

УДК 612.821

## ОСОБЕННОСТИ ФАКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА МАЛЬЧИКОВ И ДЕВОЧЕК 6–7 ЛЕТ

© 2021 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 10.02.2020 г.

После доработки 14.03.2020 г.

Принята к публикации 15.08.2020 г.

Цель исследования – выявить факторную структуру функционального состояния (ФС) организма мальчиков и девочек 6–7 лет и определить информативные показатели для его оценки. Обследование проводили в состоянии покоя, а также при выполнении тестовых когнитивных заданий с комфортной и максимальной скоростью. Моделью информационной нагрузки служила работа с фигурными таблицами. Изучение ФС осуществлялось на основе использования комплекса физиологических, психологических и поведенческих показателей. Для выявления структуры ФС и информативных показателей его оценки применяли факторный анализ – метод главных компонент. В ходе исследования выявлены шесть основных факторов, определяющих структуру ФС организма детей 6–7 лет: вегетативная регуляция физиологических функций; эффективность когнитивной деятельности; физическая работоспособность; гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности; неспецифическая устойчивость организма; эмоциональный статус. Данные факторы рассматриваются как специфические аспекты ФС, характеризующие активность различных функциональных систем, слаженно взаимодействующих в целях достижения полезных для организма приспособительных результатов. Они иерархически связаны с ФС организма, как системой более высокого уровня. Результаты сопоставления факторных структур комплекса анализируемых показателей у мальчиков и девочек дают основание полагать, что имеются стабильные группы взаимосвязанных переменных, характеризующие устойчивые компоненты ФС организма, вносящие значимый вклад в его формирование у детей разного пола. Состав выделенных факторов у мальчиков и девочек 6–7 лет совпадает на 85% и более. Установлено, что на фоне выявленной общности структуры ФС организма у мальчиков и девочек 6–7 лет по-разному распределены вклады данных факторов в обобщенную дисперсию выборки. Различия касаются и состава психофизиологических показателей, интегрированных в отдельные факторы, и их весовых коэффициентов. С учетом данного обстоятельства определены наиболее информативные показатели и разработаны сопоставительные нормы, пригодные для экспресс-оценки ФС мальчиков и девочек рассматриваемой возрастной группы.

*Ключевые слова:* функциональное состояние, структура, факторы, информативные показатели, возрастные особенности, половой диморфизм.

DOI: 10.31857/S0131164621010070

Функциональное состояние (ФС) отражает общие закономерности жизнедеятельности целостного организма в его сложнейших взаимосвязях со средой обитания. Согласно современным представлениям, для раскрытия содержания понятия ФС как интегральной характеристики организма целесообразно использовать ключевые принципы системного подхода [1, 2]. Описывая ФС как систему, в качестве элементарных структур выделяют функции и процессы физиологического, психологического и поведенческого уровней [3–7]. На основе взаимодействия этих звеньев многоуровневой системы формируется

ФС для достижения полезного приспособительного результата.

В настоящее время имеются практически неограниченные возможности сбора информации о динамике большого числа физиологических, психологических и поведенческих показателей ФС. Однако использование широкого перечня количественных значений этих параметров, без определения роли каждого отдельного показателя в рамках общего системного ответа организма, может вносить лишь путаницу в оценку ФС, в связи с тем, что неизбежно будет содержать данные о разнонаправленности и неоднородности сдвигов используемых переменных и многознач-

ности отмечаемых изменений [8]. Мозаичная картина степени выраженности и направленности сдвигов отдельных функций и процессов является важнейшим признаком любого ФС. Это обстоятельство требует определения характера взаимоотношений между отдельными элементами интегрального комплекса показателей ФС организма [3]. Понимание роли каждого показателя в целостной ответной реакции организма и его взаимосвязи с другими показателями предоставляет возможность не только количественной, но и качественной оценки ФС и позволяет прогнозировать его развитие в целях достижения полезного для организма приспособительного результата.

ФС как саморегулирующаяся система обладает определенной структурой, которая характеризует устойчивые взаимосвязи и отношения, относительно неизменные при различных его преобразованиях [9, 10]. Важная роль связей и отношений отдельных компонентов ФС приводит к тому, что изучение его структуры выступает в качестве одной из основных задач при решении целого ряда научных проблем [8]. Для этого, как правило, используются методы многомерной статистики, позволяющие свести обширный ряд переменных к сравнительно малому числу относительно независимых факторов. Одним из таких методов является факторный анализ, дающий возможность находить структуру ФС и вскрывать внутренние механизмы его формирования, а также определять то, какие качественно новые свойства приобрела система, установив ту или иную взаимосвязь и, наоборот, какие – утратила [8, 11–13].

Определение особенностей ФС организма, выявление факторов, характеризующих его структуру и специфику организации у детей разного возраста и пола, является одной из важных задач физиологии развития. Ранее была показана общность факторной структуры ФС у детей нескольких возрастных групп, проявляющаяся на фоне нелинейности и гетерохронности процессов роста и развития [14–16]. Вместе с тем структура ФС детей 6–7 лет в рассматриваемом контексте не исследовалась, ее возрастные и половые особенности не анализировались.

Цель исследования – выявить факторную структуру функционального состояния мальчиков и девочек 6–7 лет и определить информативные показатели для его оценки.

## МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие практически здоровые мальчики ( $n = 110$ ) и девочки ( $n = 118$ ) 6–7 лет. Испытуемые не имели каких-либо противопоказаний для выполнения тестовых нагрузок,

не употребляли лекарств и продуктов, содержащих кофеин.

Обследование осуществляли в состоянии покоя, а также при выполнении тестовых когнитивных заданий с комфортной (автотемп) и предельно высокой (максимальный темп) скоростью. Анализировали взаимосвязи более 40 различных показателей ФС. Некоторые из этих показателей регистрировали в двух или трех экспериментальных ситуациях.

Моделью информационной нагрузки служила работа с фигурными таблицами. Перед выполнением первого задания испытуемым сообщали, что они должны работать в удобном для себя темпе, а перед реализацией второго – вводилась инструкция, содержащая требование – безошибочно работать с максимально возможной скоростью. В качестве “наказания” применяли порицающие замечания и сильный звук. Задание состояло в зрительном поиске и идентификации нескольких целевых раздражителей, которые с одинаковой вероятностью встречались по всей таблице. Предварительно детям давали инструкцию, просматривая внимательно все фигурки, отыскать среди них треугольник, кружочек и флажок. Предлагали поставить в треугольнике черточку (минус), в кружочке – крестик (плюс), во флажке – точку. По результатам выполнения задания определяли количество просмотренных знаков ( $A$ ) и рассчитывали коэффициент продуктивности ( $Q$ ).

Умственную работоспособность оценивали не только в условиях лаборатории, но и непосредственно в условиях детского дошкольного учреждения до ( $A_{до}$ ,  $Q_{до}$ ) и после ( $A_{после}$ ,  $Q_{после}$ ) занятий, в один и тот же день недели (среду) по традиционной методике. Более подробно технология моделирования информационной нагрузки, описана в предыдущих работах [14–16].

Регистрацию  $\omega$ -потенциала (ОП), характеризующего ФС ЦНС [7], осуществляли с поверхности кожи головы с использованием портативной установки для исследования сверхмедленных физиологических процессов головного мозга. Метод омега-метрии предусматривает регистрацию  $\omega$ -потенциала (частотная полоса от 0 до 0.05 Гц) с параллельной регистрацией сверхмедленных колебаний потенциалов (частотная полоса от 0.05 до 0.5 Гц) в покое и при функциональных нагрузках [7].

Анализ variability сердечного ритма в состоянии покоя и при тестовых когнитивных нагрузках использовали для оценки степени напряженности регуляторных систем [17]. Измерение ЭКГ-сигнала производили в положении сидя во II стандартном отведении. Реализацию метода осуществляли при помощи автоматизированного комплекса на базе персонального компьютера. Определяли моду ( $Mo$ ), амплитуду моды ( $AMo$ ),

разброс кардиоинтервалов ( $MxDMn$ ), средне-квадратическое отклонение ( $SDNN$ ), стресс-индекс ( $SI$ ). По 6-секундным отрезкам записи рассчитывали частоту сердечных сокращений (ЧСС).

Систолическое (СД) и диастолическое (ДД) давление крови регистрировали в соответствии с рекомендациями *Society for Psychophysical Research* [18]. Применяли механический тонометр и адекватную возрасту детскую манжету. Рассчитывали среднее давление (САД), двойное произведение (ДП), вегетативный индекс Кердо (ВИК).

Эффективность деятельности оценивали на основе расчета следующих показателей:  $Q/ЧСС$ ,  $Q/SI$ ,  $Q/ДП$ ,  $A/ЧСС$ ,  $A/SI$ ,  $A/ДП$  [14].

В процессе исследования использовали комплекс тестов, позволяющий оценить состояние механизмов энергообеспечения мышечной деятельности и мышечную работоспособность. Определяли интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД), мощность нагрузки при пульсе 170 уд./мин ( $PWC170$ ), максимальное потребление кислорода (МПК), ватт-пульс (ВтП), максимальную силу (МС) и время работы ( $t_{2 \text{ Вт/кг}}$ ,  $t_{4 \text{ Вт/кг}}$ ) при выполнении “до отказа” нагрузок большой (2 Вт/кг) и субмаксимальной (4 Вт/кг) мощности [19]. На основе уравнения *Muller* находили также величины мощности нагрузок, максимальное время реализации которых составляло 1 ( $I1$ ), 40 ( $I40$ ), 240 ( $I240$ ), 900 с ( $I900$ ), коэффициенты, отражающие емкость аэробного ( $b$ ) и соотношение возможностей аэробного и анаэробно-гликолитического источников ( $a$ ) [19].

Батарея контрольных упражнений включала показатели, характеризующие развитие основных 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 рассчитывали общую оценку физической подготовленности (ОФП).

Для определения эмоционального состояния и личностных особенностей детей использовали методики психодиагностики. На основе проективной методики Р. Тэммл “Выбери нужное лицо” определяли индекс тревожности (ИТ), анкеты для родителей Л. Костиной – “личностную” тревожность (ЛТ), восьми цветового теста М. Люшера – ситуативную тревожность (СТ) [20], методики “Цветопись” А.Н. Лутошкина – эмоциональное состояние (ЭС) [21]. Эмоциональное состояние оценивали до ( $ЭС_{до}$ ) и после ( $ЭС_{после}$ ) занятий в среду. Работу проводили в группах и индивидуально.

Изучение заболеваемости осуществляли на основе анализа содержания медицинских справок и записей в индивидуальных медицинских картах. Использовали показатели, характеризующие острую заболеваемость детей: количество заболе-

ваний (КЗ); количество дней временной нетрудоспособности по болезни (КДБ); показатель средней продолжительности одного случая заболеваемости (ПОЗ).

Для выявления структуры ФС и информативных показателей его оценки применяли факторный анализ – метод главных компонент с последующим вращением референтных осей по Варимакс-критерию. Возможность проведения факторного анализа оценивали с помощью критерия Кайзера–Мейера–Олкина (КМО). Выборка рассматривалась как приемлемая, если величина этого критерия превышала 0.5.

Описанную выше методику исследования использовали для изучения факторной структуры ФС детей 5–6 [14], 9–10 [16] и 13–14 лет [15]. Благодаря этому существует возможность сопоставления результатов настоящего исследования с данными, полученными ранее на других возрастных группах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

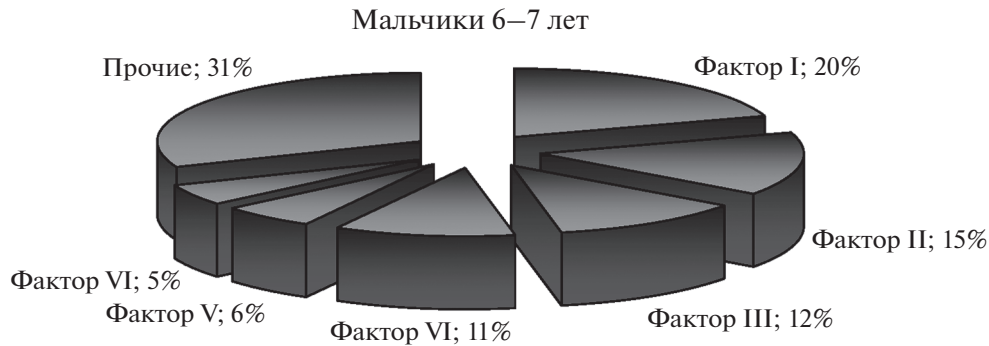
Обработка эмпирического материала показала, что для собранных данных величина КМО у девочек и мальчиков превышала 0.63 и 0.71 соответственно. Эта информация подтверждает целесообразность применения факторного анализа.

Использование факторного анализа позволило выделить шесть относительно независимых факторов ФС мальчиков и девочек 6–7 лет. Вклад этих факторов в общую дисперсию выборки превышал 69%.

В фактор “Вегетативная регуляция физиологических функций” у девочек вошли 34, а у мальчиков – 31 переменная, причем 29 из них совпали (рис. 1, 2, табл. 1). С данным фактором в условиях покоя и при тестовых когнитивных нагрузках как у мальчиков, так и у девочек положительно коррелировали величины ОП, ЧСС,  $AMo$ ,  $SI$ , СД, ДД, САД, ДП и ВИК и отрицательно –  $SDNN$ ,  $Mo$ ,  $MxDMn$ . Наибольшие весовые нагрузки по данному фактору у девочек имели  $ДП_0$  ( $r = 0.87$ ),  $MxDMn_2$  ( $r = -0.85$ ),  $Mo_1$  ( $r = -0.84$ ) (табл. 1), а у мальчиков –  $Mo_1$  ( $r = -0.86$ ),  $ЧСС_1$  ( $r = 0.85$ ),  $ДП_2$  ( $r = 0.85$ ) (табл. 1).

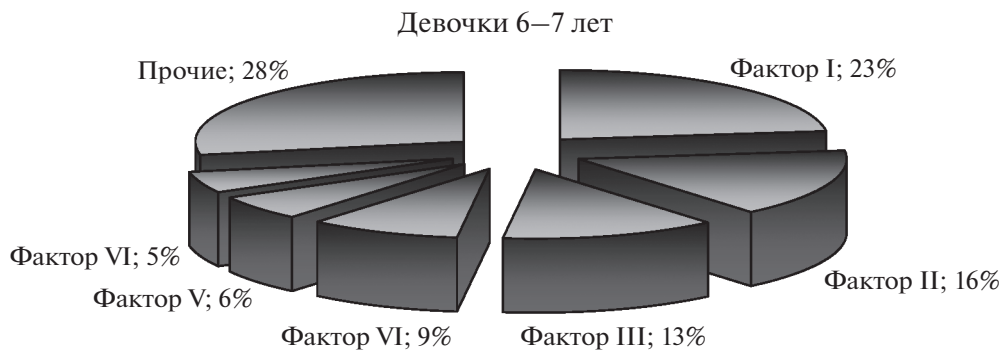
В фактор “Эффективность когнитивной деятельности” со значимыми нагрузками у девочек выделились 23 переменные, характеризующие результативность реализации тестовых заданий и умственную работоспособность в динамике учебного дня (рис. 1, 2, табл. 2), а у мальчиков – 22 показателя.

Необходимо отметить, что у детей разного пола, в структуре рассматриваемого фактора, 22 показателя были идентичными. У девочек и мальчиков с этим фактором положительно коррелировали величины  $A$ ,  $Q$ ,  $A/ДП$ ,  $A/ЧСС$ ,  $A/SI$ ,  $Q/ЧСС$ ,



**Рис. 1.** Структура функционального состояния мальчиков.

Фактор I – “Вегетативная регуляция физиологических функций”; Фактор II – “Эффективность когнитивной деятельности”; Фактор III – “Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности”; Фактор IV – “Физическая работоспособность и двигательная подготовленность”; Фактор V – “Неспецифическая устойчивость организма”; Фактор VI – “Эмоциональный статус”.



**Рис. 2.** Структура функционального состояния девочек.

Фактор I – “Вегетативная регуляция физиологических функций”; Фактор II – “Эффективность когнитивной деятельности”; Фактор III – “Физическая работоспособность и двигательная подготовленность”; Фактор IV – “Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности”; Фактор V – “Эмоциональный статус”; Фактор VI – “Неспецифическая устойчивость организма”.

$Q/ДП$ ,  $Q/SI$ , полученные в рассматриваемых экспериментальных ситуациях, а также  $A$ ,  $Q$  и ЭС, зарегистрированные до и после занятий в условиях детского дошкольного учреждения. Наиболее сильную статистическую взаимосвязь с данным фактором у девочек имели  $A_1$  ( $r = 0.85$ ),  $A_1/ЧСС_1$  ( $r = 0.84$ ),  $A_1/ДП_1$  ( $r = 0.84$ ), а у мальчиков –  $A_1/ЧСС_1$  ( $r = 0.83$ ),  $A_1$  ( $r = 0.81$ ),  $Q_1/ЧСС_1$  ( $r = 0.79$ ).

Фактор “Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности” у девочек объединил 13 показателей центральной гемодинамики, зарегистрированных в состоянии спокойного бодрствования и в условиях тестовых когнитивных нагрузок, а у мальчиков – 16 аналогичных показателей (рис. 1, 2, табл. 2).

Необходимо отметить, что у детей разного пола в структуре данного фактора совпадали 13 переменных. Обнаружена сильная положительная статистическая взаимосвязь с данным фактором показателей СД, ДД, САД, ДП и отрицательная –

ВИК в рассматриваемых экспериментальных ситуациях. Максимальными значениями факторных коэффициентов у девочек характеризовались  $ДД_1$  ( $r = 0.91$ ),  $ДД_0$  ( $r = 0.85$ ),  $САД_2$  ( $r = 0.85$ ), а у мальчиков –  $ДД_1$  ( $r = 0.90$ ),  $САД_1$  ( $r = 0.88$ ),  $ДД_0$  ( $r = 0.88$ ).

Фактор “Физическая работоспособность” у девочек включал в свой состав 21, а у мальчиков – 18 показателей (рис. 1, 2, табл. 3). У девочек и мальчиков в структуре рассматриваемого фактора совпадали 17 переменных. С данным фактором положительно коррелировали величины МПК,  $PWC_{170}$ ,  $t_4$  ВТ/кг,  $t_2$  ВТ/кг, коэффициенты “ $a$ ” и “ $b$ ” уравнения Мюллера,  $W_{40}$ ,  $W_{240}$ ,  $W_{900}$ , бег 6 мин, прыжок, станова́я динамометрия, ОФП и отрицательно –  $ИНПД_2$  ВТ/кг,  $ИНПД_4$  ВТ/кг, бег 20 м. Наибольшие весовые нагрузки по данному фактору у девочек имели  $W_{240}$  ( $r = 0.90$ ),  $ИНПД_2$  ВТ/кг ( $r = -0.87$ ),  $W_{900}$  ( $r = 0.86$ ), а у мальчиков –  $W_{240}$

**Таблица 1.** Факторная структура ФС мальчиков и девочек 6–7 лет (фактор “Вегетативная регуляция физиологических функций”)

Фактор “Вегетативная регуляция физиологических функций”			
девочки		мальчики	
показатель	ФН	показатель	ФН
ОП <sub>0</sub> , мВ	0.49		
ОП <sub>1</sub> , мВ	0.41	ОП <sub>1</sub> , мВ	0.38
ОП <sub>2</sub> , мВ	0.39	ОП <sub>2</sub> , мВ	0.33
<i>MxDMn</i> <sub>0</sub> , с	-0.72	<i>MxDMn</i> <sub>0</sub> , с	-0.76
<i>MxDMn</i> <sub>1</sub> , с	-0.76	<i>MxDMn</i> <sub>1</sub> , с	-0.70
<i>MxDMn</i> <sub>2</sub> , с	-0.85	<i>MxDMn</i> <sub>2</sub> , с	-0.75
<i>Mo</i> <sub>0</sub> , с	-0.83	<i>Mo</i> <sub>0</sub> , с	-0.81
<i>Mo</i> <sub>1</sub> , с	-0.84	<i>Mo</i> <sub>1</sub> , с	-0.86
<i>Mo</i> <sub>2</sub> , с	-0.79	<i>Mo</i> <sub>2</sub> , с	-0.80
<i>AMo</i> <sub>0</sub> , %	0.48	<i>AMo</i> <sub>0</sub> , %	0.43
<i>AMo</i> <sub>1</sub> , %	0.52	<i>AMo</i> <sub>1</sub> , %	0.47
<i>AMo</i> <sub>2</sub> , %	0.47	<i>AMo</i> <sub>2</sub> , %	0.49
<i>SI</i> <sub>0</sub> , отн. ед.	0.39	<i>SI</i> <sub>0</sub> , отн. ед.	0.36
<i>SI</i> <sub>1</sub> , отн. ед.	0.41	<i>SI</i> <sub>1</sub> , отн. ед.	0.45
<i>SI</i> <sub>2</sub> , отн. ед.	0.54	<i>SI</i> <sub>2</sub> , отн. ед.	0.49
<i>SDNN</i> <sub>0</sub> , мс	-0.37		
<i>SDNN</i> <sub>1</sub> , мс	-0.41	<i>SDNN</i> <sub>1</sub> , мс	-0.44
<i>SDNN</i> <sub>2</sub> , мс	-0.39		
ЧСС <sub>0</sub> уд./мин	0.73	ЧСС <sub>0</sub> уд./мин	0.73
ЧСС <sub>1</sub> уд./мин	0.82	ЧСС <sub>1</sub> уд./мин	0.85
ЧСС <sub>2</sub> уд./мин	0.78	ЧСС <sub>2</sub> уд./мин	0.78
СД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.74	СД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.71
СД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.61	СД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.61
СД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.65	СД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.60
ДД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.51		
ДД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.43	ДД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.42
САД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.41	САД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.42
САД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.42	САД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.34
ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	0.87	ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	0.84
ДП <sub>1</sub> , отн. ед.	0.82		
ДП <sub>2</sub> , отн. ед.	0.82	ДП <sub>2</sub> , отн. ед.	0.85
ВИК <sub>0</sub> , отн. ед.	0.41	ВИК <sub>0</sub> , отн. ед.	0.39
ВИК <sub>1</sub> , отн. ед.	0.43	ВИК <sub>1</sub> , отн. ед.	0.65
ВИК <sub>2</sub> , отн. ед.	0.43	ВИК <sub>2</sub> , отн. ед.	0.51
		<i>A</i> <sub>1</sub> / <i>SI</i> <sub>1</sub> , отн. ед.	-0.47
		<i>Q</i> <sub>1</sub> / <i>SI</i> <sub>1</sub> , отн. ед.	-0.42

Примечание: ФН – факторная нагрузка. Расшифровку аббревиатур см. в разделе “Методика”.

**Таблица 2.** Факторная структура ФС мальчиков и девочек 6–7 лет (факторы “Эффективность когнитивной деятельности” и “Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности”)

Фактор “Эффективность когнитивной деятельности”			
девочки		мальчики	
показатель	ФН	показатель	ФН
$A_1$ , кол-во знаков	0.85	$A_1$ , кол-во знаков	0.81
$A_2$ , кол-во знаков	0.83	$A_2$ , кол-во знаков	0.77
$Q_1$ , отн. ед.	0.71	$Q_1$ , отн. ед.	0.74
$Q_2$ , отн. ед.	0.70	$Q_2$ , отн. ед.	0.73
ОП <sub>0</sub> , мВ	0.46	ОП <sub>0</sub> , мВ	0.40
$A_1/ЧСС_1$ , отн. ед.	0.84	$A_1/ЧСС_1$ , отн. ед.	0.83
$A_1/ДП_1$ , отн. ед.	0.84	$A_1/ДП_1$ , отн. ед.	0.77
$A_1/SI_1$ , отн. ед.	0.52	$A_1/SI_1$ , отн. ед.	0.43
$A_2/ЧСС_2$ , отн. ед.	0.75	$A_2/ЧСС_2$ , отн. ед.	0.77
$A_2/ДП_2$ , отн. ед.	0.73	$A_2/ДП_2$ , отн. ед.	0.72
$A_2/SI_2$ , отн. ед.	0.42	$A_2/SI_2$ , отн. ед.	0.46
$Q_1/ЧСС_1$ , отн. ед.	0.73	$Q_1/ЧСС_1$ , отн. ед.	0.79
$Q_1/ДП_1$ , отн. ед.	0.74	$Q_1/ДП_1$ , отн. ед.	0.72
$Q_1/SI_1$ , отн. ед.	0.47	$Q_1/SI_1$ , отн. ед.	0.41
$Q_2/ЧСС_2$ , отн. ед.	0.78	$Q_2/ЧСС_2$ , отн. ед.	0.75
$Q_2/ДП_2$ , отн. ед.	0.65	$Q_2/ДП_2$ , отн. ед.	0.72
$Q_2/SI_2$ , отн. ед.	0.39	$Q_2/SI_2$ , отн. ед.	0.48
$A_{до}$ , знаков	0.55	$A_{до}$ , знаков	0.61
$A_{после}$ , знаков	0.61	$A_{после}$ , знаков	0.58
$Q_{до}$ , отн. ед.	0.50	$Q_{до}$ , отн. ед.	0.54
$Q_{после}$ , отн. ед.	0.49	$Q_{после}$ , отн. ед.	0.51
ЭС <sub>до</sub> , отн. ед.	0.44	ЭС <sub>до</sub> , отн. ед.	0.45
ЭС <sub>после</sub> , отн. ед.	0.42		
Фактор “Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности”			
девочки		мальчики	
показатель	ФН	показатель	ФН
СД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.46	СД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.61
СД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.37	СД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.58
СД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.82	СД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.79
ДД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.85	ДД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.88
ДД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.91	ДД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.90
ДД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.82	ДД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.85
САД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.81	САД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	0.76
САД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.79	САД <sub>1</sub> , мм рт. ст.	0.88
САД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.85	САД <sub>2</sub> , мм рт. ст.	0.82
ВИК <sub>0</sub> , отн. ед.	–0.70	ВИК <sub>0</sub> , отн. ед.	–0.82
ВИК <sub>1</sub> , отн. ед.	–0.75	ВИК <sub>1</sub> , отн. ед.	–0.79
ВИК <sub>2</sub> , отн. ед.	–0.69	ВИК <sub>2</sub> , отн. ед.	–0.76
ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	0.43	ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	0.59
		ДП <sub>1</sub> , отн. ед.	0.44
		ДП <sub>2</sub> , отн. ед.	0.47
		SI <sub>0</sub> , отн. ед.	–0.41

Примечание: обозначения см. табл. 1.

( $r = 0.89$ ), ИНПД<sub>2 Вт/кг</sub> ( $r = -0.84$ ), коэффициент “*b*” ( $r = 0.81$ ).

Фактор “Неспецифическая устойчивость организма” у девочек включал в свой состав 5 переменных, отражающих острую заболеваемость и физическую работоспособность, а у мальчиков – 6 аналогичных показателей (рис. 1, 2, табл. 3). Отрицательные факторные нагрузки в нем имели КЗ, КДБ, ПОЗ, а положительные –  $t_2$ , бег 6 мин и ОФП (у девочек). Наибольшие весовые коэффициенты имели в нем у девочек и мальчиков такие переменные как КДБ ( $r = -0.75$  и  $r = -0.85$ ), КЗ ( $r = -0.72$  и  $r = -0.81$ ), ПОЗ ( $r = -0.69$  и  $r = -0.73$ ). Полученные данные свидетельствуют о том, что по мере повышения уровня физической работоспособности происходит снижение острой заболеваемости детей. Рассматриваемые показатели заболеваемости характеризуются отрицательной статистической взаимосвязью, прежде всего, с аэробными возможностями организма и общей выносливостью. Направление этих связей дает основание считать, что дети, имеющие хорошую аэробную работоспособность и высокую общую выносливость, как правило, отличаются меньшей острой респираторно-вирусной заболеваемостью.

Фактор “Эмоциональный статус” объединил показатели, характеризующие склонность ребенка к проявлению беспокойства, его настроение в динамике учебного дня, а также вегетативный гомеостаз (табл. 3). Обнаружена положительная статистическая взаимосвязь с данным фактором показателей ИТ, ЛТ, ЭС<sub>до</sub> и ЭС<sub>после</sub>. Наличие значимой корреляции с данным фактором некоторых вегетативных показателей отражает положительную взаимосвязь симпатической реактивности с уровнем тревожности детей. Максимальными значениями факторных коэффициентов у девочек и мальчиков соответственно характеризовались ИТ ( $r = 0.74$  и  $r = 0.61$ ), ЛТ ( $r = 0.73$  и  $r = 0.58$ ), ЭС<sub>до</sub> ( $r = 0.73$  и  $r = 0.54$ ).

На основе полученных результатов для оценки ФС практически здоровых мальчиков и девочек 6–7 лет в условиях образовательного учреждения был сформирован диагностический комплекс, включающий “простейшие” информативные показатели, относящиеся к разным факторам (табл. 4): ДП<sub>0</sub> (“Вегетативная регуляция физиологических функций”);  $A_1$  (“Эффективность когнитивной деятельности”);  $t_{2Вт/кг}$  (“Физическая работоспособность”), ДД<sub>0</sub> (фактор “Гемодинамическое обеспечение”), КБД (“Неспецифическая устойчивость”), ИТ (“Эмоциональный статус”). Общий уровень ФС организма можно оценить посредством суммирования балльных оценок по каждому показателю. Высокому уровню соответствует оценка, превышающая 14 баллов, среднему – от 8 до 14 баллов, низкому – менее 8 баллов.

Состояние, при котором по 4-м используемым показателям из 6-ти получена оценка в один балл, расценивается как пограничное, характеризующееся выраженным напряжением адаптационных механизмов. Аналогичный подход был использован нами для экспресс-оценки ФС школьников 9–10 лет [16].

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Применение факторного анализа в физиологии, психологии и медицине имеет давнюю историю, но и сегодня этот статистический метод по-прежнему является неотъемлемой частью многих областей исследования [11–13, 22]. В частности, он нашел широкое применение в клинических и экспериментальных исследованиях [11, 23]. Факторный анализ представляет собой метод многомерной статистики, позволяющий свести большой ряд переменных к сравнительно малому числу относительно независимых факторов [12, 13, 24]. Он предназначен, прежде всего, для раскрытия внутренней структуры наблюдаемых явлений [12, 23]. В данном исследовании на основе факторного анализа выделены шесть относительно независимых аспектов ФС детей 6–7 лет, характеризующих его структуру: вегетативная регуляция физиологических функций; эффективность когнитивной деятельности; физическая работоспособность; гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности; неспецифическая устойчивость организма; эмоциональный статус.

В современной науке понятие структура, как правило, соотносится с понятиями “целое”, “система” и “элемент”. Как известно, структура любого объекта, процесса, явления характеризуется совокупностью устойчивых связей элементов, обеспечивающих его целостность и идентичность самому себе [2, 25]. Можно полагать, что выделенные факторы характеризуют функциональные системы разного уровня, взаимодействующие в целях достижения полезного приспособительного результата. Эти функциональные системы иерархически связаны с ФС целостного организма как системой более высокого уровня. Как известно, ФС организма определяется согласованной саморегулирующей деятельностью функциональных систем метаболического, гомеостатического и поведенческого уровней в их динамическом взаимодействии [9, 10]. Существует известное теоретическое положение П.К. Анохина о том, что интеграция различных функциональных систем и их компонентов в функциональную систему более высокого уровня осуществляется в рамках специального механизма афферентного синтета, в процессе которого на основе мотивации, при учете обстановки и прошлого опыта, создаются условия для достижения “ожидаемого” полезного приспособительного результата [9].

**Таблица 3.** Факторная структура ФС мальчиков и девочек 6–7 лет (факторы “Физическая работоспособность”, “Неспецифическая устойчивость”, “Тревожность”)

Фактор “Физическая работоспособность”			
девочки		мальчики	
МПК, л/мин	0.51	МПК, л/мин кг	0.40
МПК, л/мин кг	0.45		
$PWC_{170}$ , кгм/мин	0.47	$PWC_{170}$ , кгм/мин	0.33
$PWC_{170}$ , кгм/мин кг	0.39	$PWC_{170}$ , кгм/мин кг	0.48
ВтП, кгм/уд кг	0.56		
$t_{2Вт/кг}$ , с	0.75	$t_{2Вт/кг}$ , с	0.74
$t_{4Вт/кг}$ , с	0.49	$t_{4Вт/кг}$ , с	0.48
Коэффициент “а”, отн. ед.	0.71	Коэффициент “а”, отн. ед.	0.66
Коэффициент “b”, отн. ед.	0.83	Коэффициент “b”, отн. ед.	0.81
$W_{40}$ , Вт/кг	0.51	$W_{40}$ , Вт/кг	0.52
$W_{240}$ , Вт/кг	0.90	$W_{240}$ , Вт/кг	0.89
$W_{900}$ , Вт/кг	0.86	$W_{900}$ , Вт/кг	0.83
ИНПД $_{2Вт/кг}$ , уд./с	–0.87	ИНПД $_{2Вт/кг}$ , уд./с	–0.84
ИНПД $_{4Вт/кг}$ , уд./с	–0.43	ИНПД $_{4Вт/кг}$ , уд./с	–0.42
Челн. бег, с	–0.44		
Бег 20 м, с	–0.48	Бег 20 м, с	–0.41
ОФП, отн. ед.	0.53	ОФП, отн. ед.	0.37
Прыжок, см	0.58	Прыжок, см	0.50
Бег 6 мин, м	0.61	Бег 6 мин, м	0.49
МС, кг	0.42	МС, кг	0.47
ДП $_0$ , отн. ед.	–0.40		
ДП $_1$ , отн. ед.	–0.42	$Q_{до}$ , отн. ед.	0.35
$Mo_2$ , с	0.33		
Фактор “Неспецифическая устойчивость”			
КЗ	–0.72	КЗ	–0.81
КДБ	–0.75	КДБ	–0.85
ПОЗ	–0.69	ПОЗ	–0.73
$t_2$ , с	0.41	$t_{2Вт/кг}$ , с	0.51
Бег 6 мин	0.48	Бег 6 мин	0.56
		ОФП, балл	0.48
Фактор “Эмоциональный статус”			
ИТ, %	0.74	ИТ, %	0.61
ЛТ, баллы	0.73	ЛТ, баллы	0.58
$ЭС_{до}$ , баллы	0.73	$ЭС_{до}$ , баллы	0.54
$ЭС_{после}$ , баллы	0.69	$ЭС_{после}$ , баллы	0.53
ВИК $_0$ , отн. ед.	0.59		
$АМo_0$ , отн. ед.	0.46	$SI_0$ , отн. ед.	0.40

Примечание: обозначения см. табл. 1.



**Таблица 4.** Экспресс-оценка функционального состояния мальчиков и девочек 6–7 лет

Факторы ФС		Показатели	Уровень показателя		
			низкий	средний	высокий
Мальчики					
I	Вегетативная регуляция функций	ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	<84 1	84–100 2	>100 3
II	Эффективность деятельности	A <sub>1</sub> , знаков	<100 1	100–140 2	>140 3
III	Гемодинамическое обеспечение	ДД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	<56.0 3	56.0–72.0 2	>72.0 1
IV	Физическая работоспособность	t <sub>2Вт/кг</sub> , с	<350 1	350–800 2	>800 3
V	Неспецифическая устойчивость	КДБ, дней	<7 3	7–12 2	>12 1
VI	Эмоциональный статус	Индекс тревожности, %	<20 3	20–50 2	>50 1
Девочки					
I	Вегетативная регуляция функций	ДП <sub>0</sub> , отн. ед.	<86 1	86–103 2	>103 3
II	Эффективность деятельности	A <sub>1</sub> , знаков	<110 1	110–155 2	>155 3
III	Физическая работоспособность	t <sub>2Вт/кг</sub> , с	<130 1	130–500 2	>500 3
IV	Гемодинамическое обеспечение	ДД <sub>0</sub> , мм рт. ст.	<57.0 3	57.0–73.0 2	>73.0 1
V	Эмоциональный статус	Индекс тревожности, %	<20 3	20–50 2	>50 1
VI	Неспецифическая устойчивость	КДБ, дней	<6 3	6–12 2	>12 1

*Примечание:* 1, 2, 3 – оценка показателя в баллах. КДБ – количество дней болезни за прошедший год. Остальные обозначения см. табл. 1.

Представление о том, что интеграция множества элементарных структур и частных физиологических процессов в доминирующую функциональную систему осуществляется внутри организма в рамках качественно отличающихся от них системных процессов, положено в основу современного подхода к анализу поведения и деятельности [26, 27].

В ходе работы сопоставлялись факторные структуры ФС мальчиков и девочек 6–7 лет (рис. 1, табл. 1–3). Полученные результаты свидетельствуют о том, что у девочек и мальчиков рассматриваемой возрастной группы на фоне сохранения общности структуры отличаются меры тесноты взаимосвязи показателей ФС внутри выделенных факторов и места и роли отдельных факторов в системе ФС организма. Вследствие этого ФС приобретает новые системные свойства, каче-

ственно отличающиеся от свойств, входящих в нее “элементарных” физиологических процессов, функций, структур. Факторы “Вегетативная регуляция физиологических функций” и “Эффективность когнитивной деятельности” как у мальчиков, так и у девочек занимали первую и вторую позиции, соответственно. Позиции, занимаемые другими факторами в структуре ФС, зависели от половой принадлежности детей. Так, у девочек фактор “Физическая работоспособность” занимал третью позицию, а у мальчиков – четвертую, тогда как фактор “Гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности”, наоборот, четвертую и третью позицию соответственно. Аналогичным образом изменились позиции факторов “Неспецифическая устойчивость” и “Эмоциональный статус”. Установлено, что весовые нагрузки, отражающие взаимосвязь рас-

смастриваемых показателей с выделенными факторами, отличались у мальчиков и девочек. Вместе с тем они характеризовались в общем сильной ( $r = 0.99-0.70$ ) и средней ( $r = 0.69-0.45$ ) статистической связью (табл. 1, 2). Важно отметить, что состав выделенных факторов у детей разного пола совпадал на 85% и более. Полученные результаты, в определенной мере, согласуются с представлением о том, что структурно-функциональная организация обеспечения когнитивной деятельности реализуется системой с жесткими и гибкими звеньями, при этом последние могут включаться или не включаться в зависимости от ФС структуры [28].

Результаты сопоставления факторных структур ФС у мальчиков и девочек 6–7 лет показывают, что выделенные аспекты ФС могут рассматриваться в качестве наиболее стабильных его компонентов, формирующихся в ходе индивидуального развития, независимо от половой принадлежности детей. Установлено, что мальчики и девочки 6–7 лет существенно отличаются по вкладу рассматриваемых факторов в обобщенную дисперсию выборки, занимаемой позиции в структуре ФС и числу переменных, входящих в их состав. Все это, по-видимому, отражает особенности организации систем вегетативной регуляции физиологических функций, эффективности когнитивной деятельности, энергетического обеспечения мышечной работы и физической работоспособности, неспецифической резистентности организма и эмоционального статуса, обусловленные половой принадлежностью детей. Сделанное заключение согласуется с имеющимися данными о половой специфичности успешности выполнения разных видов когнитивной деятельности [29], эмоциональной реактивности и некоторых личностных особенностей [30–32], регуляции вегетативных функций [33–35], физической работоспособности [19, 36] и двигательной подготовленности [37, 38].

Следует отметить, что в фактор физической работоспособности вошли показатели, характеризующие аэробные, анаэробные гликолитические и анаэробные алактатные возможности организма и кондиционные двигательные способности, что в целом соответствует представлению о существовании, наряду со специфическими, общих механизмов реализации различных видов мышечной деятельности.

Отдельного обсуждения требуют положительные взаимосвязи ряда показателей физической работоспособности и двигательной подготовленности, характеризующих преимущественно аэробные возможности, с фактором неспецифической устойчивости организма. Материалы исследования показывают, что дети 6–7 лет, имеющие высокую аэробную работоспособность и об-

щую выносливость, как правило, отличаются низкой заболеваемостью острыми респираторно-вирусными инфекциями. Полученные результаты совпадают с данными других работ [39–42], свидетельствующими, что оптимальный двигательный режим и высокий уровень развития аэробных возможностей организма способствуют повышению сопротивляемости детей инфекционным заболеваниям простудного характера. При этом наиболее эффективными являются занятия физическими упражнениями со средними по величине нагрузками, тогда как максимальный риск острых респираторных заболеваний возникает при использовании предельных по объему и интенсивности физических нагрузок спортивного характера. Необходимо также отметить, что у индивидов с низкой физической активностью, симптомы острых респираторных заболеваний возникают чаще, чем у лиц с оптимальной физической активностью, использующих средние по величине нагрузки [39, 41–43]. Предполагается, что у детей младшего возраста оптимально высокая физическая активность обуславливает положительные оздоровительные эффекты, прежде всего, путем изменения ауто-антиген-индуцированной иммунной активности [44].

Наличие значимых весовых коэффициентов у ряда вегетативных показателей ФС в структуре фактора, характеризующего эмоциональный статус обследуемых, хорошо отражает положительную взаимосвязь симпатической реактивности с уровнем тревожности детей рассматриваемой возрастной группы. Полученные результаты согласуются с представлениями о том, что выраженная тревожность может обуславливать высокую активность симпатического отдела вегетативной нервной системы у детей как в состоянии покоя, так и при действии психосоциального стрессора [45–47].

Выявленные особенности факторной структуры ФС, в целом указывают на необходимость обоснования новых подходов к оценке приспособительных возможностей организма и оптимизации ФС детей 6–7 лет дифференцированно, в зависимости от их пола. Сравнение полученных результатов с результатами ранее опубликованных нами работ показало, что выявленная факторная структура ФС детей 6–7 лет в значительной степени совпадает со структурами ФС детей 5–6, 9–10 и 13–14 лет [14–16]. Вместе с тем, у детей разных возрастных групп существенно изменяется место выделенных факторов в структуре ФС организма. Эти изменения, по-видимому, отражают не только индивидуальные особенности развития наследственной программы в разные периоды онтогенеза в определенных условиях среды, но и общие закономерности роста и развития. К последним, прежде всего, относятся системогенез, сенситивные и критические периоды разви-

тия, возрастающая гетерогенность тканей организма, повышение специфичности реакций, увеличивающаяся надежность биологической системы, гетерохрония, адаптивность, нелинейность развития [9, 10, 19, 48, 49 и др.].

Материалы исследования согласуются с представлением о том, что ФС организма ребенка как система наиболее высокого уровня организуется на основе принципов системогенеза, иерархического доминирования, мультипараметрического и последовательного взаимодействия функциональных систем более низкого уровня для достижения полезного приспособительного результата [9, 48]. Выделенные факторы могут рассматриваться как целостные аспекты ФС, представляющие собой функциональные системы, имеющие сложную внутреннюю структуру, определяющую характер взаимосвязи их элементов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования выявлены шесть основных факторов, определяющих структуру ФС организма детей 6–7 лет: вегетативная регуляция физиологических функций; эффективность когнитивной деятельности; физическая работоспособность; гемодинамическое обеспечение когнитивной деятельности; неспецифическая устойчивость организма; эмоциональный статус. Данные факторы рассматриваются как специфические аспекты ФС, характеризующие активность различных функциональных систем, слаженно взаимодействующих в целях достижения полезных для организма приспособительных результатов. Они иерархически связаны с ФС организма как системой более высокого уровня.

Результаты сопоставления факторных структур комплекса анализируемых показателей у мальчиков и девочек дают основание полагать, что имеются стабильные группы взаимосвязанных переменных, характеризующие устойчивые компоненты ФС организма, вносящие значимый вклад в его формирование у детей разного пола. Состав выделенных факторов у мальчиков и девочек 6–7 лет совпадает на 85% и более.

Установлено, что на фоне выявленной общности структуры ФС организма у мальчиков и девочек 6–7 лет по-разному распределены вклады данных факторов в обобщенную дисперсию выборки. Различия касаются и состава психофизиологических показателей, интегрированных в отдельные факторы, и их весовых коэффициентов. С учетом данного обстоятельства определены наиболее информативные показатели и разработаны сопоставительные нормы, пригодные для экспресс-оценки ФС мальчиков и девочек рассматриваемой возрастной группы.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Института возрастной физиологии РАО (Москва).

**Информированное согласие.** Родители каждого ребенка, участвующего в исследовании, представили добровольное письменное информированное согласие, подписанное ими после разъяснения потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Drack M.* Ludwig von Bertalanffy's organismic view on the theory of evolution // *J Exp. Zool. B Mol. Dev. Evol.* 2015. V. 324. № 2. P. 77.
2. *Millius A., Ueda H.R.* Systems Biology-Derived Discoveries of Intrinsic Clocks // *Front. Neurol.* 2017. V. 8. P. 25.
3. *Медведев В.И.* Взаимодействие физиологических и психологических механизмов в процессе адаптации // *Физиология человека.* 1998. Т. 24. № 4. С. 7.  
*Medvedev V.I.* [The Interaction of Physiological and Psychological Mechanisms in the Adaptation Process] // *Fiziol. Cheloveka.* 1998. V. 24. № 4. P. 7.
4. *Данилова Н.Н.* Психофизиология. М.: Аспект Пресс, 2012. 372 с.
5. *Леонова А.Б., Кузнецова А.С.* Структурно-интегративный подход к анализу функциональных состояний: история создания и перспективы развития // *Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология.* 2019. № 1. С. 13.
6. *Илюхина В.А.* Научные предвидения в познании принципов жизнедеятельности мозга человека, их развитие и реализация. СПб.: Институт мозга РАН, 2018. 338 с.
7. *Прохоров А.О.* Структурно-функциональная модель ментальной регуляции психических состояний субъекта // *Психологический журн.* 2020. Т. 41. № 1. С. 5.  
*Prohorov A.O.* [Structure-functional model of mental regulation of subject's psychic states] // *Psikhologicheskii Zhurnal.* 2020. V. 41. № 1. P. 5.
8. *Медведев В.И.* Адаптация человека. СПб.: Институт мозга РАН, 2003. 584 с.
9. *Анохин П.К.* Кибернетика функциональных систем: избранные труды. М.: Медицина, 1996. 400 с.
10. *Судаков К.В.* Функциональные системы. М.: Издательство РАН, 2011. 320 с.
11. *Gaskin C.J., Happell B.* On exploratory factor analysis: a review of recent evidence, an assessment of current practice, and recommendations for future use // *Int. J. Nurs. Stud.* 2014. V. 51. № 3. P. 511.

12. *Wright A.G.* The current state and future of factor analysis in personality disorder research // *Personal Disord.* 2017. V. 8. № 1. P. 14.
13. *Nassiri V., Lovik A., Molenberghs G., Verbeke G.* On using multiple imputation for exploratory factor analysis of incomplete data // *Behav. Res. Methods.* 2018. V. 50. № 2. P. 501.
14. *Криволапчук И.А.* Факторная структура функционального состояния детей 5–6 лет // *Физиология человека.* 2014. Т. 40. № 5. С. 48.  
*Krivolapchuk I.A.* The factor structure of the functional state of five- and six year-old children // *Human Physiology.* 2014. V. 40. № 5. P. 513.
15. *Криволапчук И.А., Чернова М.Б.* Факторная структура функционального состояния мальчиков 13–14 лет // *Физиология человека.* 2017. Т. 43. № 2. С. 43.  
*Krivolapchuk I.A., Chernova M.B.* The factor structure of the functional state of boys aged 13–14 years // *Human Physiology.* 2017. V. 43. № 2. P. 157.
16. *Криволапчук И.А., Чернова М.Б.* Особенности факторной структуры функционального состояния детей 9–10 лет // *Физиология человека.* 2019. Т. 45. № 1. С. 37.  
*Krivolapchuk I.A., Chernova M.B.* Peculiarities of factor structure of the functional state in children aged 9–10 years // *Human Physiology.* 2019. V. 45. № 1. P. 30.
17. *Шлык Н.И.* Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во Удмуртский университет, 2009. 259 с.
18. *Shapiro D., Jamner L.D., Lane J.D. et al.* Blood pressure publication guidelines. Society for Psychophysical Research // *Psychophysiology.* 1996. V. 33. № 1. P. 1.
19. *Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В.* Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. М.: Книжный дом “ЛИБРОКОМ”, 2011. 368 с.
20. *Костина Л.М.* Методы диагностики тревожности. СПб.: Речь, 2006. 198 с.
21. *Лутошкин А.Н.* Эмоциональные потенциалы коллектива. М.: Педагогика, 1988. 128 с.
22. *Jung S.* Exploratory factor analysis with small sample sizes: a comparison of three approaches // *Behav. Processes.* 2013. V. 97. P. 90.
23. *Marsh H.W., Morin A.J., Parker P.D., Kaur G.* Exploratory structural equation modeling: an integration of the best features of exploratory and confirmatory factor analysis // *Annu Rev. Clin. Psychol.* 2014. V. 10. P. 85.
24. *Хвэлл Л.А., Зиглер Д.Д.* Теории личности. СПб.: Питер, 2000. 608 с.
25. *Drack M., Apfalter W., Pouvreau D.* On the making of a system theory of life: Paul A Weiss and Ludwig von Bertalanffy’s conceptual connection // *Q. Rev. Biol.* 2007. № 4. P. 349.
26. *Швырков В.Б.* Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. М.: Наука, 1978. 240 с.
27. *Alexandrov Yu.I.* The subject of behavior and dynamics of its states // *Российский психологический журн.* 2018. Т. 15. № S2/1. С. 131.
28. *Бехтерева Н.П.* Здоровый и больной мозг человека. М.: АСТ, 2010. 399 с.
29. *Панасевич Е.А., Цицерошин М.Н.* Отражение в топологических особенностях пространственной организации межкортикальных взаимодействий способности к успешному выполнению детьми 5–6 лет различных видов когнитивной деятельности (гендерные различия) // *Физиология человека.* 2015. Т. 41. № 5. С. 39.  
*Panasevich E.A., Tsitseroshin M.N.* The ability to successfully perform different kinds of cognitive activity is reflected in the topological features of intercortical interactions: sex-related differences between boys and girls aged five to six years // *Human Physiology.* 2015. V. 41. № 5. P. 487.
30. *Domes G., Schulze L., Böttger M. et al.* The neural correlates of sex differences in emotional reactivity and emotion regulation // *Hum. Brain. Mapp.* 2010. V. 31. № 5. P. 758.
31. *Moriguchi Y., Touroutoglou A., Dickerson B.C., Barrett L.F.* Sex differences in the neural correlates of affective experience // *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2014. V. 9. № 5. P. 591.
32. *Repple J., Habel U., Wagels L. et al.* Sex differences in the neural correlates of aggression // *Brain Struct. Funct.* 2018. V. 223. № 9. P. 4115.
33. *de Zambotti M., Javitz H., Franzen P.L. et al.* Sex- and Age-Dependent Differences in Autonomic Nervous System Functioning in Adolescents // *J. Adolesc. Health.* 2018. V. 62. № 2. P. 184.
34. *Koenig J., Thayer J.F.* Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2016. V. 64. P. 288.
35. *Smetana P., Malik M.* Sex differences in cardiac autonomic regulation and in repolarisation electrocardiography // *Pflugers. Arch.* 2013. V. 465. № 5. P. 699.
36. *Guilkey J.P., Overstreet M., Mahon A.D.* Heart rate recovery and parasympathetic modulation in boys and girls following maximal and submaximal exercise // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015. V. 115. № 10. P. 2125.
37. *Latorre Román P.Á., Moreno Del Castillo R., Lucena Zurita M. et al.* Physical fitness in preschool children: association with sex, age and weight status // *Child Care Health Dev.* 2017. V. 43. № 2. P. 267.
38. *Cadenas-Sanchez C., Intemann T., Labayen I. et al.* Physical fitness reference standards for preschool children: The PREFIT project // *J. Sci. Med. Sport.* 2019. V. 22. № 4. P. 430.
39. *Walsh N.P.* Recommendations to maintain immune health in athletes // *Eur. J. Sport Sci.* 2018. V. 18. № 6. P. 820.
40. *Poitras V.J., Gray C.E., Borghese M.M. et al.* Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016. V. 41. № 6 (Suppl 3). P. S197.
41. *Швеллнус М., Джинс О., Мотаунг С., Сварт Дж.* Спорт и инфекции // *Олимпийское руководство по спортивной медицине.* М.: Практика, 2011. С. 393.
42. *Piercy K.L., Troiano R.P., Ballard R.M. et al.* The Physical Activity Guidelines for Americans // *JAMA.* 2018. V. 320. № 19. P. 2020.

43. Proudfoot N.A., King-Dowling S., Cairney J. et al. Physical Activity and Trajectories of Cardiovascular Health Indicators During Early Childhood // *Pediatrics*. 2019. V. 144. № 1. P. e20182242.
44. Carlsson E., Ludvigsson J., Huus K., Faresjö M. High physical activity in young children suggests positive effects by altering autoantigen-induced immune activity // *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2016. V. 26. № 4. P. 441.
45. Van Lang N.D., Tulen J.H., Kallen V.L. et al. Autonomic reactivity in clinically referred children attention-deficit/hyperactivity disorder versus anxiety disorder // *Eur. Child Adolesc. Psychiatry*. 2007. V. 16. № 2. P. 71.
46. Krämer M., Seefeldt W.L., Heinrichs N. et al. Subjective, autonomic, and endocrine reactivity during social stress in children with social phobia // *J. Abnorm. Child Psychol*. 2012. V. 40. № 1. P. 95.
47. Dieleman G.C., Huizink A.C., Tulen J.H. et al. Stress reactivity predicts symptom improvement in children with anxiety disorders // *J. Affect. Disord*. 2016. V. 196. P. 190.
48. Фарбер Д.А., Безруких М.М. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка // *Физиология человека*. 2001. Т. 27. № 5. С. 8. Farber D.A., Bezrukikh M.M. [Methodological aspects of studying physiological development of the child] // *Fiziol. Cheloveka*. 2001. V. 27. № 5. P. 8.
49. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Фарбер Д.А., Безруких М.М. М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2009. 432 с.

## Peculiarities of Factor Structure of Functional State of 6–7 Aged Girls' and Boys' Organisms

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

The research aim is to identify the factor structure of functional state (FS) of 6–7 aged girls' and boys' organisms and to determine information indexes to mark it. The model of information load was the work with figured tables. The examination was performed at the rest state as well as at the test's cognitive tasks with a comfort and maximal speed. To mark FS was used the set of indexes characterizing its physiological, psychological and behavioral aspects. To identify the structure and information indexes of FS mark was used the factor analysis – the method of main components. During the research six main factors determining FS structure of 6–7 aged children's organisms: vegetative regulation of physiological functions, cognitive activity effectiveness, physical working capability, hemodynamic support of cognitive activity, non-specific organism resistance; emotional status, were identified. The given factors are being considered as independent aspects of FS characterizing the activity of separate functional systems, correlating together in order to achieve useful for organism adaptive results. They deal with organism FS in a hierarchical way as the system of a higher level. The results of comparison of factor structures of the set of analyzed indexes among boys and girls give the base to think that there are lasting groups of correlated variables characterizing fixed components of organism's FS, which contribute to its forming among children of different gender. The structure of pointed factors among 6–7 aged boys and girls coincides by 85% and more. It has been stated out that on the background of identified similarities of structure of organism's FS among 6–7 aged boys and girls the contribution to common sampling variance are divided differently. The differences deal with the components of psychophysiological indexes integrated into separate factors and their weight numbers. With consideration for the given circumstance, the most informational indexes were found out and comparative norms suitable to express-mark of FS of boys and girls of the examined aged group were developed.

*Keywords:* functional state, structure, factors, information indexes, age features, sexual dimorphism.