б.* Психическая надежность профессионала и современные технологии управления стрессом // Вестник МГУ. Сер. 14. 2007. № 3. С. 69.
23. *Бодров В.А.* Психологический стресс: развитие и преодоление. М.: ПЭР СЭ, 2006. 528 с.

24. Punnett L., Cherniack M., Henning R. et al. A conceptual framework for integrating workplace health promotion and occupational ergonomics programs // Public Health Rep. 2009. V. 124. № 1. P. 16.
25. Данилова Н.М. Функциональные состояния: механизмы и диагностика. М.: Изд-во МГУ, 1985. 287 с.
26. Чайнова Л.Д., Назарова К.А., Чайнов В.И. Концепция функционального комфорта работающего человека – теоретическая основа современного эргодизайна // Вестник РГГУ. Серия “Психология. Педагогика. Образование”. 2015. № 1. С. 125.
27. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. М.: Медицина, 1991. 192 с.
28. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем: избранные труды. М.: Медицина, 1996. 400 с.
29. Нормальная физиология: курс физиологии функциональных систем / Под ред. Судакова К.В. М.: Медицинское информационное агентство, 1999. 718 с.
30. Physical Activity Guidelines for Americans. Washington: ODPHP publishing house, 2008. 65 p.
31. Janssen I., Leblanc A. Systematic Review of the Health Benefits of Physical Activity in School-Aged Children and Youth // International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity. 2010. V. 7. № 40. P. 1.
32. Global Recommendations on Physical activity for Health. Geneva, World Health Organization, 2010. 60 p.
33. Подростковая медицина. Руководство / Под ред. Левиной Л.И., Куликова А.М. СПб: Питер, 2006. 544 с.
34. Швеллнус М., Джинс О., Мотаунг С., Сварт Дж. Спорт и инфекции // Олимпийское руководство по спортивной медицине. М.: Практика, 2011. С. 393.
35. Timmons B.W., Proudfoot N.A., MacDonald M.J. et al. The health outcomes and physical activity in pre-schoolers (HOPP) study: rationale and design // BMC Public Health. 2012. V. 12. № 4. P. 284.
36. Voss M.W., Chaddock L., Kim J.S. et al. Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children // Neuroscience. 2011. V. 199. № 11. P. 166.
37. Crews D., Landers D. A meta-analytic review of aerobic fitness and re-activity to psychosocial stressors // Med. Sci. Sports Exerc. 1987. V. 19. № 5. P. 114.
38. Steptoe A., Kearsley N., Walters N. Cardiovascular activity during mental stress following vigorous exercise in sportsmen and inactive men // Psychophysiology. 1993. V. 30. № 3. P. 245.
39. Hamer M., Steptoe A. Association Between Physical Fitness, Parasympathetic Control, and Proinflammatory Responses to Mental Stress // Psychosomatic Medicine. 2007. V. 69. P. 660.
40. Rimmele U., Seiler R., Marti B. et al. The level of physical activity affects adrenal and cardiovascular reactivity to psychosocial stress // Psychoneuroendocrinology. 2009. V. 34. P. 190.
41. Klaperski S., von Dawans B., Heinrichs M., Fuchs R. Does the level of physical exercise affect physiological and psychological responses to psychosocial stress in women? // Psychology of Sport & Exercise. 2013. V. 14. № 2. P. 266.
42. Van Dusen D.P., Kelder S.H., Kohl H.W. et al. Associations of physical fitness and academic performance among schoolchildren // J. Sch. Health. 2011. V. 81. № 12. P. 733.
43. Lees C., Hopkins J. Effect of aerobic exercise on cognition, academic achievement, and psychosocial function in children: a systematic review of randomized control trials // Prev. Chronic Dis. 2013. V. 24. № 10: E174.
44. Костяк Т.В. Психологическая адаптация первоклассников. М.: Издательский центр “Академия”, 2008. 176 с.
45. Казин Э.М. Формирование приспособительных реакций учащихся в зависимости от типа психовегетативной регуляции // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Т. 13. № 6. С. 126.
46. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Тармаева И.Ю. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 12. С. 1183.
47. Никитюк Б.А. Основные закономерности роста и развития // Морфология человека. М.: Изд-во МГУ, 1990. С. 36.
48. Фарбер Д.А., Мачинская Р.И. Современные исследования в возрастной физиологии и психофизиологии как основа медицинского образования // Здоровье и образование детей – основа устойчивого развития российского общества и государства: Научная сессия академий, Москва, 5–6 октября 2006 г. М.: Наука, 2007. С. 28.
49. Сухарев А.Г. Шесть закономерностей роста и развития детского организма. М.: МИОО, 2008. 64 с.
50. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека. М.: АСТ, 2010. 399 с.

## Factorial Structure Peculiarities of 9–10 Aged Children’s Functional State

I. A. Krivolapchuk<sup>a, \*</sup>, M. B. Chernova<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institute of Developmental Physiology RAE, Moscow, Russia

\*E-mail: i.krivolapchuk@mail.ru

At the research the factors determining 9–10 aged children’s functional state (FS) ( $n = 168$ ) as the integral characteristics of the whole organism: vegetative regulation of physiological functions (factor I); cognitive activity effectiveness (factor II); physical working capability (factor III); haemodynamic supply of cognitive ac-

tivity (factor IV); organism's non-specific resistance (factor V); general working capability (factor VI) have been identified. These factors have been considering as the separate FS aspects, reflecting the activity of different functional systems. On the system reproach it has been determined the physiological content of the pointed factors, stated the most informative indexes of FS mark, developed the comparative norms suitable for its diagnostics among the children of the observed aged group in educational establishment conditions. It has been found out the correlation of aerobic and anaerobic components of physical working capability and motor readiness of the children having the same FS aspects as cognitive activity effectiveness and non-specific resistance to catarrhal diseases. The obtained data about 9–10 aged children's FS similarity with factorial structures of the observed 5–6 aged and 13–14 aged ones' FS. On this ground, the pointed factors have been considering as the most resistible FS components forming during ontogenesis.

*Keywords:* midchildhood children, functional state, factors, structure, components, informative indexes, diagnostics.