



ВЕСТНИК

ЧЕЛЯБИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ISSN 2409-4102

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 2014 году

ОБРАЗОВАНИЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

2020 № 4 (12)

УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Челябинский государственный университет»

Главный редактор

академик РАН, доктор медицинских наук, профессор *А. В. Важенин*

Ответственный секретарь

кандидат биологических наук *А. А. Миасова*

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В. Г. Дегтярь, академик РАН, доктор технических наук, профессор (Государственный ракетный центр имени академика В. П. Макеева, Россия); *В. А. Тупиков*, кандидат медицинских наук (Челябинский государственный университет, Россия), *Н. А. Шаназаров*, доктор медицинских наук, профессор (Больница медицинского центра управления делами президента Республики Казахстан, Казахстан).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

А. Ю. Савочкина, доктор медицинских наук, председатель редакционной коллегии (Челябинск); *Н. В. Держинский*, кандидат медицинских наук (Челябинск); *А. И. Долгушина*, доктор медицинских наук (Челябинск); *А. С. Доможирова*, доктор медицинских наук (Челябинск); *А. В. Привалов*, доктор медицинских наук, профессор (Челябинск); *Н. М. Эрлихман*, кандидат медицинских наук (Челябинск).

Редакция журнала может не разделять точку зрения авторов публикаций.

Ответственность за содержание статей и качество перевода аннотаций
несут авторы публикаций.

Журнал включен в перечень рецензируемых научных журналов по отраслям:
медицинские науки, биологические науки, технические науки.

Журнал выходит
четыре раза в год

Адрес издателя:
Россия, 454001, Челябинск,
ул. Братьев Кашириных, 129

Адрес редакции:
Россия, 454021, г. Челябинск,
ул. Молодогвардейцев, 57 а,
Тел.: (351) 799-71-58

С требованиями
к оформлению статей можно
ознакомиться на сайте
журнала
[http://www.csu.ru/faculties/
DocLib3/fundamental_medicine.
aspx](http://www.csu.ru/faculties/DocLib3/fundamental_medicine.aspx)

Журнал зарегистрирован
в Роскомнадзоре.
Свидетельство
ПИ № ФС77-58492

Журнал включён
в Реферативный журнал
и Базы данных ВИНТИ РАН

Корректор *М. В. Трифонова*
Вёрстка *М. В. Трифоновой*

Подписано в печать 24.12.20.
Выход в свет: 31.12.20.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 7,2. Уч.-изд. л. 6,0.
Тираж 100 экз. Заказ 503.
Цена свободная

Отпечатано:
Издательство Челябинского
государственного университета
Россия, 454021, Челябинск,
ул. Молодогвардейцев, 57б



BULLETIN

OF CHELYABINSK
STATE UNIVERSITY

ISSN 2409-4102

ACADEMIC PERIODICAL

Founded in 2014

EDUCATION
AND HEALTHCARE

2020 № 4 (12)

FOUNDER

Chelyabinsk State University (CSU)

Editor-in-chief

A.V. Vazhenin, academician of the RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor

Executive secretary

A.A. Minasova, Candidate of Biological Sciences

EDITORIAL BOARD

V.G. Degtyar, Academician of the RAS, Doctor of Technical Sciences, Professor (State Rocket Center named after Academician V.P. Makeev, Russia); *V.A. Tupikov*, Candidate of Medical Sciences (Chelyabinsk State University, Russia); *N.A. Shanazarov*, Doctor of Medical Sciences, Professor (Hospital of the Medical Center for the Administration of the President of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan).

EDITORIAL BOARD OF SCIENTIFIC DIRECTIONS

A.Yu. Savochkina, Doctor of Medical Sciences, Chairman of the Editorial Board (Chelyabinsk); *N.V. Derzhinskiy*, Candidate of Medical Sciences (Chelyabinsk); *A.I. Dolgushina*, Doctor of Medical Sciences (Chelyabinsk); *A.S. Domozhirova*, Doctor of Medical Sciences (Chelyabinsk); *A.V. Privalov*, Doctor of Medical Sciences, Professor (Chelyabinsk); *N.M. Erlikhman*, Candidate of Medical Sciences (Chelyabinsk).

The Editorial Board may not share the views of the authors.

Authors are responsible for the article content and quality of annotations' translation.

The journal is included into the list of peer-reviewed scientific journals
in the following branches of knowledge:
Medical Sciences, Biological Sciences, Technical Sciences.

The journal is published
four times per year

Address of Publisher:
129 Bratiev Kashirinykh St.,
Chelyabinsk, 454001, Russia

Editorial offices address:
57a, Molodogvardeitsev St.,
Chelyabinsk, 454021, Russia
Telephone: + 7(351) 799-71-58

All the requirements
are available on the web-site
[http://www.csu.ru/faculties/DocLib3/
fundamental_medicine.aspx](http://www.csu.ru/faculties/DocLib3/fundamental_medicine.aspx)

Academic periodical
is registered
in Federal Supervision Agency
for Information Technologies
and Communications
Certificate ПИИ № ФС77-58492

Abstracting and indexing
in Referativny Zhurnal
and VINITI Database RAS

Proofreader *M.V. Trifonova*
Imposition by *M.V. Trifonova*

Passed for printing 24.12.20.
Date of publication 31.12.20.
Format 60×84 1/8. Litho paper.
Font Times.

Conventional print. sh. 7,2.
Ac.-publ. sh. 6,0.
Circulation 100 copies. Order 503.
Open price

Printed:
Publishing Office
of Chelyabinsk State University
57b Molodogvardeitsev St.,
Chelyabinsk, 454021, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОР МНЕНИЙ

- Колесник Е. А.* Стресс-реакция как защитный иммунный механизм, направленный на восстановление гомеостаза организма 5
- Колесник Е. А., Дерхо М. А.* К проблеме физиологического адаптационного гомеостаза в модели организма теплокровных животных (обзор) 15

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Лапшин М. С., Цейликман В. Э., Павлова В. И., Кондашевская М. В., Цейликман О. Б., Сарapultцев А. П., Губайдуллин М. И., Андриевских И. А.* Изменения активности церебральной МАО-А и содержания моноаминов — нейротрансмиттеров в отдалённом периоде постстрессорной и стероид-индуцированной инволюции надпочечников 31
- Петрушкина Н. П., Симонова Н. А., Коломиец О. И., Жуковская Е. В.* Содержание цинка в образцах волос спортсменов пубертатного возраста 39
- Пац Н. В., Звягина Е. В., Зычков Г. В.* Анатомо-физиологические особенности популяций, проживающих в различных географических поясах. Сообщение 1. Длина стопы 45
- Пац Н. В., Звягина Е. В., Мазур М. А.* Сравнительная характеристика двигательной активности студентов Беларуси и России, обучающихся в вузах различной направленности. 50
- Григорьева Н. М., Кулешова М. В.* Опасность трансжиров пищи: проблема информированности населения 54
- Дерзян В. Е., Заварухина С. А.* Анализ сбалансированности рациона питания студентов Уральского государственного университета физической культуры на основе теории адекватного питания человека 59

CONTENTS

OVERVIEW OF OPINIONS

- Kolesnik E.A.*** Stress-Reaction as a Protective Immune Mechanism Aimed at Restoring the Organism's Homeostasis 5
- Kolesnik E.A., M.A. Derkho M.A.*** To the Problem of Physiological Adaptive Homeostasis in the Model of the Organism of Warm-Blooded Animals (a Review) 15

EXPERIMENTAL CONTENT

- Lapshin M.S., Tseilikman V.E., Pavlova V.I., Kondashevskaya M.V., Tseilikman O.B., Sarapultsev A.P., Gubaidullin M.I., Andrievskikh I.A.*** Changes in the Activity of Cerebral MAO-A and Contents of Monoamins — Neurotransmitters in a long Period of Post-Stress and Steroid-Induced Involution of the Adrenals 31
- Petrushkina N.P., Simonova N.A., Kolomietc O.I., Zhukovskaya E.V.*** The Zinc Content in Hair Samples of Athletes Puberty. 39
- Pats N.V., Zvyagina E.V., Zychkov G.V.*** Anatomy and Physiological Features of Populations Living in Different Geographical Belts. Message 1. Foot Length 45
- Pats N.V., Zvyagina E.V., Mazur M.A.*** Comparative Characteristics of Motor Activity of Students from Belarus and Russia Studying in Universities of Various Directions 50
- Grigorieva N.M., Kuleshova M.V.*** The Danger of Trans Fats in Food: the Problem of Public Awareness 54
- Derzyan V.E., Zavarukhina S.A.*** Analysis of a Balance in a Diet for the Physical Culture Students of the Ural State University on the Basis of the human Adequate Nutrition Theory 59

ОБЗОР МНЕНИЙ

OVERVIEW OF OPINIONS

Вестник Челябинского государственного университета.
Образование и здравоохранение. 2020. № 4 (12). С. 5–14.

УДК 612.017
ББК 28.074

DOI: 10.24411/2409-4102-2020-10401

СТРЕСС-РЕАКЦИЯ КАК ЗАЩИТНЫЙ ИММУННЫЙ МЕХАНИЗМ, НАПРАВЛЕННЫЙ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГОМЕОСТАЗА ОРГАНИЗМА

Е. А. Колесник

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Обзорно обсуждается сопряжённая характеристика физиологических понятий: стресс-реакции как общего адаптационного синдрома, являющегося звеном неспецифических адаптационных реакций и гомеостаза организма. Стресс-реакция — это онтогенетический механизм, основанный на эволюционно сформированных морфологических структурах и реакциях иммунитета, регулируемых нейроэндокринной системой. Общий адаптационный синдром, включающий развитие каскадных иммунных и обменных реакций, защищает, подготавливает организм к действию факторов окружающей среды, которые потенциально способны нарушать гомеостаз. От качества, силы воздействия стрессора и резервных возможностей организма зависит исход стрессовой реакции — в виде адаптации индивидуума, повышения жизнестойкости с дальнейшим продуктивным ростом и развитием или патогенетического процесса вплоть до летального исхода, в случае действия стрессоров, несовместимых с витальными возможностями организма. Стресс-реакция, как общий адаптационный синдром, обеспечивает поддержание и восстановление гомеостаза в процессах роста и развития, приспособления организма к изменяющимся условиям среды жизнедеятельности.

Ключевые слова: *стресс-реакция, общий адаптационный синдром, гомеостаз, глюкокортикоиды, неспецифические адаптационные реакции.*

Введение

Стресс является категориальным понятием в биологии, характеризующим физиологический статус организма [4; 10; 12; 13; 19–28].

В физиологической науке стресс — это стресс-реакция, являющаяся совокупностью общего адаптационного синдрома (ОАС) [4; 5; 15; 20; 22; 23; 27].

Уолтер Кеннон постулировал, что угрозы гомеостазу вызывают активацию симпатoadреналовой системы как функциональной единицы [25]. Ганс Селье определял стресс как состояние, характеризующееся однородным паттерном реакции, независимо от конкретного фактора стресса, которое может привести к долгосрочным патологическим изменениям [25].

В последующих работах Г. Селье, фиксируя приспособления организма, развивающиеся вследствие стресс-реакций, в том числе морфофизиологических изменений надпочечников и прежде всего корковой части аденоидных желёз, сформулировал представление о стрессе как общем адаптационном синдроме [25].

Стресс-реакция — это комплекс защитных иммунологических реакций целостного организма,

обеспечивающих условия для процессов восстановления и поддержания гомеостаза при воздействии на организм агентов разной природы и обладающих различной силой активности [1; 4; 6; 15; 17; 19; 25–28].

Поэтому стресс-реакция, как ОАС, функционально взаимосвязана с краеугольным понятием в биологии — гомеостазом [1; 5; 6; 14; 16; 21; 25; 26; 28].

Гомеостаз (*synonymit*: гомеостазис) — относительное, динамическое и регулируемое постоянство внутренней среды организма, обеспечивающее сохранение и развитие витальных функций целостного организма в процессах жизнедеятельности: роста и развития, приспособления к изменению факторов окружающей среды [1; 4–6; 15; 18; 21; 25; 26; 28].

Стресс-реакция в совокупности неспецифических адаптационных реакций, обеспечивающих регуляцию гомеостаза организма

Жизнедеятельность организма основана на потреблении пластических и энергетических трофических ресурсов, которые обеспечивают

реализацию генетического потенциала, генетической программы индивидуума [5; 18; 21; 23]. Витальные процессы индивидуума характеризуются следующим. Процессы усвоения и преобразования питательных веществ всецело зависимы и обусловлены реакционными метаболитными явлениями, которые базируются на морфологических элементах от молекулярно-клеточного уровня в структурах цитозоля и плазмолеммы клеток до тканево-сосудистой, органных систем и уровня целостного организма [15; 18; 21; 26].

Структурно-функциональные состояния отмеченных морфологических элементов эволюционно сформированы в наличных факторах окружающей среды по принципам экономии ресурсных трат, а соответственно, и большей конкурентоспособности в выживании.

Данные структурно-функциональные состояния в функционирующем организме являются физиологическими константами [1; 15; 18–28]. Физиологические константы на онтогенетическом уровне составляют основу цены адаптации развивающегося организма [18–28]. Поэтому любые отклонения от нормальных условий существования, способные вызвать колебания физиологических констант, будут провоцировать и активировать те или иные запасные эндогенные трофические и морфологические компоненты, обеспечивающие восстановление динамического равновесия, то есть гомеостаза организма [1; 4–7; 15; 18; 21; 25; 26; 28].

В то же время механизмы активации эндогенных трофических, морфологических компонентов имеют нейроэндокринную природу, соответственно, гуморально и нейронально опосредованы, что составляет базис общего адаптационного синдрома [4; 15; 16; 18; 20; 22; 23; 27]. Как показано в работах авторов, гормоны, и прежде всего гормоны гипоталамо-гипофизарно-тиреоидно-адренкортикальной оси, являются не только маркерами приспособительных процессов: возрастание концентрации данных гормонов обусловлено их расходом на регуляцию обменных, структурно-морфологических реакций в результате восстановления физиологических констант организма, соответственно восстановления и сохранения гомеостазиса [4; 5; 15; 16; 17; 19–28].

Действительно, организм всегда реагирует тем «инструментарием» — то есть реализацией физиолого-биохимических процессов,— которым обладает, который эволюционно сформирован [4; 15; 18; 21; 23; 25].

Соответственно, данный онтогенетический «инструментарий» будет иметь физиолого-морфологические проявления, отражающиеся в габитусе [15; 18; 21; 23; 24].

В связи с этим необходимо понимать, что чем большими метаболитными и иммунными резервами обладает та или иная особь в популяции, тем большие морфологические проявления будут формироваться у животного в процессе реагирования его на факторы стресса [2; 15; 18–28].

Для человека самый типичный пример — так называемый подростковый гормональный всплеск, проявляющийся кожной сыпью неаллергического характера, то есть когда организм на начинающемся пике развития всех обменных и иммунных резервов, на пике здоровья, претерпевает эндогенную физиологическую трансформацию и бурно реагирует на воздействия окружающей среды теми или иными физиолого-морфологическими проявлениями габитуса [15; 16–18; 21; 25; 26].

И наоборот, более слабое животное наименее выразительно будет реализовывать морфологические проявления [2; 12; 21; 25].

Типичным примером в данном случае служат различной этиологии иммунодефицитные реакции, являющиеся как временными физиологическими реакциями (падение яйценоскости у сельскохозяйственной птицы в определённые периоды онтогенеза, сезонная или искусственно индуцированная линька животных), так и истинными иммунодефицитами, имеющими в своей основе патологическую нозологию [2; 5; 6; 12; 21].

Так, в классическом представлении по Г. Селье, ОАС структурируется стадийностью, так называемой триадой стресса [4; 13; 15; 22; 23; 25; 27]. Первая — стадия тревоги — характеризуется мобилизацией защитных реакций организма, увеличением инкреции глюкокортикоидов и катехоламинов. На этой стадии происходит инволюция, то есть уменьшение размеров вилочковой железы, селезёнки, лимфатических узлов. При чрезвычайной силе патогенного фактора, когда данная реакция не может обеспечить развитие приспособлений, может возникнуть шоковое состояние и наступить смерть [4; 13; 15; 22; 23; 25; 27].

Вторая стадия — стадия резистентности. В этот период активно развиваются приспособительные реакции синдрома, на этой стадии фиксируют гипертрофию коры надпочечников, в её тканях восстанавливаются дефицитные вследствие первой стадии из-за усиленной инкреции секреторные гранулы [4; 13; 15; 22; 23; 25; 27].

Однако при продолжительном воздействии патогенного фактора развитие стресс-реакции может переходить в третью стадию — стадию истощения. В этом случае наблюдается значимое истощение коры надпочечников, снижается общая активность иммунной системы, развивается гормонально обусловленная недостаточность репаративных процессов в повреждённых тканях организма [13; 15; 22; 23; 25; 27].

Третья стадия по Г. Селье, фактически представляющая собой патологическую адаптацию, отличается выраженной стереотипностью процессов, составляющих патогенетическую основу развития стресс-реакции при воздействии на организм стрессоров средней, реже чрезвычайной силы [13; 15; 22; 23; 25; 27]. Стрессоры чрезвычайной силы могут привести к процессам и последствиям, несовместимым с витальными возможностями и итоговой элиминации организма [4; 13; 15; 22; 23; 25; 27].

Резкое повышение активности гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной и симпато-адреналовой систем вследствие действия стрессоров чрезвычайной силы или пролонгированного хронического действия патогенов средней силы будет определять истощение тимико-лимфатических структур организма, провоцирование язвенного процесса в желудочно-кишечном тракте [13; 15; 20; 22; 26; 28].

Так, острая инволюция тимико-лимфатической системы обусловлена, как подчёркивается авторами [13; 15; 22; 23; 25; 27], двумя причинами: во-первых, подавляющим влиянием усиленной секреции, а следовательно, супрафизиологических концентраций глюкокортикоидов на пролиферативную активность соединительнотканых клеток при воспалительных реакциях; во-вторых, усиленным глюконеогенезом, то есть совокупностью обменных реакций, приводящих к синтезу глюкозы из метаболитов цикла Кребса, вызываемому ростом концентраций как кортикостероидов, так и катехоламинов и их эффектами [13; 15; 19–28].

Возможно возникновение геморрагических язв желудка и двенадцатиперстной кишки при продолжительном воздействии язвенных (ульцерогенных) факторов [13; 15; 20; 22; 26; 28].

При этом, как отмечают авторы, представления о кортикостероидах как ульцерогенных гормонах сложились в результате экспериментальных экзогенных воздействий глюкокортикоидами в больших концентрациях на подопытных животных, в то же время не учитывалось то обстоятельство, что супрафизиологические дозы экзогенных гор-

монов подавляют продукцию эндогенных кортикостероидов [15].

В связи с этим отмечается, что кортикотропин и глюкокортикоидные гормоны имеют антиульцерогенный эффект и, наоборот, защищают организм от образования желудочных язв [15].

В экспериментах по воспроизведению высоконапряжённой стресс-реакции авторами было установлено, что именно дефицит эндогенных кортикостероидов вследствие фармакологической блокады гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы является причиной усиления развития язв желудка [15].

Таким образом, необходимо подчеркнуть. Сам стресс, а именно стресс-реакция в физиологической науке не есть что-то непосредственно с отрицательной или негативной аффирмацией. Как известно, стресс в физиологии — это общий адаптационный синдром [4; 6; 13; 15–17; 20; 22; 23; 27].

Нередко некорректно ставится равенство между стресс-реакцией как физиологическим иммунным защитным механизмом и стрессогенами или факторами со знаком «минус», равно как и со знаком «плюс», вызывающими в ответ организмом (в организме) защитную иммунную стресс-реакцию [4; 6; 15; 20; 22; 23; 27].

Дело в том, что существует первичное категориальное представление о стресс-реакции и её функциональном следствии [2; 4; 6; 13; 15; 16; 19–28], то есть соответственно имеется стресс-реакция, как онтогенетическая функция и есть возможные физиологические и патофизиологические последствия стресс-реакции в зависимости от характера (качества, силы и продолжительности) воздействующего агента (фактора или причины, вызывающей стресс-реакцию в организме).

Отсюда собственно и проистекает исход ОАС в форме приспособления и соответственно выживания с дальнейшим ростом и развитием или гибели животного [2; 4–6; 12; 13; 15; 16; 19–28].

В связи с этим, конечно же, логичным представляется, что профилактировать необходимо не стресс-реакцию, а возможные её патологические последствия [4–6; 13; 15; 16; 19–28].

Так, к сожалению, онтогенетические эффекты управления осью гипофизарно-адренкортикальной системы (ГАКС) могут характеризоваться только на уровне повышения выброса кортикостероидов в кровь при экспериментальных или технологических стрессах с сопряжённым развитием иммуносупрессии (иммунодепрессии) в соответствующих факторах жизнедеятельности.

При этом нередко не принимается во внимание изначально защитная иммуннотективная роль ГАКС, направленная на поддержание и восстановление гомеостаза в результате возможных физиологических или патофизиологических последствий стресс-реакции [4; 13; 15; 19; 21; 25–27; 28].

В норме организм направляет все возможные энергетические и пластические ресурсы для недопущения, нивелирования или оптимизации реакции напряжения [1; 2; 4–6; 13; 15–19; 21; 25–28].

Суть физиологических эффектов глюкокортикоидных гормонов, обеспечивающих регуляцию гомеостазиса, заключается в следующем.

Кортикостероиды из гормонального депо по капиллярной сети и межклеточной, межтканевой жидкости проникают как диффузией, так и посредством белков — переносчиков плазмолеммы во внутриклеточное пространство — цитозоль клеток-мишеней. Затем гормоны взаимодействуют с цитоплазматическими рецепторами, и, далее, гормон-рецепторные комплексы транслоцируются в ядро клетки и, связываясь с акцепторными реакционными участками хроматина, вызывают каскад реакций, регулирующих транскрипционный и последующие трансляционные процессы. То есть совокупность биохимических реакций синтеза матричной (информационной) рибонуклеиновой кислоты (мРНК), далее белков, в том числе биологически активных протеинов: гормонов, ферментов, цитокинов (интерлейкинов) [2; 4; 13; 15; 20; 22; 23; 27; 28].

Глюкокортикоидные гормоны оказывают приспособительное действие на весь организм.

В печени глюкокортикоиды стимулируют физиологическую, в том числе репаративную пролиферацию гепатоцитов. Усиливают синтез структурных печёночных белков, активируют каскад гепацитарных ферментов: стимулируют синтез гликогена из глюкозы. Известно, что гликоген, или так называемый животный сахар, является одним из основных энергетических и метаболитных резервов организма [15; 20; 22; 23; 27; 28].

Хорошо известно, что в скелетной мускулатуре, в физиологических концентрациях, кортикостероиды стимулируют синтез структурных белков, обеспечивают рост мышечной ткани организма в онтогенетических процессах развития [15–17; 28].

В сердечной мышце данные гормоны также способствуют онтогенетической, в том числе приспособительной физиологической пролиферации кардиомиоцитов. Глюкокортикоиды участвуют в регуляции сердечно-сосудистых эффектов. Механизм

данного воздействия следующий: кортикостероиды усиливают действия Ca^{2+} - и Na^{+} -насосов, активируют ферменты АТФазы, в результате чего происходит рост силы сокращений сердца, что имеет существенное приспособительное значение для организма [13; 15; 20; 28].

Последующими исследованиями коллективов авторов было установлено [4], что фармакологическое введение глюкокортикоидов в физиологических дозах оказывает защитный эффект, регулирует динамику концентрации адренокортикотропного гормона, эндогенного кортизола и инсулина в крови, прирост содержания продуктов перекисного окисления липидов; лимитирует гиперкоагуляцию; стабилизирует неврологический статус и функцию сердечно-сосудистой системы за счёт влияния на содержание тормозных нейромедиаторов: γ -аминомасляной кислоты, дофамина, серотонина, глицина, эндогенных опиоидных пептидов [4; 15; 22; 28].

Кортикостероидные гормоны оказывают обширное воздействие на иммунитет, в том числе клеточный состав крови. Известен физиологический стимулирующий эффект глюкокортикоидов на эритропоэз, гранулоцитопоэз. При этом данные гормоны регулируют и морфофункциональный состав агранулоцитов — активируют апоптоз сенильных форм лимфоцитов: участвуют в процессах обновления лимфоцитарного пула иммунной системы организма [2; 4–7; 15; 20; 26; 28].

В связи с этим широкое распространение в клинической диагностике получили соотношения и индексы (формулы) гранулоцитов (нейтрофилов) к агранулоцитам (лимфоцитам) и их связь с динамикой количества эритроцитов и концентрации глюкокортикоидных гормонов [1; 3–6; 10; 11; 12; 26].

Соответственно, функциональная структура, или механизм как общего адаптационного синдрома, так и других видов реакций неспецифической резистентности является следствием проявления и базируется на одних и тех же морфофизиологических компонентах организма [2; 4; 15; 18–28].

Подчеркнём: как при ОАС, так и при других типах иммунно-приспособительных реакций задействуется практически весь организм в основе своей, целостно реагируют нейроэндокринная регуляция, собственно система крови и обмен веществ как донор трофических и энергетических компонентов развивающейся адаптации [2; 4; 15; 16; 18–28].

Так, многочисленными исследованиями установлено, что стресс — это только одна из возможных общих неспецифических адаптационных реакций целостного организма [1; 3–7; 9–11; 14; 15; 20; 21; 25; 26].

Независимо разными коллективами авторов на основе комплексного морфологического анализа динамики соотношений лейкоцитов в составе периферической крови, соматометрических данных, общеклинических физиологических показателей, биохимических параметров и нейрофизиологических и психологических параметров [14], как по отдельности, так и в их совокупности, изучались неспецифические адаптационные реакции к полиэтиологичным факторам среды жизнедеятельности у лиц в социуме и популяции различных видов животных [2; 12; 5–7]. Так, проводились исследования у лиц в процессах социальной миграции [11], учебной коллективизации в ходе обучения в общеобразовательной школе [9].

Были установлены системные приспособительные процессы, поэтапно и нелинейно развивающиеся во временные и деятельностные периоды общественной активности [9; 11].

Проведены исследования влияния низкоинтенсивных электромагнитных излучений на организм спортсменов [3] и животных — белых крыс [10].

Авторами были охарактеризованы приспособительные реакции и реакции дезадаптации по совокупности данных морфологического состава крови, концентрации катехоламинов [3; 10].

В результате исследований продемонстрировано, что в ходе воздействия электромагнитных излучений крайне высокой частоты изменялся тип напряжённости неспецифических адаптационных реакций организма. Авторами были обнаружены достоверные реакции симпатoadреналовой системы по содержанию катехоламинов в эритроцитах крови спортсменов [3].

Исследованиями показано воздействие электромагнитных излучений персональных компьютеров и мобильных телефонов на течение неспецифических адаптационных реакций у крыс. Авторами отмечается, что при пролонгированном влиянии данных факторов формируемые стрессовые реакции переходят на более низкие уровни с вероятным развитием дезадаптации организма животных [10].

Авторами характеризовались особенности циркадианных механизмов поведенческой активности человека в зависимости от уровня общей неспецифической реактивности организма [8].

Интерпретировалась роль уровня общей неспецифической реактивности организма в формировании циркадианных биоритмов, закономерностях организации индивидуальной нормы реакции, определяющей уровень среднего значения показателей и амплитуду ритма циклических колебаний интенсивности различных биологических процессов у человека [8].

Коллективом авторов было изучено воздействие различных режимов систематичных экстремальных воздушных криогенных тренировок на уровни здоровья, определяемые по типам неспецифических адаптационных реакций и состоянию реактивности организма [1].

Полученные в исследованиях результаты продемонстрировали возможность модуляции типов адаптивных реакций, являющихся физиологической основой более высоких уровней здоровья [1].

Изучалось воздействие спортивных физических нагрузок на эндокринную реактивность коры надпочечников и половое созревание юношей [16].

Было установлено, что пубертатные перестройки глюкокортикоидной функции коры надпочечников отражают её адаптационные реакции, обеспечивающие повышение резистентности растущего организма к влиянию повышенной физической активности [16].

Были проведены исследования развития и уровня реактивности неспецифической резистентности, формирования комплекса неспецифических адаптационных реакций, образующих в раннем онтогенезе функциональную систему адаптационного гомеостаза животных, на модели бройлерных кур в технологических факторах жизнедеятельности [5–7].

По результатам исследований установлены характерные особенности функций гормонов гипоталамо-гипофизарно-тиреоидно-адреналовой системы в адаптивном развитии и регуляции общего гомеостаза, в том числе клеточного состава периферической крови, белкового и липидного метаболизма как иммунной, пластической и энергетической основы относительного динамического постоянства внутренней среды в ранние периоды роста и развития животных [5–7; 24].

Заключение

Таким образом, стресс-реакция, как естественный онтогенетический механизм, базируется на эволюционно сформированных морфологических структурах и реакциях иммунитета, регулируемых нейроэндокринной системой и прежде

всего лимбико-ретикулярной, гипоталамо-гипофизарно-тиреоидно-адренокортикальной и симпатико-адреналовой (симпатоадреналовой) системами.

Стресс-реакция за счёт развития каскадных иммунных и обменных реакций защищает и подготавливает организм к действию тех или иных факторов окружающей среды, которые потенциально способны к разбалансировке гомеостаза.

От качества и силы воздействия стрессоров и резервных возможностей организма зависит исход стрессовой реакции — в виде адаптации индиви-

дуума, повышения жизнестойкости с дальнейшим продуктивным ростом и развитием или патогенетического процесса вплоть до летального исхода в случае действия стрессоров, несовместимых с витальными возможностями организма.

Таким образом, стресс-реакция — это общий адаптационный синдром, изначально направленный на поддержание и восстановление гомеостаза в процессах роста и развития организма, приспособления к изменяющимся условиям среды жизнедеятельности.

Список литературы

1. Агаджанян, Н. А. Состояние неспецифических адаптационных реакций организма и уровней здоровья при различных режимах экстремальных криогенных тренировок / Н. А. Агаджанян, А. Т. Быков, Р. Х. Медалиева // *Экология человека*. — 2012. — № 10. — С. 28–33.
2. Галочкин, В. А. Взаимосвязь нервной, иммунной, эндокринной систем и факторов питания в регуляции резистентности и продуктивности животных (обзор) / В. А. Галочкин, К. С. Остренко, В. П. Галочкина, Л. М. Фёдорова // *Сельскохозяйственная биология. Серия Биология животных*. — 2018. — Т. 53, № 4. — С. 673–686. — doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.673rus.
3. Грабовська, О. Ю. Зміна типу неспецифічних адаптаційних реакцій організму і змісту катехоламінів в еритроцитах крові у спортсменів під впливом ЄМІ КВЧ / О. Ю. Грабовська, О. І. Нагаєва, М. П. Мішин, М. О. Назар // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія «Біологія, хімія»*. — 2010. — Т. 23 (62), № 2. — С. 72–78.
4. Гусакова, Е. А. Значение глюкокортикоидов в организации стресс-реакции организма / Е. А. Гусакова, И. В. Городецкая // *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. — 2020. — Т. 19, № 1. — С. 24–35. — doi: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.1.24>.
5. Колесник, Е. А. Характеристика факторов гипофизарно-адренокортикальной регуляции и неспецифических адаптационных реакций у бройлерных цыплят / Е. А. Колесник, М. А. Дерхо // *Проблемы биологии продуктивных животных*. — 2017. — № 1. — С. 81–91.
6. Колесник, Е. А. Об участии гипофизарно-адренокортикальных гормонов в регуляции клеточного пула крови у цыплят-бройлеров / Е. А. Колесник, М. А. Дерхо // *Проблемы биологии продуктивных животных*. — 2018. — № 1. — С. 64–74. — doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64-74.
7. Колесник, Е. А. Комплексная морфофизиологическая характеристика иммунного лизосомально-го катионного белка лейкоцитов в раннем онтогенезе бройлерных кур / Е. А. Колесник, М. А. Дерхо, И. А. Лебедева // *Учёные записки Казанского университета. Серия Естественные науки*. — 2019. — Т. 161, кн. 3. — С. 440–458. — doi: 10.26907/2542-064X.2019.3.440-458.
8. Постнова, М. В. Механизмы формирования циркадианных ритмов поведенческой активности человека / М. В. Постнова, Ю. А. Мулик // *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия. 3: Экономика. Экология*. — 2009. — № 2 (15). — С. 228–232.
9. Рахманов, Р. С. Оценка функциональных резервов организма и его неспецифических адаптационных реакций при десинхрозе / Р. С. Рахманов, Д. С. Шумских // *Здоровье населения и среда обитания*. — 2014. — № 7 (256). — С. 19–22.
10. Рибалко, С. Ю. Низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання змінює перебіг неспецифічних адаптаційних реакцій / С. Ю. Рибалко, С. Г. Ященко, І. Г. Романенко, О. А. Пилунська // *Вісник проблем біології і медицини*. — 2014. — Вип. 1 (106). — С. 172–174.
11. Сафронова, Н. С. Формування неспецифічних реакцій адаптації в молодих людей у різні періоди після міграції / Н. С. Сафронова // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія «Біологія, хімія»*. — 2013. — Т. 26 (65), № 4. — С. 158–166.
12. Сидельникова, В. И. Индивидуальная реактивность гранулоцитарной системы новорождённых телят и её роль в патогенезе воспалительных заболеваний респираторного и желудочно-кишеч-

ного тракта / В. И. Сидельникова, А. Е. Черницкий, А. И. Золотарев, М. И. Рецкий // Сельскохозяйственная биология. Серия Биология животных. — 2015. — Т. 50, № 4. — С. 486–494. — doi: 10.15389/agrobiology.2015.4.486rus.

13. Славин, М. Б. Методы системного анализа в медицинских исследованиях / М. Б. Славин. — М. : Медицина, 1989. — 304 с.

14. Сорокин, О. Г. Возможности и перспективы использования оценки адаптационного потенциала в практической медицине / О. Г. Сорокин, И. Б. Ушаков // Экология человека. — 2005. — № 10. — С. 11–17.

15. Филаретов, А. А. Адаптация как функция гипофизарно-адренкортикальной системы / А. А. Филаретов, Т. Т. Подвигина, Л. П. Филаретова ; Российская академия наук, Институт физиологии им. И. П. Павлова. — СПб. : Наука, 1994. — 131 с.

16. Шайхелисламова, М. В. Влияние повышенных физических нагрузок на состояние коры надпочечников и половое созревание мальчиков / М. В. Шайхелисламова, Ф. Г. Ситдилов, А. А. Ситдикова, Г. Г. Каюмова // Физиология человека. — 2014. — Т. 40, № 2. — С. 87–93. — doi: 10.7868/S0131164614020143.

17. Шайхелисламова, М. В. Реакция коры надпочечников на дозированную физическую нагрузку у детей с различным исходным вегетативным тонусом / М. В. Шайхелисламова, Ф. Г. Ситдилов, А. А. Ситдикова, Н. Б. Дикопольская, Г. Г. Каюмова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2012. — Т. 154, № 12. — С. 677–680.

18. Шмальгаузен, И. И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. Избранные труды / И. И. Шмальгаузен; Академия наук СССР, Секция химико-технологических и биологических наук, Институт эволюционной морфологии и экологии им. А. Н. Северцова. — М. : Наука, 1982. — 383 с.

19. A clinical introduction to the endocrine system according to the theory of Endobiogeny. Chapter. 4 // The Theory of Endobiogeny. Vol. 1: Global Systems Thinking and Biological Modeling for Clinical Medicine / К. М. Hedayat, J.-C. Lapraz (eds.). — 1st ed. — Cambridge, Massachusetts : Elsevier Science Publishing Co Inc. Academic Press, 2019. — P. 45–54. — doi: 10.1016/B978-0-12-816903-2.00004-5.

20. Adaptation syndromes. Chapter. 12 // The Theory of Endobiogeny 1st Edition. Vol. 1: Global Systems Thinking and Biological Modeling for Clinical Medicine / К. М. Hedayat, J.-C. Lapraz (eds.). — 1st ed. — Cambridge, Massachusetts: Elsevier Science Publishing Co Inc. Academic Press, 2019. — P. 157–171. — doi: 10.1016/B978-0-12-816903-2.00012-4.

21. Baffy, G. Complexity and network dynamics in physiological adaptation: An integrated view / G. Baffy, J. Loscalzo // Physiology & Behavior. — 2014. — Vol. 131. — P. 49–56. — doi: 10.1016/j.physbeh.2014.04.018.

22. Baffy, G. General Adaptation Syndrome / G. Baffy // Encyclopedia of Personality and Individual Differences / V. Zeigler-Hill, T. K. Shackelford (eds.). — Dordrecht, Netherlands: Springer International Publishing AG (outside the USA), 2017. — 920 p. — doi: 10.1007/978-3-319-28099-8_753-1.

23. Butto, N. Four Phases of Life and Four Stages of Stress: A New Stress Theory and Health Concept / N. Butto // International Journal of Psychiatry Research. — 2019. — Vol. 2 (6). — P. 1–7.

24. Differential morphophysiological characteristics of erythrocyte precursors and mature erythroid cells in early postnatal ontogenesis of birds / E. A. Kolesnik, M. A. Derkho, V. K. Strizhikov, S. V. Strizhikova, F. G. Gizatullina, T. A. Ponomaryova // International Journal of Biology and Biomedical Engineering. — 2020. — Vol. 14. — P. 101–108. — doi: 10.46300/91011.2020.14.15.

25. Goldstein, D. S. Evolution of concepts of stress / D. S. Goldstein, I. J. Kopin // Stress. — 2007. — Vol. 10 (2). — P. 109–120. — doi: 10.1080/10253890701288935.

26. Homeostasis, Stress, and Adaptation. Chapter 6. Unit 2. Biophysical and Psychosocial Concepts in Nursing practice // Brunner and Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing / S. C. O'Connell Smeltzer, B. G. Bare (eds.). — 10th Edition. — Philadelphia, United States : Lippincott Williams & Wilkins, 2003. — P. 80–98.

27. McEwen, B. S. Stressed or stressed out: What is the difference? / B. S. McEwen // Journal Psychiatry Neuroscience. — 2005. — Vol. 30 (5). — P. 315–318.

28. Russell, G. The human stress response / G. Russell, S. Lightman // Nature Reviews Endocrinology. — 2019. — Vol. 15. — P. 525–534. — doi: 10.1038/s41574-019-0228-0.

Сведения об авторе

Колесник Евгений Анатольевич — кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и клинической патологии факультета фундаментальной медицины Челябинского государственного университета, Челябинск, Россия. evgeniy251082@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2326-651X>

*Bulletin of Chelyabinsk State University.
Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 5—14.*

STRESS-REACTION AS A PROTECTIVE IMMUNE MECHANISM AIMED AT RESTORING THE ORGANISM'S HOMEOSTASIS

E.A. Kolesnik

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Chelyabinsk State University,
Chelyabinsk, Russia. evgeniy251082@mail.ru*

Overview, the conjugate characteristic of physiological concepts is discussed: stress-reaction's, as a general adaptation syndrome, which is a link of nonspecific adaptive reactions and homeostasis of the organism. Stress-reaction is an ontogenetic mechanism based on evolutionarily formed morphological structures and immune responses regulated by the neuroendocrine system. The general adaptation syndrome, which includes the development of cascading immune and metabolic reactions, protects and prepares the organism for the action of environmental factors which that are potentially capable of disrupting homeostasis. The outcome of the stress reaction will depend on the quality, strength of the effect of the stressor and the reserve capabilities of the organism — in the form of adaptation of the individual, increase in vitality with further productive growth and development, or the pathogenetic process up to death, in the event of stressors that are incompatible with the vital capabilities of the organism. Stress-reaction as a general adaptation syndrome ensures the maintenance and restoration of homeostasis in the processes of growth and development, the adaptation of the organism to the changing conditions of the living environment.

Keywords: *stress-reaction, general adaptation syndrome, homeostasis, glucocorticoids, nonspecific adaptation reactions.*

References

1. Agadzhanian N.A., Bykov A.T., Medalieva R.H. Sostoyanie nespecificheskih adaptacionnyh reakcij organizma i urovnej zdorov'ya pri razlichnyh rezhimah ekstremal'nyh kriogennyh trenirovok [The state of non-specific adaptive reactions of the body and levels of health in different modes of extreme cryogenic training]. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology], 2012, no. 10, pp. 28–33. (In Russ.).
2. Galochkin V.A., Ostrenko K.S., Galochkina V.P., Fedorova L.M. Vzaimosvyaz' nervnoj, immunoj, endokrinnoj sistem i faktorov pitaniya v regulyacii rezistentnosti i produktivnosti zhivotnyh (obzor) [Interrelation of the nervous, immune, endocrine systems and nutritional factors in the regulation of resistance and productivity of animals (review)]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya. Seriya Biologiya zhivotnyh* [Agricultural biology. Series Animal Biology], 2018, vol. 53, no. 4, pp. 673–686. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.673rus. (In Russ.).
3. Grabovs'ka O.Yu., Nagajeva O.I., Mishin M.P., Nazar M.O. Zmina tipu nespecifichnih adaptacijnih reakcij organizmu i zmistu katecholaminiv v eritrocitah krovi u sportsmeniv pid vplivom ЄMI KVCH [Changes in the type of nonspecific adaptive reactions of the body and the content of catecholamines in blood erythrocytes in athletes under the influence of EHF EMI]. *Vcheni zapiski Tavrijs'kogo nacional'nogo universitetu im. V.I. Vernads'kogo. Seriya „Biologiya, himiya”* [Scientists notes of Tavriya National University. V.I. Vernadsky. Series “Biology, Chemistry”], 2010, T. 23 (62), no. 2, pp. 72–78. (In Ukrainian).
4. Gusakova E.A., Gorodetskaya I.V. Znachenie glyukokortikoidov v organizacii stress-reakcii organizma [The value of glucocorticoids in the organization of the body's stress response]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta* [Bulletin of the Vitebsk State Medical University], 2020, vol. 19, no. 1, pp. 24–35. doi: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.1.24>. (In Russ.).
5. Kolesnik E.A., Derkho M.A. Kharakteristika faktorov gipofizarno-adrenokortikal'noj regulyacii i nespecificheskih adaptacionnyh reakcij u brojlernykh tsyplyat [Studying the factors of pituitary-adrenocortical

regulation and nonspecific adaptive reactions in broiler chickens]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* [Problems of Productive Animal Biology], 2017, no. 1, pp. 81–91. (In Russ.).

6. Kolesnik E.A., Derkho M.A. Ob uchastii gipofizarno-adrenokortikal'nykh gormonov v regulyacii kletchnogo pula krovi u cyplyat-brojlerov [About participation of pituitary-adrenocortical hormones in regulation of blood cellular pool in chicken-broilers]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* [Problems of Productive Animal Biology], 2018, no 1, pp. 64–74. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64-74. (In Russ.).

7. Kolesnik E.A., Derkho M.A., Lebedeva I.A. Kompleksnaya morfofiziologicheskaya charakteristika immunnogo lizosomal'nogo kationnogo belka lejkcitov v rannem ontogeneze brojlernykh kur [Comprehensive morphophysiological description of the immune lysosomal cationic protein of leukocytes in the early ontogeny of broiler chickens]. *Uchyonye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki* [Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series], 2019, vol. 161, no. 3, pp. 440–458. doi: 10.26907/2542-064X.2019.3.440-458. (In Russ.).

8. Postnova M.V., Mulik Yu.A. Mekhanizmy formirovaniya cirkadiannykh ritmov povedencheskoj aktivnosti cheloveka [Mechanisms of formation of circadian rhythms of human behavioral activity]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya. 3: Ekonomika. Ekologiya* [Bulletin of Volgograd State University. Series. 3: Economics. Ecology], 2009, no. 2 (15), pp. 228–232. (In Russ.).

9. Rahmanov R.S., Shumskih D.S. Otsenka funktsional'nykh rezervov organizma i yego nespetsificheskikh adaptatsionnykh reaktsiy pri desinhroze [Evaluation of the functional reserves of the organism and its nonspecific adaptive reactions in desynchronization]. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya* [Health of the population and the environment], 2014, no. 7 (256), pp. 19–22. (In Russ.).

10. Ribalko S.Yu., Yashchenko S.G., Romanenko I. G., Piluns'ka O.A. Niz'kointensivne elektromagnitne viprominyuvannya zminyue perebig nespetsifichnih adaptatsiy jnih reaktsiy [Low-intensity electromagnetic radiation changes the course of nonspecific adaptive reactions]. *Visnik problem biologii i medicine* [Bulletin of problems biology and medicine], 2014, vol. 1 (106), pp. 172–174. (In Ukrainian).

11. Safronova N.S. Formuvannya nespetsifichnih reaktsiy adaptatsii v molodih lyudej u rizni periodi pislya migratsii [Formation of nonspecific adaptation reactions in young people in different periods after migration]. *Vcheni zapiski Tavrijs'kogo nacional'nogo universitetu im. V. I. Vernadskogo. Seriya „Biologiya, himiya”* [Scientific notes of Tavriya National University. VI Vernadsky. Series “Biology, Chemistry”], 2013, T. 26 (65), no. 4, pp. 158–166. (In Ukrainian).

12. Sidel'nikova V.I., Chernickij A.E., Zolotarev A.I., Retskiy M.I. Individual'naya reaktivnost' granulotsitarnoy sistemy novorozhdennykh telyat i yeyo rol' v patogeneze vospalitel'nykh zabolevaniy respiratornogo i zheludochno-kishechnogo trakta [Individual reactivity of the granulocytic system of newborn calves and its role in the pathogenesis of inflammatory diseases of the respiratory and gastrointestinal tract]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya. Seriya Biologiya zhivotnykh* [Agricultural biology. Series Animal Biology], 2015, vol. 50, no. 4, pp. 486–494. doi: 10.15389/agrobiol.2015.4.486rus. (In Russ.).

13. Slavin M.B. *Metody sistemnogo analiza v medicinskih issledovaniyah* [Methods of system analysis in medical research]. Moscow, Medicine, 1989. 304 p. (In Russ.).

14. Sorokin O.G., Ushakov I.B. Vozmozhnosti i perspektivy ispol'zovaniya ocenki adaptacionnogo potentsiala v prakticheskoy medicine [Possibilities and prospects of using the assessment of adaptive potential in practical medicine]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2005, no. 10, pp. 11–17. (In Russ.).

15. Filaretov A.A., Podvigina T.T., Filaretova L.P. *Adaptatsiya kak funkciya gipofizarno-adrenokortikal'noj sistemy* [Adaptation as a function of the pituitary-adrenocortical system]. Saint Petersburg, Russian Academy of Sciences, Institute of Physiology. I.P. Pavlova, Nauka, 1994. 131 p. (In Russ.).

16. Shajhelislamova M.V., Sitdikov F.G., Sitdikova A.A., Kayumova G.G. Vliyanie povyshennykh fizicheskikh nagruzok na sostoyanie kory nadpochechnikov i polovoe sozrevanie mal'chikov [Influence of increased physical activity on the state of the adrenal cortex and puberty in boys]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2014, vol. 40, no. 2, pp. 87–93. doi: 10.7868/S0131164614020143.

17. Shajhelislamova M.V., Sitdikov F.G., Sitdikova A.A., Dikopol'skaya N.B., Kayumova G.G. Reaktsiya kory nadpochechnikov na dozirovannuyu fizicheskuyu nagruzku u detej s razlichnym iskhodnym vegetativnym tonusom [Reaction of the adrenal cortex to dosed physical activity in children with different initial autonomic tone]. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine], 2012, vol. 154, no. 12, pp. 677–680. (In Russ.).

18. Shmal'gauzen I.I. *Organizm kak celoe v individual'nom i istoricheskom razvitii. Izbrannye trudy* [Organism as a whole in individual and historical development. Selected works]. Moscow, USSR Academy of Sciences, Section of Chemical-Technological and Biological Sciences, Institute of Evolutionary Morphology and Ecology named after A.N. Severtsov, Nauka, 1982. 383 p. (In Russ.).

19. A clinical introduction to the endocrine system according to the theory of Endobiogeny. Chapter. 4. In: *The Theory of Endobiogeny*. 1st Edition. Volume 1: Global Systems Thinking and Biological Modeling for Clinical Medicine. K. M. Hedayat, J.-C. Lapraz (eds.). Cambridge, Massachusetts: Elsevier Science Publishing Co Inc. Academic Press, 2019, Pp. 45–54. doi: 10.1016/B978-0-12-816903-2.00004-5.

20. Adaptation syndromes. Chapter. 12. In: *The Theory of Endobiogeny*. 1st Edition. Volume 1: Global Systems Thinking and Biological Modeling for Clinical Medicine. K. M. Hedayat, J.-C. Lapraz (eds.). Cambridge, Massachusetts: Elsevier Science Publishing Co Inc. Academic Press, 2019. Pp. 157–171. doi: 10.1016/B978-0-12-816903-2.00012-4.

21. Baffy G., Loscalzo J. Complexity and network dynamics in physiological adaptation: An integrated view. *Physiology & Behavior*, 2014, vol. 131, P. 49–56. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.04.018.

22. Baffy G. General Adaptation Syndrome. *Encyclopedia of Personality and Individual Differences*. V. Zeigler-Hill, T. K. Shackelford (eds.). Dordrecht, Netherlands: Springer International Publishing AG (outside the USA), 2017. 920 p. doi: 10.1007/978-3-319-28099-8_753-1.

23. Butto N. Four Phases of Life and Four Stages of Stress: A New Stress Theory and Health Concept. *International Journal of Psychiatry Research*, 2019. vol. 2 (6), pp. 1–7.

24. Kolesnik E.A., Derkho M.A., Strizhikov V.K., Strizhikova S.V., Gizatullina F.G., Ponomaryova T.A. Differential morphophysiological characteristics of erythrocyte precursors and mature erythroid cells in early postnatal ontogenesis of birds. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*, 2020, vol. 14, pp. 101–108. doi: 10.46300/91011.2020.14.15.

25. Goldstein D.S., Kopin I.J. Evolution of concepts of stress. *Stress*, 2007, vol. 10 (2), pp. 109–120. doi: 10.1080/10253890701288935.

26. Homeostasis, Stress, and Adaptation. Chapter 6. Unit 2. Biophysical and Psychosocial Concepts in Nursing practice. In: *Brunner and Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing*. 10th Edition. S. C. O'Connell Smeltzer, B. G. Bare (eds.). Philadelphia, United States, Lippincott Williams & Wilkins, 2003. Pp. 80–98.

27. McEwen B.S. Stressed or stressed out: What is the difference? *Journal Psychiatry Neuroscience*, 2005, vol. 30 (5), pp. 315–318.

28. Russell G., Lightman S. The human stress response. *Nature Reviews Endocrinology*, 2019, vol. 15, pp. 525–534. doi: 10.1038/s41574-019-0228-0.

К ПРОБЛЕМЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО АДАПТАЦИОННОГО ГОМЕОСТАЗА В МОДЕЛИ ОРГАНИЗМА ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ (обзор)

Е. А. Колесник¹, М. А. Дерхо²

¹Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

²Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

Цель работы — обзорная теоретическая характеристика некоторых биофизических механизмов физиологической адаптации гомеостаза гомойотермного животного во взаимосвязи с условиями среды жизнедеятельности. Эрвин Шрёдингер впервые охарактеризовал негэнтропию как ведущий критерий отличия живой системы от неживой. Образно отмечалось, что биосистема «питается отрицательной энтропией», привлекая поток негэнтропии (отрицательной энтропии) на себя (обмен веществ), который она производит (анаболизм и катаболизм), и таким образом поддерживает себя на стационарном и довольно низком уровне энтропии (собственной — положительной энтропии). Известно, что производство энтропии на единицу массы в единицу времени (измеренное по обмену веществ) возрастает в течение первого периода онтогенеза, достигая максимума величины значения энтропии, и после этого начинает убывать, достигая стационарного значения. Таким образом, была установлена цикличность величин энтропии, с периодами пиковых значений и стабилизации, в процессах неонатального роста и развития организма. Соответственно, в основе гомеостаза развития организма, то есть его термодинамической характеристики реализуется некоторое «стационарное неравновесное состояние», не критичные отклонения от гомеостаза могут быть выгодны биосистеме в перспективе, в целях дальнейшего сохранения жизнедеятельности. Акцентируется, что преобладание анаболизма в начальных периодах роста и развития обусловлено негэнтропийной ролью неспецифических адаптационных реакций, отражающихся в «гомеостатической кривой» колебанием физиологических ресурсов, в том числе изменением характера динамики содержания пластических и гуморальных веществ в плазме крови организма животного. Следовательно, сама нестабильность, или термодинамическая вероятность энтропии даёт возможность внутренней среде организма приспособляться к факторам среды жизнедеятельности (как к замку подбирать нужные ключи): выживать и формировать адаптации в каждом последующем физиологическом периоде, основывающиеся на неспецифических адаптационных реакциях, заложенных в предыдущем физиологическом периоде, то есть реализовывать адаптационный гомеостаз в онтогенезе.

Ключевые слова: термодинамика биосистемы, энтропия и негэнтропия, регуляция и адаптация, адаптационный гомеостаз, куры.

Введение

В поиске решения задач биологии развития бройлерные куры *Gallus gallus* (L.) представляют интерес как организмы с генетически направленным ускоренным темпом роста и развития [33; 40; 47; 49].

Животные как бы концентрируют в достаточно дискретных периодах раннего онтогенеза те процессы, которые разворачиваются в относительно длительный промежуток времени у небройлерных организмов [33; 40].

Это позволяет в когнитивном эмпирическом плане находить необходимые точки физиологического соприкосновения, а в практическом плане иначе понимать возможную эффективность или неэффективность той или иной схемы применения различных биологически активных веществ,

в том числе пробиотических и пребиотических препаратов.

Физиология и кибернетика, в конечном счёте, имеют обобщённые задачи в разработке алгоритмов эффективного управления биосистемами, а вследствие этого получения полезного результата [20; 22; 23; 25; 28; 36; 37; 44; 50].

Учёт базовых причин функционирования организма, его биологических особенностей во взаимосвязи с факторами среды жизнедеятельности позволяет разрабатывать эффективные, экономически значимые в долгосрочной перспективе препараты, производить качественную продукцию.

Поэтому существенное значение имеет понимание причины и следствия, понятийных аппаратов в проблемах стресса и стрессогенов для

нивелирования действия на организм стрессоров или стресс-факторов.

Известно, стресс, или стресс-реакция, как общий адаптационный синдром, направлен на мобилизацию всех ресурсов организма для устранения пагубных воздействий стрессоров (факторов стресса) [10; 16; 17; 31; 32; 46].

Общий адаптационный синдром является биологическим механизмом, обеспечивающим у животных восстановление динамического равновесия внутренней среды, соответственно, сохранения здоровья на уровне, зависящем от изначальных ресурсов животного и силы действия, качества патогенов [11; 21; 32].

Биологические и клинические критерии оценки эффективности функционирования организма основываются на метаболических и гуморально-клеточных параметрах гомеостаза, то есть сопоставление животного в состоянии «идеального», «нормированного» здоровья и наличного текущего состояния [11; 13; 19; 29; 39; 41; 43; 46]. При этом общебиологические, биофизические механизмы активности организма в неразрывной естественной взаимосвязи с факторами среды жизнедеятельности остаются весьма мало освящены [28; 42; 44].

Изучались морфологические и биохимические проявления адаптационных процессов организма животных к самым различным условиям, однако имеются только единичные работы по исследованию собственно оснований физиологических приспособлений [12; 25; 34; 43; 46].

Только в последние годы разрабатываются алгоритмы количественной оценки энтропии физиологических процессов, позволяющие прогнозировать развитие биосистемы и, как следствие, получать инструментарий для некоторого управления витальными функциями биосистем [4; 19; 28; 29; 35; 41; 50].

Ранее К. С. Тринчером [30] и А. И. Быховским (А. I. Bykhovsky) [34] были применены математические выражения первого и второго начал термодинамики для количественного расчёта меры энтропии в обмене веществ и процессах адаптации внутренней среды организма животных.

Показана возможность применения биофизических принципов в качестве основы для моделирования гомеостатических процессов в метаболизме и адаптогенезе организма животных и человека [20, с. 73–78; 23; 25, с. 154–165].

Был охарактеризован энергетический гомеостаз у цыплят [49] как нейроэндокринологически регу-

лируемый баланс между потребляемой энергией корма и расходами энергии на процессы жизнедеятельности, обеспечивающий сохранение здоровья птицы и адаптирование её к различным факторам окружающей среды.

На основе обобщения имеющихся литературных данных и собственных результатов изучения физиологии адаптогенеза модельного организма кур-бройлеров в неонатальном онтогенезе к факторам промышленной окружающей среды [15–18] представим некоторую характеристику биофизических механизмов поддержания, восстановления и приспособления внутренней среды организма теплокровного животного в условиях среды жизнедеятельности.

В связи с этим целью работы явилась обзорная теоретическая характеристика некоторых биофизических механизмов физиологической адаптации гомеостаза гомойотермного животного во взаимосвязи с условиями среды жизнедеятельности.

Энтропия (от греч. *ἐντροπία* — «превращение»), или преобразование во времени — базовый биофизический параметр энергетического и материального состояния косных и биокосных объектов биосферы, характеризует глобальное изменение объектов от зарождения до смерти [24; 35]. Преобразование энергии и материи происходит в основе существования как абиотических систем, так и биотических систем или организмов [27; 29; 35; 45].

Формы энтропии — положительная и отрицательная (неэнтропия) — имеют основополагающее значение для жизни, эволюции, болезней, поддержания здоровья, биологических функций [25; 41; 50].

Авторы [41; 50] отмечают: вероятностная характеристика энтропии и определяет мутации в геноме, а соответственно, и эволюционные процессы; болезни как дисбаланс также являются выражением положительной (собственно энтропии) энтропии [41].

Так, жизнедеятельность организмов с совокупной позицией биофизики и физиологии обеспечивается сохранением массы и энергии в неразрывной причинно-следственной взаимосвязи с условиями окружающей среды, средой существования [12; 13; 22; 27; 41; 50].

Биологические системы — организмы, по И. Пригожину «условно изолированные системы», в связи с этим всецело подчиняются началам термодинамики, в том числе первому и второму законам термодинамики [9; 22; 26].

Собственно условную термодинамическую изоляцию, или физиологическую условную изоляцию в организме представляет гомеостаз, благодаря которому живой организм выделяет в окружающую среду больше энтропии, чем её (энтропию) потребляет — получает из окружающей среды и, следовательно, таким образом способен к сохранению, поддержанию своей жизнедеятельности [13; 22; 23; 25, с. 144–187; 44; 46, р. 19–25].

Erwin Schrödinger впервые охарактеризовал негэнтропию как ведущий критерий отличия живой системы от неживой (1944) [from: 41].

Образно выражаясь, постулируется, что биосистема «питается отрицательной энтропией», привлекая поток негэнтропии на себя (обмен веществ), который она производит (анаболизм и катаболизм), и таким образом поддерживает себя на стационарном и довольно низком уровне энтропии (собственной — положительной энтропии) [41].

В. Н. Новосельцев отмечал: «Жизнедеятельность биосистемы связана, с одной стороны, с необходимостью обеспечить энтропийный баланс в системе, т. е. поступление необходимых системе веществ и энергии в темпе, равном темпу их расходования, а с другой — с необходимостью обеспечить постоянство внутренних условий в системе» [23, с. 49–50].

Можно сказать, что в основе гомеостаза организма, его термодинамической характеристики реализуется некоторое «стационарное неравновесное состояние» [22; 23; 26; 41; 44], которое по представлениям Э. Бауэра основывается на принципе «устойчивого неравновесия» [3].

Термодинамическое «динамическое равновесие» в соответствии с принципом Ле-Шателье — Брауна свойственно объектам абиотической природы, при этом для биосистемы и собственно её внутренней среды характерно устойчивое регулируемое неравновесие с окружающей средой [2; 3; 11–13].

Согласно автору, активность живых систем направлена на преодоление «равновесия» с факторами окружающей среды [3, с. 26–35].

Э. Бауэр отмечал: «Живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счёт своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях» [3, с. 32]. То есть «регулирующая деятельность» по Э. Бауэру — это активность биосистемы, направленная на перманентное преодоление термодинамического равновесия с экзотической средой, то есть средой жизнедеятельности макроорганизма [3, с. 32].

У истоков представлений о гомеостазе К. Бернар в учении о внутренней среде характеризовал автономную регулирующую деятельность как адаптацию, или приспособленность организма к наличным факторам жизнедеятельности [по: 23, с. 51; 50].

Так, отмечается, что неспецифические адаптационные реакции организма (НАРО) составляют функциональную систему регуляции гомеостаза [8, с. 164, 176].

В свою очередь, «костяк» или структурно-функциональный каркас НАРО реализуется от молекулярного до организменного уровня.

В частности, известны аллостерическая авторегуляция продуктами ферментативного синтеза активности самих энзимов, других метаболитов [2, с. 44, 45, с. 73–76] и принцип обратных отрицательных и положительных связей в нейрогуморальной регуляции, то есть связующее звено всех функциональных систем в едином живущем организме.

П. К. Анохин отмечал: «стабилизация на основе принципов саморегулирования является самой первичной и самой решающей чертой жизненного процесса, и именно она обеспечила поступательное развитие структур в предбиологическом периоде» [2, с. 70]. Автор подчёркивал: «появление устойчивых систем с чертами саморегуляции стало возможным только потому, что возник первый результат этой саморегуляции в виде самой устойчивости, способной к сопротивлению против внешних воздействий» [2, с. 76].

При этом П. К. Анохин констатировал: «всякая функциональная система, механическая или живая, созданная или развивающаяся на получение полезного эффекта, непременно имеет циклический характер и не может существовать, если не получает обратной сигнализации о степени полезности произведённого эффекта» [2, с. 107].

Каким образом организм осуществляет данную регуляцию, являющуюся двигателем функциональных звеньев механизма гомеостаза, в чём её глубинные причины и возможности?

В основе характеристики общей модели гомеостаза физический и биофизический принцип Ле-Шателье — Брауна, У. Кеннон постулировал: «В открытой системе, такой как наши организмы, состоящие из нестабильного материала и подверженные непрерывному воздействию возмущений, само постоянство служит доказательством существования агентов, действующих или готовых к действию, чтобы поддержать это постоянство. Если состояние остаётся устойчивым, то это происходит потому, что любая тенденция к его

изменению автоматически вызывает увеличение эффективности фактора или факторов, противодействующих этому изменению» [23, с. 43].

Разумеется, организм, как единое целое, всё же состоит из систем органов и тканей, существующих за счёт обмена веществ. Фактически агентами гомеостаза, отмечаемыми У. Кенноном, являются компоненты обмена веществ, гуморальные и клеточные элементы соединительной ткани — крови [6; 7; 14; 25, с. 144–187; 27; 32; 38; 41; 44; 45; 50].

В. Н. Новосельцев подчёркивает: «В любой биосистеме существуют интегрирующие механизмы, поддерживающие её целостность, обеспечивающие обмен веществ (т. е. необходимые для существования темпы химических реакций) и постоянство структуры самой биосистемы и её генетического материала» [23, с. 49].

Однако некоторые не критичные отклонения от гомеостаза могут быть выгодны биосистеме в перспективе, в целях дальнейшего сохранения жизнедеятельности [19; 23, с. 49–50; 29; 42].

Так, Л. Х. Гаркави и Е. Б. Квакина характеризуют основную роль филогенетически сложившихся и взаимно обуславливаемых колебательных, в том числе циклических процессов метаболизма, формированием и поддержанием НАРО [8].

Авторы подчёркивают: «зависимость характера адаптационной реакции от интенсивности (силы, дозы) действующего фактора носит сложный нелинейный, периодический (циклический) характер [8; 29; 42]. По мере увеличения (или уменьшения) величины действующего фактора основные неспецифические адаптационные реакции организма периодически повторяются» [8, с. 167].

Таким образом, акцентируется негэнтропийная (отрицательной энтропии) роль (функция) НАРО в преобладании процессов анаболизма в ходе роста и развития организма [8, с. 168; 16; 17; 35; 41]. И обратный процесс у стареющего организма [8, с. 168].

Иначе говоря, в данной ситуации организм при возникновении внешних неблагоприятных факторов или генетически запрограммированных физиологических периодов с существенно повышенными энергетическими и пластическими тратами реализует филогенетически сформированные механизмы экономии ресурсов [11; 20, с. 73–78; 23; 42], то есть происходит физиологическое приспособление внутренней среды организма к наличным факторам в конкретный временной период жизнедеятельности. При этом сформированное и реализуемое онтогенетическое приспособление

таким образом обеспечивает больше функциональных ресурсов для поддержания динамического равновесия внутренней среды на последующих этапах развития биосистемы [2; 15; 20, с. 78–81; 25, с. 144–187; 41; 50].

Следовательно, реализуется генетически обеспеченный адаптационный гомеостаз [8; 16–18; 29; 41; 42; 50] (рисунок).

Данные проявления отражаются в «гомеостатической кривой» [23, с. 45–67] или в так называемых системных нелинейных флуктуирующих структурах (осцилляторов) [8; 20, с. 88–89; 42; 48] в концепции теории гомеокинеза [8; 19; 20, с. 88–89; 29; 36; 37; 39; 42; 43] колебанием физиологических ресурсов, в том числе изменением характера динамики содержания пластических и гуморальных веществ в плазме крови организма животного. Отражаются в «плато» или «пиковыми» изменениями концентрации ресурсов, «регуляцией» — то есть сохранением или восстановлением относительной стабильности концентрации веществ в метаболизме организма и «конформацией» — существенных подвижек в содержании веществ в ходе совокупного обмена веществ, иначе говоря, пиковыми значениями в гомеостатических кривых динамики веществ, гуморальных и клеточных компонентов крови в процессах роста и развития [15–18; 20, с. 78–89; 23, с. 47–50; Проссер Л., Браун Ф., 1967 из: 23; 42] (рисунок).

В целом данные регуляторные приспособительные реакции образуют собственную систему восстановления гомеостаза, или гомеорез (гомеорезис) [21; 23, с. 67; 50].

Гомеорезис представляет собой систему самообеспечения «гомеостаза развития», его можно назвать способностью организма поддерживать онтогенетические признаки в обширном диапазоне факторов среды, то есть сохранять свой фенотип [21; 23, с. 67] (рисунок).

Так, ранее в модели бройлерных кур, жизнедеятельность которых проходила в относительно искусственных факторах среды, были установлены и охарактеризованы некоторые неспецифические адаптационные реакции организма в неонатальном (раннем постнатальном) онтогенезе [15–18].

Регистрировалась математически достоверная (по результатам t-критерия, корреляционного, многомерного дисперсионного, кластерного, факторного анализов) взаимосвязь существенной цикличности колебания (гомеостатические кривые) совокупности клеточных и гуморальных компонентов в крови (гормональные, белковые и липидные

элементы), в том числе иммунных лизосомальных катионных белков полиморфноядерных гранулоцитов [18] с выживаемостью (сохранностью) и приростом массы тела птицы [15–17].

В результате по совокупности работ было показано, что в основании гомеостаза, являющегося акцептором результата работы индуктивных функциональных систем организма, проистекают циклические морфофункциональные колебания

с метаболитными и гуморально-клеточными системообразующими элементами внутренней среды. Они выражаются на организменном уровне критическими стадиями в переходных этапах развития в виде триггерных сигналов к приспособительным процессам в интегральном цикле адаптационного гомеостазиса, при перманентном влиянии экзогенных и эндогенных факторов среды [1; 2; 8; 11; 12; 15–18; 41; 50] (рисунок).

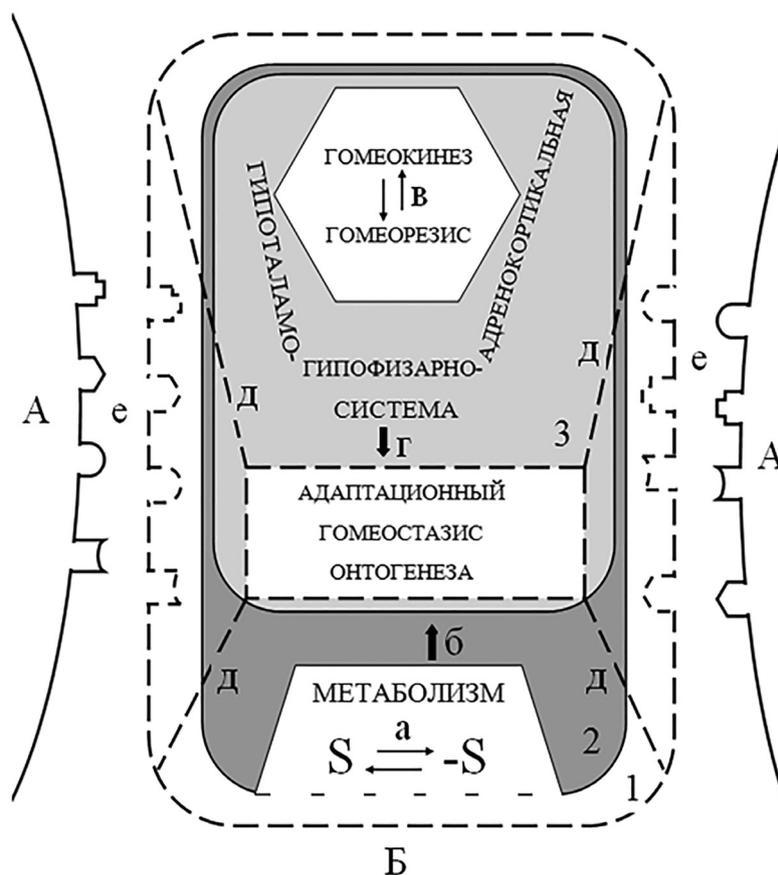


Схема иерархической структуры системы адаптационного гомеостаза в онтогенезе животного:

А — окружающая среда; Б — организм как биосистема.

Уровни иерархии структуры адаптационного гомеостаза: 1 — интегральный системный и организменный уровень (показан штриховой линией по периметру); 2 — биофизический — биоэнергетический уровень (тёмный участок рисунка со светлым блоком метаболизма, показанным трапецией); 3 — физиологический уровень (затемнённая часть схемы, включающая блок гомеокинеза и гомеорезиса в виде светлого шестигранника с нейроэндокринной гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системой (ГГАС)). Малыми буквами обозначены процессы внутриорганизменные и взаимодействия биосистемы со средой жизнедеятельности: а — метаболизм, выражающийся в динамическом соотношении энтропии (S) и неэнтропии (–S) в ходе роста и развития организма; б — совокупность обменных процессов, обеспечивающих энергией и пластическим материалом весь пул физиологических реакций в ходе неонатального онтогенеза; в — совокупность процессов гомеокинеза и гомеорезиса, находящихся в основе формирования и реализации адаптационного гомеостаза в ходе роста и развития животного; г — ведущая регуляторная роль ГГАС (или оси) в развитии и сохранении адаптационного гомеостаза в неонатальном онтогенезе; д — штриховыми линиями акцентированы морфофизиологические взаимосвязи всех трёх выше отмеченных иерархических уровней в функциональной системе адаптационного гомеостаза процессов роста и развития организма животного; е — совокупные неспецифические адаптационные реакции организма (Б) в виде различных фигур из штриховой линии к факторам среды жизнедеятельности (А), обозначенным фигурами сплошной линией. Пояснения см. в тексте.

Каковы причинно-следственные механизмы регуляции в функциональной системе адапционного гомеостаза?

В некотором роде ключевым значением в понимании этого необходимо отметить положение, приводимое Э. Бауэром. Собственные изменения системы являются источником энергии для поддержания неравновесного состояния организма с окружающей средой [3, с. 87].

Фактически это вышеобозначенный Э. Бауэром ключевой тезис о том, что разность потенциалов характеризуется двойственной динамикой обмена веществ [3]. Иначе говоря, диссипативностью (флуктуирующей двойственностью) как основополагающим свойством живых организмов, заключающимся в неразрывной функциональной важности как процессов анаболизма, так и катаболизма, которые в совокупности и обеспечивают работу общего обмена веществ [3; 22; 46, р. 21–25].

Эволюционное развитие степени диссипативности в гомеостазе и обмене веществ происходило и происходит в ходе филогенетического усложнения организации животных под воздействием факторов окружающей среды, то есть при формировании филогенетических и онтогенетических адаптаций [46, р. 21–25].

Erwin Schrödinger (1967) [from: 44] в определении понятия «жизнь» отмечал: «“жизнь” метаболизирует энергию из окружающей среды для поддержания гомеостаза вдали от термодинамического равновесия» [Schrödinger E. (1967), from: 44].

Таким образом, приспособительные механизмы гомеостаза основываются прежде всего на первом законе термодинамики, а именно на сохранении энергии [22; 24; 28; 41; 44; 45].

Первое начало термодинамики обуславливает взаимосвязь изменения внутренней энергии биосистемы ΔU , её теплоту ΔQ , отданную системе, а также работу ΔA , произведённую системой:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A. \quad (1)$$

Так, животный организм осуществляет свою жизнедеятельность в основном за счёт энергии макроэргических связей АТФ, АДФ и АМФ, обеспечивающих энергетический гомеостаз, которые в свою очередь синтезируются при окислительном фосфорилировании продуктов обмена, получаемых животным в процессе питания [20, с. 75–76; 23, с. 52, 177, 178, 182, 183, с. 186–194; 25, с. 144–154; 27; 35; 39; 45; 46, р. 19, 20; 49] (рисунок).

В ходе эволюционного развития животные, от пойкилотермных (рыбы, амфибии, рептилии)

к гомойотермным (птицы и млекопитающие), приобрели возможность более эффективно преобразовывать энергию, получаемую из пищи, сохраняя постоянную температуру тела. В свою очередь, гомойотермность обеспечивает более эффективную работу всех внутренних органов, опорно-двигательного аппарата, в том числе скелетной, а также сердечной и гладкой мускулатуры [5; 34; 46, р. 19–25]. Гомойотермия, а следовательно, и большая скорость и эффективность всех реакций филогенетически обеспечила и стабильность функционирования нервной системы, развития психики у птиц и млекопитающих.

Ранее автором [34] эмпирически были применены первое и второе начала термодинамики для модельных расчётов и прогнозирования развития энергетического обмена у животных в процессе их адаптации к факторам среды жизнедеятельности.

А. I. Vukhovsky [34] отмечал, что чем выше организация животного с эволюционной точки зрения, тем сложнее его структура; и чем меньше его удельная энтропия, тем выше должна быть надёжность процессов, происходящих в организме и, следовательно, его энергетических затрат (рисунок).

Автор [34] подчёркивал сам факт, что гомойотермные животные появились после пойкилотермных в процессе эволюции, связан с тенденцией к повышению надёжности функционирования организма, то есть функционального гомеостаза [34, р. 367, 368].

Однако физически, согласно первому началу термодинамики, вся энергия в биосистеме в конечном итоге превращается в теплоту при совершении работы организмом (выполнения всей совокупности витальных функций) [27; 41; 44; 45; 46, р. 19–25].

J. S. Torday [50] акцентировал: собственно сам гомеостаз организма, как функциональный механизм, эволюционно развивался вследствие уменьшения энтропии в самой структуре организации биологической системы, то есть в ходе филогенетического усложнения организмов, соответственно, формирования устойчивых (гомеостатических) механизмов [50] преодоления неизбежного роста энтропии, обусловленного физическими началами (физико-химическими процессами как в самом организме, так и в окружающей среде) [50] (рисунок).

С. Faisy отмечает, что с термодинамической точки зрения гомеостаз, как степень организации организма, является следствием накопления от-

рицательной энтропии, то есть совокупности анаболических биохимических реакций в процессе жизнедеятельности [Faisy C. from: 46, p. 19, 20].

Автор подчёркивает, что совокупный уровень негэнтропии в организме служит критерием оценки динамического баланса между биосистемой и её окружающей средой [Faisy C. from: 46, p. 20] (рисунок).

Е. Schrödinger (1967) постулировал, что первичная функция метаболических процессов жизни заключается в том, чтобы избежать распада, то есть путём теплового равновесия, посредством включения отрицательной энтропии из окружающей среды в организм и вывода из него собственную энтропию во внешнюю среду [Schrödinger E. (1967) from: 44] (рисунок).

Соответственно, эффективность работы, или, фактически, успешность приспособления внутренней среды организма к условиям среды жизнедеятельности основывается на принципах второго начала термодинамики, характеризующего изменение энтропии системы dS , определяемое отношением теплоты dQ (как непосредственно меняющегося параметра в биосистеме) к абсолютной температуре T системы, при которой этот процесс происходит [23, с. 37, 38; 27; 28; 41]:

$$dS = dQ / T. \quad (2)$$

Из второго принципа термодинамики следует, что в изолированной системе, или условно изолированной биосистеме [9; 22; 23; 46, p. 19–25] протекают только процессы, приводящие к возрастанию энтропии — перманентному процессу в онтогенезе, физиологически запускаемому с началом старения организма.

При этом в механизмах гомеостаза внутренней среды величина энтропии поддерживается на относительно мало (или минимально) изменяемом уровне [3; 23], что собственно и обеспечивает, отражает реализацию принципа устойчивого неравновесия биологических систем с параметрами факторов окружающей среды, то есть отличает функционирующий живой организм от абиотических объектов косной природы (рисунок).

Стационарное состояние устойчивого неравновесия внутренней среды организма в процессах роста и развития с параметрами факторов окружающей среды характеризуется тем, что величина энтропии, производимой самой биосистемой в реакциях катаболизма, относительно уравнивается негэнтропией в реакциях анаболизма, а также выводом энтропии с продуктами жизне-

деятельности, тепловой энергии из биологической системы в окружающую среду (рисунок).

Это можно представить следующим образом:

$$dS = 0 \text{ (или } \Delta S = \min) \quad (3)$$

и соответственно

$$dS_i = -dS_e, \quad (4)$$

где dS_i — производство энтропии, отражаемое в катаболизме в обмене веществ во внутренней среде и процессами старения организма в онтогенезе; $-dS_e$ — негэнтропия (отрицательная энтропия), характеризующая выражение анаболических процессов внутренней среды, а также роста и развития организма в онтогенезе [3; 8; 12; 23; 25, с. 154; 35; 41; 44; Faisy C. from: 46, p. 19, 20; 50] (рисунок).

Необходимо акцентировать следующий момент. Было установлено, что производство энтропии на единицу массы в единицу времени (измеренное по обмену веществ) возрастает в течение первого периода онтогенеза, достигая максимума величины значения энтропии, и после этого начинает убывать, достигая стационарного значения. Отмечается, что данный термодинамический континуум онтогенеза соответствует периоду достижения минимальной диссипации [9, с. 261].

Таким образом, была установлена цикличность величин энтропии, с периодами пиковых значений и стабилизации, в процессах неонатального роста и развития организма [9].

При этом закономерным и очевидным является вектор постепенного смещения соотношения отрицательной энтропии (негэнтропии) в сторону возрастания энтропии.

В конечном счёте состояние биосистемы стремится из более организованного и, следовательно, менее статистически вероятного негэнтропийного континуума к распаду (процесс онтогенетического старения организма), то есть более статистически вероятному энтропийному континууму [8; 41; 50].

Так, энтропия системы выражает показатель упорядоченности или беспорядка структурно-функциональных энергетических и пластических, или — на языке кибернетики — интегральных информационных звеньев биосистемы. Согласно принципу Больцмана, энтропия системы (S) в данном состоянии пропорциональна термодинамической вероятности (W) этого состояния:

$$S = k \times \ln W, \quad (5)$$

где k — константа Больцмана [9; 23, с. 38; 24; 25, с. 154; 27; 41; 44].

Термодинамическая вероятность — основополагающая характеристика адаптационного гомеостаза и его реакций — является числом микросостояний системы, посредством которых реализуется данное макросостояние системы, иначе говоря, целостного организма.

Чем больше возможно микросостояний (вариантов расположения частиц), тем более неупорядочена система и тем больше величины W и S .

Данная кибернетическая роль термодинамической вероятности энтропии биосистемы имеет существенный физиологический смысл не только в качестве биофизического механизма процесса естественного старения. Прежде всего организм благодаря реализации этой сущности, второго начала термодинамики, получает возможности реализации возрастающего вариационного числа (до физиологического предела, генетической нормы реакции) биохимических онтогенетических адаптационных реакций, составляющих по сути основу регуляции внутренней среды организма в ходе сохранения устойчивого неравновесия с внешней средой [2; 8; 23; 25, с. 144–187; 26] (рисунок). Иначе говоря, временного преодоления неизбежного стремления роста энтропии и, как следствие, синильных процессов [8; 12; 22; 35; 41; 44].

Обобщим: первое начало термодинамики в итоге определяет рост и развитие организма, выражаемые в комплексе физиологических функций через теплоту (ΔQ) — как показатель реализации работы (ΔA), то есть витальных функций систем органов и целостного организма в онтогенезе, соответственно, обеспечиваемой внутренней энергией (ΔU), или, иначе, совокупностью энергетических процессов.

При этом второе начало термодинамики характеризует и обуславливает нестабильность теплоты, отражаемую энтропией (ΔS) как основное качество живой системы [3; 4; 22; 24; 27; 28; 44; 45] (рисунок).

Следовательно, сама нестабильность, или, иначе, термодинамическая вероятность (W) даёт возможности внутренней среде организма приспосабливаться к факторам среды жизнедеятельности (рисунок): выживать и формировать адаптации в каждом последующем физиологическом периоде, основывающиеся на неспецифических адаптационных реакциях, заложенных в предыдущем физиологическом периоде, то есть реализовывать адаптационный гомеостаз в онтогенезе [3; 8; 12; 15–18; 41; 44; 50] (рисунок).

Некоторое общее выражение реализации первого и второго начала термодинамики в биосистеме

или совокупность функций в организме характеризует так называемый термодинамический потенциал по Гиббсу [27; 28; 45, р. 32–39]:

$$G = U + PV - ST, \quad (6)$$

где при относительном постоянстве температуры (T) и давления (P) вариационными величинами являются внутренняя энергия (U) (вся совокупная энергия), объём (V), или, иначе, процесс роста организма и баланс (ΔS) негэнтропии (отрицательной энтропии) с энтропией биосистемы (S) [27; 28; 41; 45, р. 32–39].

Данный баланс (ΔS) в формуле свободной энергии Гиббса является обобщающим показателем термодинамического механизма гомеостаза в онтогенетических процессах развития животного в перманентно воздействующих факторах среды жизнедеятельности [2; 8; 12; 22; 27; 34; 45, р. 32–39].

Заключение

Хотелось бы отметить положения, приводимые П. К. Анохиным в обобщающей кибернетической характеристике физиологической функциональной системы.

П. К. Анохин писал: «Система самоуправления — это не просто взаимодействие, это интегрирование активности всех компонентов в одном единственном направлении — на получение необходимого в данный момент и специфического для системы приспособительного результата» [1, с. 325].

Автор акцентировал: «Именно полезный результат составляет тот операциональный фактор, который способствует тому, что система в случае недостаточности данного результата может полностью реорганизовать расположение своих частей в пространстве и во времени, что и обеспечивает в конце концов необходимый в данной ситуации приспособительный результат организма» [1, с. 326] (рисунок).

П. К. Анохин констатировал: «наличие приспособительного результата во всякой саморегулирующейся и самоорганизующейся системе радикально ориентирует все потоки информации в системе на этот результат» [2, с. 85] (рисунок).

Подытожим. С биофизической и физиологической позиции, жизнедеятельность теплокровного животного — это совокупность циклических приспособительных и необратимых, связанных с синильными процессами явлений. Иначе говоря, совокупность превращений (энтропийно-негэнтропийных процессов) состояния внутренней среды,

обеспечивающих стационарное энергетическое неравновесие организма со средовыми факторами.

При этом, вероятно, сами энергетические и пластические изменения внутренней среды в течение

каждого физиологического периода являются пусковыми агентами приспособления гомеостаза в последующие периоды онтогенеза животного.

Список литературы

1. Анохин, П. К. Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин. — М. : Медицина, 1975. — 448 с.
2. Анохин, П. К. Кибернетика функциональных систем : избранные труды / П. К. Анохин ; под ред. К. В. Судакова ; сост. В. А. Макаров. — М. : Медицина, 1998. — 400 с.
3. Бауэр, Э. С. Теоретическая биология / Э. С. Бауэр. — М. ; Л. : Изд-во Всесоюз. ин-та эксперимент. медицины, 1935. — 206 с.
4. Брильков, А. В. На пути к физическим принципам биологической эволюции / А. В. Брильков, Ю. Ю. Логинов, И. А. Логинов, Е. В. Брилькова, О. А. Золотов, В. В. Дубич // Успехи соврем. естествознания. — 2012. — № 2. — С. 53–59.
5. Гаврилов, В. М. Термодинамика эндотермных животных и развитие эндотермии в эволюции птиц / В. М. Гаврилов // Пятнадцатое Всероссийское совещание с международным участием и восьмая Школа по эволюционной физиологии, посвящённые памяти академика Л. А. Орбели и 60-летию Института эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова РАН : сб. материалов. — СПб. : ВВМ, 2016. — С. 43.
6. Галочкин, В. А. Межсистемные связи иммунитета, нейроэндокринной регуляции и факторов питания в свете концепции общего иммунофизиологического контроля резистентности / В. А. Галочкин, В. П. Галочкина, А. В. Агафонова, Г. Г. Черепанов // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2016. — № 3. — С. 24–46.
7. Галочкин, В. А. Взаимосвязь нервной, иммунной, эндокринной систем и факторов питания в регуляции резистентности и продуктивности животных (обзор) / В. А. Галочкин, К. С. Остренко, В. П. Галочкина, Л. М. Фёдорова // Сельскохозяйств. биология. — 2018. — Т. 53, № 4. — С. 673–686. — doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.673rus; doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.673eng.
8. Гаркави, Л. Х. Роль синхронизации и резонансных явлений в управлении гомеостазом организма / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина // Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем: [По материалам семинаров / Ю. М. Горский, В. И. Астафьев, В. П. Казначеев и др.] ; отв. ред. Ю. М. Горский ; АН СССР, Всесоюзный семинар «Гомеостатика живых и технических систем». — Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1990. — С. 163–179.
9. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций / П. Гленсдорф, И. Пригожин ; пер. с англ. Н. В. Вдовиченко, В. А. Онищука / под ред. Ю. А. Чизмадзева. — М. : Мир, 1973. — 280 с.
10. Горизонтов, П. Д. Гомеостаз / П. Д. Горизонтов. — М. : Медицина, 1981. — 576 с.
11. Горский, Ю. М. Гомеостатика: модели, свойства, патологии / Ю. М. Горский // Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем: [По материалам семинаров / Ю. М. Горский, В. И. Астафьев, В. П. Казначеев и др.] ; отв. ред. Ю. М. Горский ; АН СССР, Всесоюзный семинар «Гомеостатика живых и технических систем». — Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1990. — С. 20–67.
12. Дильман, В. М. Большие биологические часы. Введение в интегральную медицину / В. М. Дильман. — М. : Знание, 1986. — 256 с.
13. Казначеев, В. П. Проблемы гомеостаза в свете теории общей патологии и адаптации человека / В. П. Казначеев // Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем: [По материалам семинаров / Ю. М. Горский, В. И. Астафьев, В. П. Казначеев и др.] ; отв. ред. Ю. М. Горский ; АН СССР, Всесоюзный семинар «Гомеостатика живых и технических систем». — Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1990. — С. 9–19.
14. Козлова, С. В. Морфофункциональное состояние надпочечников цыплят-бройлеров при различных способах содержания / С. В. Козлова, К. А. Сидорова, Н. А. Татарникова, Н. А. Череменина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2017. — № 134. — С. 1106–1116. — doi: 10.21515/1990-4665-134-090.

15. Колесник, Е. А. Алгоритм анализа системообразующих элементов факторной модели гуморальной регуляции метаболизма бройлерных кур / Е. А. Колесник // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. — 2017. — № 1. — С. 69–75.
16. Колесник, Е. А. Об участии холестерина, прогестерона, кортизола и липопротеинов в возрастных изменениях обмена веществ у цыплят-бройлеров промышленного кросса / Е. А. Колесник, М. А. Дерхо // Сельскохозяйственная биология. — 2017. — Т. 52, № 4. — С. 749–756. — doi: 10.15389/agrobiology.2017.4.749rus; doi: 10.15389/agrobiology.2017.4.749eng.
17. Колесник, Е. А. Об участии гипофизарно-адренкортикальных гормонов в регуляции клеточного пула крови у цыплят-бройлеров / Е. А. Колесник, М. А. Дерхо // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2018. — № 1. — С. 64–74. — doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64-74.
18. Колесник, Е. А. Иммунный катионный белок нейтрофилов как фактор неспецифической резистентности и физиологической основы для разработки пробиотиков / Е. А. Колесник, М. А. Дерхо // Микробные технологии в птицеводстве и животноводстве : сб. тез. Всероссийской научно-практической конференции / Институт Фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет». — Казань : Изд-во Казанского университета, 2018. — С. 18. — URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/213464677/>.
19. Микаелян, К. П. Автономная нервная система и система кровообращения — гомеостаз и гомеокинез при хирургических вмешательствах на позвоночнике / К. П. Микаелян, А. Ю. Зайцев, В. А. Светлов, В. А. Гурьянов, К. В. Дубровин // Анестезиология и реаниматология. — 2012. — № 3. — С. 41–44.
20. Моделирование физиологических систем организма / В. И. Шумаков, В. Н. Новосельцев, М. П. Сахаров, Е. Ш. Штенгольд ; под ред. Б. В. Петровского. — М. : Медицина, 1971. — 352 с.
21. Моисеева, Н. И. Закономерности гомеостатической регуляции в живых системах / Н. И. Моисеева // Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем: [По материалам семинаров / Ю. М. Горский, В. И. Астафьев, В. П. Казначеев и др.]; Отв. ред. Ю. М. Горский; АН СССР, Всесоюзный семинар «Гомеостатика живых и технических систем». — Новосибирск : Наука : Сиб. отделение, 1990. — С. 123–141.
22. Николис, Г. Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации / Г. Николис, И. Пригожин ; пер. с англ. В. Ф. Пастушенко ; под ред. Ю. А. Чизмаджева. — М. : Мир, 1979. — 512 с.
23. Новосельцев, В. Н. Теория управления и биосистемы. Анализ сохранительных свойств / В. Н. Новосельцев. — М. : Наука, 1978. — 320 с.
24. Осипов, А. И. Энтропия и её роль в науке / А. И. Осипов, А. В. Уваров // Соросовский образовательный журнал. — 2004. — Т. 8, № 1. — С. 70–79.
25. Панин, Л. Е. Детерминантные системы в физике, химии, биологии : монография / Л. Е. Панин. — Новосибирск : Сиб. университет. изд-во, 2017. — 202 с.
26. Пригожин, И. Философия нестабильности / И. Пригожин // Вопросы философии. — 1991. — № 6. — С. 46–57.
27. Рубин, А. Б. Термодинамика биологических процессов / А. Б. Рубин // Соросовский образовательный журнал. — 1998. — № 10. — С. 77–83.
28. Саввин, В. Н. Использование подходов термодинамики при оценке состояния живой системы / В. Н. Саввин, О. Л. Короткова, Г. П. Шишкин // Вятский медицинский вестник. — 2017. — Т. 54, № 2. — С. 40–44.
29. Сараев, И. А. Новые возможности диагностики на основе анализа нелинейных свойств гомеокинеза / И. А. Сараев, В. М. Довгаль // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». — 2005. — № 2. — С. 64–74.
30. Тринчер, К. С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики / К. С. Тринчер. — М. : Наука, 1965. — 119 с.
31. Филаретов, А. А. Адаптация как функция гипофизарно-адренкортикальной системы / А. А. Филаретов, Т. Т. Подвигина, Л. П. Филаретова. — СПб. : Наука, 1994. — 131 с.
32. Baffy, G. Complexity and network dynamics in physiological adaptation: An integrated view / G. Baffy, J. Loscalzo // Physiology & Behavior. — 2014. — Vol. 131. — P. 49–56. — doi: 10.1016/j.physbeh.2014.04.018.

33. Butt, A. H. A Study on the Development of a Cardiac Structure of the Baby Chicken in Defferent Phases / A. H. Butt, M. Awais, M. Ahmed // *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. — 2018. — Vol. 05, no. 08. — P. 8019–8024. — <http://www.iajps.com>.
34. Bykhovsky, A. I. The Negentropy Principle of Information and Some Problems in Bioenergetics / A. I. Bykhovsky // *Mathematical Biosciences*. — 1968. — Vol. 3. — P. 353–370. — doi: 10.1016/0025-5564(68)90091-6.
35. Crofts, A. R. Life, Information, Entropy, and Time: Vehicles for Semantic Inheritance / A. R. Crofts // *Complexity*. — 2007. — Vol. 13, no. 1. — P. 14–50. — doi: 10.1002/cplx.20180.
36. Der, R. Artificial life from the principle of homeokinesis / R. Der // In: 8th German Workshop on Artificial Life (GWAL-8). GWAL-8 will take place in Leipzig, 30 July (7pm) — 1 August (4pm), 2008. — Leipzig : GWAL Publ., 2008. — P. 1–12. — URL: https://pdfs.semanticscholar.org/e86f/05ee58b2981abc0a1de43de411415cdfd2c2.pdf?_ga=2.6474290.1849828812.1548252073-2010135291.1548252073.
37. Der, R. Homeokinesis — A new principle to back up evolution with learning / R. Der, U. Steinmetz, F. Pasemann // Mohammadian, M. (Ed.), *Computational Intelligence for Modelling, Control, and Automation, Concurrent Systems Engineering Series Vol. 55*, IOS Press, pp. 43–47. (Proceedings, CIMCA'99, Vienna, February 17–19, 1999). — Vienna: CIMCA Publ., 1999. — P. 1–7. — <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.557.9198&rep=rep1&type=pdf>.
38. Donnik, I. M. Molecular–Genetic and Immunobiochemical Markers in Assessing the Health of Agricultural Animals / I. M. Donnik, I. A. Shkuratova // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. — 2017. — Vol. 87, no. 2. — P. 139–142. — doi: 10.1134/S1019331617020095.
39. Goldstein, D. S. Evolution of concepts of stress / D. S. Goldstein, I. J. Kopin // *Stress*. — 2007. — Vol. 10 (2). — P. 109–120. — doi: 10.1080/10253890701288935.
40. Herron, L. R. A chicken bioreactor for efficient production of functional cytokines / L. R. Herron, C. Pridans, M. L. Turnbull, N. Smith, S. Lillico, A. Sherman, H. J. Gilhooley, M. Wear, D. Kurian, G. Papadakos, P. Digard, D. A. Hume, A. C. Gill, H. M. Sang // *BMC Biotechnology*. — 2018. — Vol. 18, no. (1), 82. — P. 1–12. — doi: 10.1186/s12896-018-0495-1.
41. Houck, P. D. Should negative entropy be included in the fundamental laws of biology? / P. D. Houck // *OA Biology*. — 2014. — Vol. 2, no. 1. — P. 1–7.
42. Iberall, A. S. Homeokinesis — The Organizing Principle of Complex Living Systems / A. S. Iberall, W. S. McCulloch // *International Federation of Automatic Control (IFAC) Conference on Technical and Biological Problems of Control — A Cybernetic View*, Yerevan, Armenia, September 24–28, 1968, Yerevan: IFAC. Published by Elsevier Ltd., 1968. — Vol. 2, iss. 4. — P. 39–50. — doi: 10.1016/S1474-6670(17)68837-2.
43. Kaltenbach, J. C. Endocrine Aspects of Homeostasis / J. C. Kaltenbach // *American Zoologists*. — 1988. — Vol. 28, no. 2. — P. 761–773. — <https://www.jstor.org/stable/3883302>.
44. Kane, V. Metabolic Basis of Complex Adaptive Systems. A generative theory / V. Kane // *The Computational Social Science Society of the Americas (CSSSA)*, Santa Fe, New Mexico, November 17–20, 2016. — Santa Fe, New Mexico: CSSSA Publ., 2016. — P. 1–19. — http://computationsocialscience.org/wp-content/uploads/2016/11/CSSSA_2016_paper_29.pdf.
45. Nicholls, D. G. Bioenergetics, 3rd edition / D. G. Nicholls, S. J. Ferguson. — London — San Diego, California: Academic Press. An imprint of Elsevier Science Ltd., 2002. — 320 p. — doi: 10.1016/B978-0-12-518121-1.X5000-3.
46. Preiser, J.-C. The Stress Response of Critical Illness: Metabolic and Hormonal Aspects / J.-C. Preiser (Ed.). — Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London : Springer International Publishing Switzerland, 2016. — 245 p. — doi: 10.1007/978-3-319-27687-8.
47. Resnyk, C. W. Transcriptional analysis of abdominal fat in chickens divergently selected on bodyweight at two ages reveals novel mechanisms controlling adiposity: validating visceral adipose tissue as a dynamic endocrine and metabolic organ / C. W. Resnyk, W. Carre, X. Wang, T. E. Porter, J. Simon, E. Le Bihan-Duval, M. J. Duclos, S. E. Aggrey, L. A. Coghurn // *BMC Genomics*. — 2017. — Vol. 18, no. (1): 626. — P. 1–31. — doi: 10.1186/s12864-017-4035-5.
48. Russell, G. The human stress response / G. Russell, S. Lightman // *Nature Reviews Endocrinology*. — 2019. — V. 15. — P. 525–534. — doi: 10.1038/s41574-019-0228-0.
49. Song, Z. The endocrine control of energy homeostasis in chickens / Z. Song, N. Everaert, Y. Wang,

E. Decuypere, J. Buyse // *General and Comparative Endocrinology*. — 2013. — Vol. 190. — P. 112–117. — PMID: 23707377; doi: 10.1016/j.ygcen.2013.05.006.

50. Torday, J. S. Homeostasis as the Mechanism of Evolution / J. S. Torday // *Biology*. — 2015. — Vol. 4. — P. 573–590. — doi: 10.3390/biology4030573.

Сведения об авторах

Колесник Евгений Анатольевич — кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и клинической патологии факультета фундаментальной медицины Челябинского государственного университета, Челябинск, Россия. evgeniy251082@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2326-651X>

Дерхо Марина Аркадьевна — доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой естественно-научных дисциплин Института ветеринарной медицины Южно-Уральского государственного аграрного университета, Троицк, Челябинской область, Россия. derkho2010@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Bulletin of Chelyabinsk State University.

Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 15–30.

TO THE PROBLEM OF PHYSIOLOGICAL ADAPTIVE HOMEOSTASIS IN THE MODEL OF THE ORGANISM OF WARM-BLOODED ANIMALS (a review)

E.A. Kolesnik

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia. evgeniy251082@mail.ru

M.A. Derkho

South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk Region, Russia. derkho2010@yandex.ru

The purpose of the work is a review theoretical description of some biophysical mechanisms of physiological adaptation of homeostasis of a homoiothermal animal in relation to the conditions of the environment of vital activity. Erwin Schrödinger, for the first time, described negentropy as the leading criterion for distinguishing a living system from a non-living. It was figuratively noted that the biosystem «feeds on negative entropy», attracting the flow of negentropy (negative entropy) to itself (metabolism), which it produces (anabolism and catabolism) and thus maintains itself at a stationary and rather low level of entropy (that is — positive entropy). It is known that the production of entropy per unit mass per unit of time (measured by metabolism) increases during the first period of ontogenesis, reaching a maximum value of the entropy value, and then begins to decrease, reaching a stationary value. Thus, the cyclical of the entropy values, with periods of peak values and stabilization, in the processes of neonatal growth and development of the organism was established. Accordingly, in a based of the homeostasis of development of the organism, that is, its thermodynamic characteristics, a some «stationary non-equilibrium state» is realized, uncritical deviations from homeostasis may be beneficial to the biosystem, in the long term, in the targets to of further preserve vital activity. Accentuated, the predominance of anabolism, in the initial periods of growth and development is emphasized due to the negentropic role of nonspecific adaptation reactions, reflected in the «homeostatic curve», or in the so-called systemic nonlinear fluctuating structures (oscillators) in the theory of homeokinesis, as oscillation of physiological resources. Including, by changing the nature of the dynamics of the content of plastic and humoral substances in the blood plasma of the organism of an animal. These regulatory adaptive reactions form their own system of homeostasis restoration — a homeoeresis, based on the laws of thermodynamics. The first law of thermodynamics, as a result, determines the growth and development of the organism, expressed in a complex of physiological functions through heat (ΔQ) — as an indicator of work realization (ΔA), that is, vital functions of organ systems and of the holistic organism in ontogenesis, respectively, provided by internal energy (ΔU) or otherwise, a summation of energy processes. At the same time, the second law of thermodynamics characterizes and determines the instability of heat — by the presented of entropy (ΔS), as the main quality of the living system. Consequently, the instability itself, or otherwise the thermodynamic probability of entropy (W), allows the internal environment of the organism, noting, as an allegory, to select the necessary «keys» to the «open a lock», that is, to adapt to the factors of the environment of vital activity. Accordingly, survive and form adaptations in each subsequent physiological period, which are based on nonspecific adaptive reactions

established in the previous physiological period, that is, to realize adaptive homeostasis in ontogenesis. A conclusion was made. From the biophysical and physiological position, the vital activity of a warm-blooded animal is a combination of cyclical adaptive, and irreversible phenomena associated with senile processes. In other words, a set of transformations (entropy-negentropy processes) of the state of the internal environment, providing a stationary energy non-equilibrium of the organism with environmental factors. In this case, it is likely that the themselves energy and metabolism changes of the internal environment, during each physiological period, are trigger agents for adaptations of homeostasis in subsequent periods of the ontogeny of the animal.

Keywords: *thermodynamics of a biosystem, entropy and negentropy, regulation and adaptation, adaptive homeostasis, broiler chickens.*

References

1. Anokhin P.K. *Ocherki po fiziologii funkcional'nyh sistem* (Essays on the physiology of functional systems). Moscow, Meditsina Publ., 1975. 448 p. (In Russ.).
2. Anokhin P.K. *Kibernetika funktsional'nykh sistem: Izbrannye trudy* (Cybernetics of functional systems. Selected papers). Moscow, Meditsina Publ., 1998. 400 p. (In Russ.).
3. Bauer E.S. *Teoreticheskaya biologiya* (Theoretical Biology). Moscow, Leningrad, Vsesoyuznyy Institut Eksperimental'noj Mediciny (VIEHM) Publ., 1935. 206 p. (In Russ.).
4. Bril'kov A.V., Loginov Y.Y., Loginov I.A., Bril'kova E.V., Zolotov O.A., Dubich V.V. [Towards the physical principles of the biological evolution]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya — Advances in Current Natural Sciences*, 2012, no. 2, pp. 53–59. (In Russ.).
5. Gavrilov V.M. [Thermodynamics of endothermic animals and the development of endothermy in the evolution of birds]. In: *Pyatnadcatoe Vserossiyskoe Soveshchanie s mezhdunarodnym uchastiem i vos'maya SHkola po ehvolucionnoj fiziologii posvyashchennye pamyati akademika L. A. Orbeli i 60-letiyu Instituta ehvolucionnoj fiziologii i biohimii imeni I. M. Sechenova Rossiyskoj akademii nauk. Sbornik materialov. Sankt-Peterburg* (Fifteenth All-Russian Meeting with international participation and the eighth School on evolutionary physiology dedicated to the memory of academician L. A. Orbeli and the 60th anniversary of the Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry named after I. M. Sechenov Russian Academy of Sciences. Collection of materials. St. Petersburg). St.-Peterburg, 2016. P. 43. (In Russ.).
6. Galochkin V.A., Galochkina V.P., Agafonova A.V., Chrepanov G.G. [System interrelationships between immunity, neuroendocrine regulation and nutritional factors in the light of the concept of general immunophysiological control of resistance]. *Problemy biologii productivnykh zhivotnykh — Problems of Productive Animal Biology*, 2016, no. 3, pp. 24–46. (In Russ.).
7. Galochkin V.A., Ostrenko K.S., Galochkina V.P., Fedorova L.M. [Interrelation of nervous, immune, endocrine systems and nutritional factors in the regulation of animal resistance and productivity (review)]. *Sel'skokhosyaistvennaya biologiya — Agricultural Biology*, 2018, no. 53 (4), pp. 673–686. — doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.673rus; doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.673eng.
8. Garkavi L.Kh., Kvakina E.B. [The role of synchronization and resonance phenomena in the management of the homeostasis of the organism]. In: *Gomeostatika zhivyyh, tekhnicheskikh, social'nyh i ehkologicheskikh sistem: [Po materialam seminarov]* (Homeostatics of living, technical, social and ecological systems: [Based on seminars]). Ed. by Yu.M. Gorsky; USSR Academy of Sciences, All-Union seminar “Homeostatics of living and technical systems”. Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe otdelenie Publ., 1990. P. 163–179. (In Russ.).
9. Glensdorf P., Prigogine I. *Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustojchivosti i fluktuacij* (Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations). Moscow, Mir Publ., 1973. 280 p. (In Russ.).
10. Gorizontov P.D. *Gomeostaz* (Homeostasis). Moscow, Meditsina Publ., 1981. 576 p. (In Russ.).
11. Gorsky Yu.M. [Homeostatics: models, properties, pathologies]. In: *Gomeostatika zhivyyh, tekhnicheskikh, social'nyh i ehkologicheskikh sistem: [Po materialam seminarov]* (Homeostatics of living, technical, social and ecological systems: [Based on seminars]). Ed. ed. Yu. M. Gorsky; USSR Academy of Sciences, All-Union seminar “Homeostatics of living and technical systems”. Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe otdelenie Publ., 1990. P. 20–67. (In Russ.).
12. Dilman V.M. *Bol'shiye biologicheskie chasy. Vvedenie v integral'nuyu medicinu* (Great biological clock. Introduction to integral medicine). Moscow, Znanie Publ., 1986. 256 p. (In Russ.).

13. Kaznacheev V.P. [Problems of homeostasis in the light of the theory of general pathology and human adaptation]. In: *Gomeostatika zhivyyh, tekhnicheskikh, social'nyh i ehkologicheskikh sistem: [Po materialam seminarov]* (Homeostatics of living, technical, social and ecological systems: [Based on seminars]). Ed. ed. Yu. M. Gorsky; USSR Academy of Sciences, All-Union seminar "Homeostatics of living and technical systems". Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe otdelenie Publ., 1990. P. 9–19. (In Russ.).
14. Kozlova S.V., Sidorova C.A., Tatarnikova N.A., Cheremenina N.A. [Morpho-functional state of broiler chickens adrenal capsules under different methods of management]. *Politematicheskij setevoj ehlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta — Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2017, no. 134, p. 1106–1116. doi: 10.21515/1990-4665-134-090. (In Russ.).
15. Kolesnik E.A. [Algorithm of the analysis of elements constituting the factor model of the humoral regulation of the metabolism in broiler chicken]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ehkologiya — Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology*, 2017, no. 1, pp. 69–75. (In Russ.).
16. Kolesnik E.A., Derkho M.A. [Involvement of cholesterol, progesterone, cortisol and lipoproteins in metabolic changes during early ontogenesis of broiler chicks of an industrial cross]. *Sel'skokhosyaistvennaya biologiya — Agricultural Biology*, 2017, no. 52 (4), pp. 749–756. doi: 10.15389/agrobiology.2017.4.749rus; doi: 10.15389/agrobiology.2017.4.749eng.
17. Kolesnik E.A., Derkho M.A. [About participation of pituitary-adrenocortical hormones in regulation of blood cellular pool in chicken-broilers]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh — Problems of Productive Animal Biology*, 2018, no. 1, pp. 64–74. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64-74. (In Russ.).
18. Kolesnik E.A., Derkho M.A. [Immune cationic protein of neutrophils as a factor of nonspecific resistance and physiological basis for the development of probiotics]. In: *Mikrobnnye tekhnologii v pticevodstve i zhivotnovodstve: sbornik tezisov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (Microbial technologies in poultry farming and animal husbandry: a collection of abstracts of the All-Russian Scientific and Practical Conference). Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University. Kazan, Kazanskiy universitet Publ., 2018. P. 18. doi: 10.6084/m9.figshare.13298858.v1.
19. Mikaelyan K.P., Zaytsev A.Yu., Svetlov V.A., Guryanov V.A., Dubrovin K.V. [The autonomous nervous system and circulatory system — homeostasis and homeokinesis during spine surgery]. *Anesteziologiya i Reanimatologiya — Russian journal of Anaesthesiology and Reanimatology*, 2012, no. 3, pp. 41–44. (In Russ.).
20. *Modelirovanie fiziologicheskikh sistem organizma* (Modeling the physiological systems of the organism). V.I. Shumakov, V.N. Novoseltsev, M.P. Sakharov, E.Sh. Shtengold; Ed. B. V. Petrovsky. Moscow, Meditsina Publ., 1971. 352 p. (In Russ.).
21. Moiseeva N.I. [Regularities of homeostatic regulation in living systems]. In: *Gomeostatika zhivyyh, tekhnicheskikh, social'nyh i ehkologicheskikh sistem: [Po materialam seminarov]* (Homeostatics of living, technical, social and ecological systems: [Based on seminars]). Ed. ed. Yu. M. Gorsky; USSR Academy of Sciences, All-Union seminar "Homeostatics of living and technical systems". Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe otdelenie Publ., 1990. P. 123–141. (In Russ.).
22. Nikolis G., Prigogine I. *Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemah. Ot dissipativnykh struktur k uporyadochennosti cherez fluktuatsii* (Self-organization in non-equilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations). Moscow, Mir Publ., 1979. 512 p. (In Russ.).
23. Novoseltsev V.N. *Teoriya upravleniya i biosistemy. Analiz sohranitel'nykh svoystv* (Management theory and biosystems. Analysis of preservation properties). Moscow, Nauka Publ., 1978. 320 p. (In Russ.).
24. Osipov A.I., Uvarov A.V. [Entropy and its role in science]. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal — Soros Educational Journal*, 2004, no. 8(1), pp. 70–79. (In Russ.).
25. Panin L.E. *Determinantnye sistemy v fizike, himii, biologii: monografiya* (Determinant systems in physics, chemistry, biology: monograph). Novosibirsk, Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo Publ., 2017. 202 p. (In Russ.).
26. Prigogine I. [Philosophy of Instability]. *Voprosy Filosofii — Russian Studies in Philosophy*, 1991, no. 6, pp. 46–57. (In Russ.).
27. Rubin A.B. [Thermodynamics of biological processes]. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal — Soros Educational Journal*, 1998, no. 10, pp. 77–83. (In Russ.).

28. Savvin V.N., Korotkova O.L., Shishkin G.P. [The use of thermodynamics approaches in the living system state estimation]. *Vyatskij medicinskij vestnik — Medical Newsletter of Vyatka*, 2017, no. 54 (2), pp. 40–44. (In Russ.).
29. Saraev I.A., Dovgal' V.M. [New opportunities in diagnostics on the basis of homeokinesis non-linear characteristics analysis]. *Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik "Chelovek i ego zdorov'e" — Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"*, 2005, no. 2, pp. 64–74. (In Russ.).
30. Trincher K.S. *Biologiya i informaciya. Ehlementy biologicheskoy termodinamiki* (Biology and information. Elements of biological thermodynamics). Moscow, Nauka Publ., 1965. 119 p. (In Russ.).
31. Filaretov A.A., Podvigina T.T., Filaretova L.P. *Adaptatsiya kak funktsiya gipofizarno-adrenokortikal'noi sistemy* (Adaptation as a function of the pituitary-adrenocortical system). St. Petersburg, Nauka Publ., 1994. 131 p. (In Russ.).
32. Baffy G. General Adaptation Syndrome. Encyclopedia of Personality and Individual Differences. V. Zeigler-Hill, T. K. Shackelford (eds.). Dordrecht, Netherlands: Springer International Publishing AG (outside the USA), 2017. 920 p. doi: 10.1007/978-3-319-28099-8_753-1.
33. Butt A.H., Awais M., Ahmed M. A Study on the Development of a Cardiac Structure of the Baby Chicken in Defferent Phases. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2018, no. 05(08), pp. 8019–8024. Available at: <http://www.iajps.com>.
34. Bykhovsky A.I. The Negentropy Principle of Information and Some Problems in Bioenergetics. *Mathematical Biosciences*, 1968, no. 3, pp. 353–370. doi: 10.1016/0025-5564(68)90091-6.
35. Crofts A.R. Life, Information, Entropy, and Time: Vehicles for Semantic Inheritance. *Complexity*, 2007, no. 13(1), pp. 14–50. doi: 10.1002/cplx.20180.
36. Der R. Artificial life from the principle of homeokinesis. In: *8th German Workshop on Artificial Life (GWAL-8). GWAL-8 will take place in Leipzig, 30 July (7pm) — 1 August (4pm), 2008*. Leipzig: GWAL Publ., 2008, P. 1–12. Available at: https://pdfs.semanticscholar.org/e86f/05ee58b2981abc0a1de43de411415cdfd2c2.pdf?_ga=2.6474290.1849828812.1548252073-2010135291.1548252073.
37. Der R., Steinmetz U., Pasemann F. Homeokinesis — A new principle to back up evolution with learning. In: *Mohammadian, M. (Ed.), Computational Intelligence for Modelling, Control, and Automation, Concurrent Systems Engineering Series Vol. 55, IOS Press, pp. 43–47. (Proceedings, CIMCA'99, Vienna, February 17–19, 1999)*. Vienna: CIMCA Publ., 1999, P. 1–7. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.557.9198&rep=rep1&type=pdf>.
38. Donnik I.M., Shkuratova I.A. Molecular–Genetic and Immunobiochemical Markers in Assessing the Health of Agricultural Animals. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2017, no. 87(2), pp. 139–142. doi: 10.1134/S1019331617020095.
39. Goldstein D.S., Kopin I.J. Evolution of concepts of stress. *Stress*, 2007, Vol. 10 (2), pp. 109–120. doi: 10.1080/10253890701288935.
40. Herron L.R., Pridans C., Turnbull M.L., Smith N., Lillico S., Sherman A., Gilhooley H.J., Wear M., Kurian D., Papadacos G., Digard P., Hume D.A., Gill A.C., Sang H.M. A chicken bioreactor for efficient production of functional cytokines. *BMC Biotechnology*, 2018, no. 18(1), 82, pp. 1–12. doi: 10.1186/s12896-018-0495-1.
41. Houck P.D. Should negative entropy be included in the fundamental laws of biology? *OA Biology*, 2014, no. 2(1), pp. 1–7.
42. Iberall A.S., McCulloch W.S. Homeokinesis — The Organizing Principle of Complex Living Systems. In: *International Federation of Automatic Control (IFAC) Conference on Technical and Biological Problems of Control — A Cybernetic View, Yerevan, Armenia, September 24–28, 1968, Yerevan*. Yerevan: IFAC. Published by Elsevier Ltd., 1968, no. 2 (4), pp. 39–50. doi: 10.1016/S1474-6670(17)68837-2.
43. Kaltenbach J.C. Endocrine Aspects of Homeostasis. *American Zoologists*, 1988, no. 28 (2), pp. 761–773. Available at: <https://www.jstor.org/stable/3883302>.
44. Kane V. Metabolic Basis of Complex Adaptive Systems. A generative theory. In: *The Computational Social Science Society of the Americas (CSSSA), Santa Fe, New Mexico, November 17–20, 2016*. Santa Fe, New Mexico: CSSSA Publ., 2016. P. 1–19. Available at: http://computationsocialscience.org/wp-content/uploads/2016/11/CSSSA_2016_paper_29.pdf.
45. Nicholls D.G., Ferguson S.J. *Bioenergetics*. 3rd ed. London, San Diego, California, Academic Press. An imprint of Elsevier Science Ltd., 2002. 320 p. doi: 10.1016/B978-0-12-518121-1.X5000-3.

46. Preiser J.-C. (Ed.). *The Stress Response of Critical Illness: Metabolic and Hormonal Aspects*. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer International Publishing Switzerland, 2016. 245 p. doi: 10.1007/978-3-319-27687-8.
47. Resnyk C.W., Carre W., Wang X., Porter T.E., Simon J., Le Bihan-Duval E., Duclos M.J., Aggrey S.E., Cogburn L.A. Transcriptional analysis of abdominal fat in chickens divergently selected on bodyweight at two ages reveals novel mechanisms controlling adiposity: validating visceral adipose tissue as a dynamic endocrine and metabolic organ. *BMC Genomics*, 2017, vol. 18 (1), no. 626, pp. 1–31. doi: 10.1186/s12864-017-4035-5.
48. Russell G., Lightman S. The human stress response. *Nature Reviews Endocrinology*, 2019, vol. 15, pp. 525–534. doi: 10.1038/s41574-019-0228-0.
49. Song Z., Everaert N., Wang Y., Decuypere E., Buyse J. The endocrine control of energy homeostasis in chickens. *General and Comparative Endocrinology*, 2013, no. 190, pp. 112–117. PMID: 23707377; doi: 10.1016/j.ygcen.2013.05.006.
50. Torday J.S. Homeostasis as the Mechanism of Evolution. *Biology*, 2015, no. 4, pp 573–590. doi: 10.3390/biology4030573.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

EXPERIMENTAL CONTENT

Вестник Челябинского государственного университета.
Образование и здравоохранение. 2020. № 4 (12). С. 31–38.

УДК 577.2
ББК 28.070

DOI: 10.24411/2409-4102-2020-10403

ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ MAO-A И СОДЕРЖАНИЯ МОНОАМИНОВ — НЕЙРОТРАНСМИТТЕРОВ В ОТДАЛЁННОМ ПЕРИОДЕ ПОСТСТРЕССОРНОЙ И СТЕРОИД-ИНДУЦИРОВАННОЙ ИНВОЛЮЦИИ НАДПОЧЕЧНИКОВ

М. С. Лапшин¹, В. Э. Цейликман¹, В. И. Павлова², М. В. Кондашевская³,
О. Б. Цейликман⁴, А. П. Саранульцев⁵, М. И. Губайдуллин⁶, И. А. Андриевских⁴

¹ Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет),
Челябинск, Россия

² Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия

³ Научно-исследовательский институт морфологии человека РАН, Москва, Россия

⁴ Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

⁵ Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

⁶ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

Одним из наиболее распространённых видов посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) является комплексное посттравматическое стрессовое расстройство, которое чаще всего наступает вслед за хроническим стрессом или повторными неблагоприятными событиями, такими как рабство, геноцид, длительное домашнее насилие или повторное детское сексуальное или физическое насилие. При этом комплексное ПТСР сопровождается различными осложнениями внутренних органов, среди которых наиболее часто встречается надпочечниковая дисфункция. В свою очередь, уникальность предложенной нами экспериментальной модели ПТСР состоит в том, что она характеризовалась снижением уровня кортикостерона как в крови, так и в самих надпочечниках, между тем в большинстве экспериментальных моделях ПТСР уровень кортикостерона резко повышался. Целью данного исследования являлось изучение соотношения между уровнем активности моноаминоксидазы-A (MAO-A) и содержанием норадреналина, дофамина и серотонина через 14 суток после введения высокой дозы триамцинолона ацетонида (ТА). Посттравматические стрессорные расстройства моделировали у крыс линии Вистар запахом хищника (моча кошки). Стероид-индуцированную инволюцию надпочечников моделировали путём введения животным однократного пролонгированного глюкокортикоидного препарата триамцинолон ацетонид. Уровень кортикостерона определяли в надпочечниках и плазме крови. Содержание биогенных аминов и активность базального MAO-A определяли в головном мозге. Сопоставление ятрогенной и постстрессорной надпочечниковой недостаточности подтверждает, что именно глюкокортикоиды играют ключевую роль в стресс-реализующих механизмах и что при снижении глюкокортикоидов меняется нейрохимический профиль, связанный с ростом тревожно-депрессивных расстройств.

Ключевые слова: комплексное ПТСР, мозг, биогенные амины, MAO-A, триамцинолон ацетонид, кортикостерон.

В современном мире количество военных и насильственных противоправных действий, стихийных бедствий и других опасных для жизни катастрофических событий, которые могут психологически травмировать людей, неуклонно растёт. Это приводит к увеличению количества тревожных расстройств, например, посттравматического стрессового расстройства, которое возникает как отсроченная реакция на психотравмирующее событие [4; 5; 17; 19; 20]. При этом у больных ПТСР

отмечено снижение уровня кортизола — гормона коры надпочечников, который играет ключевую роль в подготовке организма к будущим стрессорным событиям, что, собственно говоря, лежит в основе его препаративной функции [18; 20; 21]. Среди разновидностей ПТСР особую позицию занимает осложнённый ПТСР, или Complex PTSD, включённый в МКБ-11 в качестве отдельного диагноза [9; 13]. В отличие от «классического ПТСР» он вызван хроническим стрессом и сопровождается различ-

ными нарушениями функций внутренних органов. Развитие ПТСР часто сопровождается признаками надпочечниковой дисфункции, как это было продемонстрировано в работах D. Ragu Varman [12], и которая воспроизводится в нашей модели хронического стресса [8; 15; 16]. Одна из основных особенностей нашей модели заключается в том, что количество ежедневных эпизодов стресса увеличилось до 10, что позволило воспроизвести симптоматику ПТСР после хронического стресса. Уникальность предложенной нами модели состоит в том, что она характеризуется сниженным уровнем кортикостерона как в крови, так и в самих надпочечниках, в то время как большинство общепринятых моделей характеризуются резким повышением уровня глюкокортикоидов. Так, в экспериментальных моделях ПТСР при низкоинтенсивном воздействии — двухкратной экспозиции крыс запахом хищника — было отмечено повышение уровня кортикостерона, которое сопровождалось гипертрофией надпочечников [18; 21; 22].

В предложенной нами модели хронического стресса выявлен низкий уровень кортикостерона и активности церебрального МАО-А [8; 15]. При этом МАО-А является одним из ключевых ферментов, опосредующих обмен биогенных аминов, таких как норадреналин. Важно отметить, что экспрессия МАО-А непосредственно регулируется глюкокортикоидами [4; 6]. Соответственно, характерные для экспериментального ПТСР сниженный уровень активности МАО-А и повышенный уровень норадреналина могут быть обусловлены сниженным уровнем содержания кортикостерона в крови и в надпочечниках.

Основываясь на нашей гипотезе о ключевой роли сниженной активности МАО-А в развитии ПТСР, мы создали феноменологическую математическую модель, которая иллюстрирует зависимость моноаминов-нейротрансмиттеров от уровня активности МАО-А, которая в свою очередь обусловлена положением глюкокортикоид-зависимой регуляции экспрессии МАО, и от связи гормонального эффекта от тканевого метаболизма [16].

В настоящее время широкое распространение в экспериментальных исследованиях получило введение экзогенных глюкокортикоидов, которые применяются с целью воспроизведения глюкокортикоид-зависимых эффектов стресса или для изучения регуляции по механизму обратной связи в пределах гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы [4; 5; 7]. Наибольшей популярностью в экспериментальных исследованиях пользуют-

ся экзогенные глюкокортикоиды — триамцинолон ацетонид (ТА). В основе терапевтических эффектов ТА лежит его противовоспалительное действие. Его основным побочным эффектом является надпочечниковая недостаточность, выражающаяся в низких концентрациях эндогенных глюкокортикоидов. Ранее было показано, что у крыс однократное подкожное введение ТА в концентрации 2 мг/кг приводит к инволюции надпочечников, сопровождавшейся сниженным уровнем кортикостерона. Более того, на поведенческом уровне побочным эффектом этой дозы ТА является повышенная тревожность [14].

В связи с этим возникает вопрос, насколько результаты, полученные при введении животным триамцинолона ацетонида, будут сопоставимы с полученными результатами стрессированных животных применительно к активности МАО-А и биогенным нейротрансмиттерам в отдаленный период. Поэтому целью данного исследования являлось изучение соотношения между уровнем активности МАО-А и содержанием норадреналина, дофамина и серотонина через 14 суток после введения высокой дозы ТА.

Материалы и методы. Исследование выполнено в осенне-зимний период на 80 половозрелых самцах крыс линии Вистар (массой 220–255 г), содержащихся в отдельных клетках по 10 особей.

Для моделирования ПТСР использовалась авторская модификация экспериментальной модели Cohen et al. (2012) [10; 11], воспроизводящая симптоматику ПТСР как следствие хронического стресса [15; 17].

Для моделирования ПТСР кошачья моча в количестве 100 мл устанавливалась на 10 мин ежедневно на протяжении 10 дней непосредственно в клетке лабораторных животных.

Экспериментальные животные были случайно разделены на 4 группы: 1) животные с предаторным стрессом (ПС); 2) животные, которым на фоне ПС однократно на 10-й день эксперимента осуществляли подкожное введение ТА в дозе 2 мг/кг и две группы контрольных животных: 3) для животных контрольной группы (1) ставилась чашка Петри с водой в количестве 100 мл на 10 мин ежедневно, на протяжении 10 дней; 4) животные контрольной группы (2) получали эквивалентное количество 0,9 % NaCl.

В качестве конечной точки эксперимента были выбраны 14-е сутки. Это связано с тем, что триамцинолон ацетонид имеет пролонгированное действие и его последствия возникают в отдален-

ный период, помимо этого, промежуточные точки (3-, 7- и 10-е сутки) после хронического предаторного стресса были представлены в более ранних работах [8; 15].

Уровень активности МАО-А и концентрацию нейротрансмиттеров определяли на 14-е сутки после завершения хронического предаторного стресса. Уровень кортикостерона определяли на 14-е сутки хронического предаторного стресса.

Активность МАО-А определяли в митохондриальных мембранах, при этом не производили солиubilизации и очистки фермента [2–5].

Определение содержания ДОФА, дофамина и норадреналина в гомогенатах головного мозга осуществляли методом колоночной хроматографии на флуориметре «Флюорат-02 АБЛФ-Т» (Россия) [4–7].

Содержание серотонина определяли флюориметрическим методом по реакции с офталевым диальдегидом [5].

Уровень кортикостерона в сыворотке крови определяли при помощи микропланшетного иммуноферментного анализатора «ANTHOS2010» (Австрия) с использованием иммуноферментных наборов («IBL» Германия). В ткани надпочечника уровень кортикостерона определяли спектрофлуориметрически [3].

Все экспериментальные процедуры проводили в соответствии с принципами Базельской декларации от 30 ноября 2010 г.

Для обработки результатов исследования использован пакет прикладных программ Statistica 8.0. Для парных сравнений экспериментальных групп применяли *U*-критерий Манна—Уитни. Данные выражены в виде \pm SEM. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05U$.

Результаты исследования. Установлено, что на 14-е сутки после предаторного стресса у группы (ПС) достоверно снизился уровень кортикостерона в надпочечниках по сравнению с контролем (1), при этом уровень кортикостерона в плазме при отсутствии достоверных различий имел тенденцию к снижению. Что касается группы животных (ТА), которым был введён триамцинолон ацетонид, то здесь наблюдается достоверное снижение кортикостерона как в надпочечниках, так и в плазме крови по сравнению с группой контроля (2) (таблица).

В этот же период после завершения хронического предаторного стресса нами отмечен сниженный уровень активности МАО-А, как у животных группы (ПС), так и у животных, получавших дозу триамцинолона ацетонида. При этом введение ТА сопровождалось достоверным увеличением содержания норадреналина в головном мозге по сравнению с контролем (2). В свою очередь у группы (ПС) отсутствовали достоверные изменения уровня норадреналина по отношению к группе контроля (1) (таблица).

Изменение уровня активности кортикостерона, МАО-А и нейротрансмиттеров в головном мозге у животных групп (ПС) и (ТА) на 14-е сутки после завершения воздействия ($M \pm m$)

Показатель	Контрольная группа (1)	Группа животных (ПС)	Контрольная группа (2)	Группа животных (ТА)
МАО-А, нмоль/мин/мг белка	3,97±0,26	1,4±0,14	1,99±0,45	0,87±0,25#
МАО-А (инд), нмоль/мин/мг белка	2,42±0,71	2,37±0,34	–	–
Норадреналин, мкг/г	0,25±0,08	0,3±0,09	0,31±0,12	0,92±0,24#
ДОФА, мкг/г	0,03±0,006	0,08±0,04	0,10±0,04	0,16±0,12
Дофамин, мкг/г	3,4±0,51	3,6±0,59	3,07±1,79	5,31±2,34#
Серотонин, мкг/г	–	–	1,8±0,26	1,13±0,23#
Кортикостерон, нмоль/л (в надпочечниках)	420,74±39,70	192,81±31,99*	144,21±10,91	64,90±33,63#
Кортикостерон, нмоль/л (в плазме)	397,76±83,82	120,53±15,80	324,71±84,80	104,68±27,58#

Примечание: * — статистически значимые отличия группы животных (ПС) от контрольной группы (1); # — статистически значимые отличия группы животных (ТА) от контрольной группы (2); $p < 0,05U$; ДОФА — ди-гидроксифенилаланин; МАО-А — моноаминоксидаза типа А.

Уровень серотонина и дофамина у группы (ПС) не имел достоверных различий по сравнению с контрольной группой (1). В свою очередь, введение триамцинолона ацетонида способствовало росту уровня дофамина и параллельному снижению уровня серотонина у группы (ТА) по сравнению с контролем (2). Статистически значимых различий по уровню ДОФА не выявлено ни у группы животных (ПС), ни у группы животных (ТА) (таблица).

Обсуждение результатов. Результаты исследований демонстрировали у животных группы (ТА) достоверное снижение уровня кортикостерона как в надпочечниках, так и в плазме крови по сравнению с показателями контрольной группы (2). При этом у животных группы (ПС) отмечено достоверное снижение уровня кортикостерона только в надпочечниках. Полученные нами данные согласуются с данными литературы, свидетельствующими, что при стрессе и ПТСР происходит нарушение отклика гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы, сопровождающееся снижением уровня кортикостерона и изменением числа и чувствительности рецепторов к данному гормону [18; 20].

Следует отметить, что и у группы ТА, и группы ПС наблюдалось достоверное снижение активности MAO-A на фоне увеличения содержания норадреналина. Активация системы синтеза и доставки норадреналина необходима для ответных реакций организма на стресс и адекватного процесса адаптации, в то же время дисрегуляция норадренэргической системы может изменить результат стрессового ответа в сторону патологических последствий, в частности, к формированию тревожности или депрессии.

Существенным моментом является то, что стероид-индуцированная инволюция надпочечников привела к снижению у животных на 14-е сутки уровня кортикостерона, MAO-A и одновременному росту содержания норадреналина, являющегося основным маркером тревожности. Это вполне согласуется с представленной нами ранее феноменологической математической моделью, иллюстрирующей зависимость циркуляции ней-

ротрансмиттеров от уровня MAO и от положения глюкокортикоид-зависимой регуляции экспрессии MAO [16].

Что касается содержания уровня серотонина в головном мозге, то у животных после хронического предаторного стресса он оставался без изменения, при этом у животных введение ТА привело к его достоверному снижению по сравнению с контролем. Нейротрансмиттер серотонин влияет на настроение, агрессию, возбуждение, беспокойство и когнитивные функции, помимо этого он может оказывать ингибирующее действие на нейроны норадреналина на уровне голубого пятна и снижать реакции страха и тревоги.

Сопоставление между собой ятрогенной и постстрессорной надпочечниковой недостаточности выявило определённые сходства нейрохимического профиля, а именно: прирост содержания норадреналина дофамина и ДОФА; снижение каталитической активности MAO-A.

Это свидетельствует о стереотипности изменений содержания моноаминов и активности MAO в условиях снижения функциональной активности надпочечников. Однако кинетика этих изменений имеет различный характер, что выражается в гомологичности изменений на 10-е сутки после завершения предаторного стресса и 14-е сутки после введения синтетического стероида.

Кроме того, результаты исследования при ятрогенной надпочечниковой недостаточности согласуются с данными нейрохимического профиля, полученными не в цельном мозге, а при рассмотрении различных отделов головного мозга на 14-е сутки после хронического предаторного стресса [15]: снижение уровня серотонина в гиппокампе; повышение уровня дофамина; повышение уровня норадреналина в гиппокампе и мозжечке.

Таким образом, поведенческие нарушения, возникающие при ПТСР, связаны с низким уровнем кортикостерона, который в свою очередь может приводить к изменению нейрохимического профиля, связанного с каталитической активностью MAO-A и уровнем нейротрансмиттеров, при этом кинетика этих изменений имеет различный характер.

Список литературы

1. Балашов, Ю. Г. Флюорометрический микрометод определения кортикостероидов: сравнение с другими методами / Ю. Г. Балашов // Физиол. журн. СССР. — № 12. — С. 280–283.
2. Горкин, В. З. Аминоксидазы и их значение в медицине. — М. : Медицина, 1981.
3. Камышников, В. С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / В. С. Камышников. — М. : МЕДпресс-информ, 2009. — 896 с.

4. Москвитина, Т. А. Физиологическое значение аминоксидаз и методы определения их активности / Т. А. Москвитина, Н. И. Соловьёва // Клиническая лабораторная диагностика. — 2011. — № 1. — С. 3.
5. Комелькова, М. В. О перспективе коррекции синдрома посттравматических стрессорных расстройств обогащенными ресвератролом продуктами питания / М. В. Комелькова, П. Н. Попков, Д. А. Попова, П. О. Платковский, М. С. Лапшин, В. Э. Цейликман // Вестник ЧелГУ. Серия Образование и здравоохранение. — 2019. — № 3–4 (7–8). — С. 9–14.
6. Лапшин, М. С. Глюкокортикоид-зависимая регуляция свободнорадикального окисления у конькобежцев / М. С. Лапшин, И. В. Резанович, Н. Я. Платунова, Е. А. Резанович, М. В. Комелькова // Вестник ЧелГУ. Серия Образование и здравоохранение. — 2019. — № 1–2 (5–6). — С. 11–15
7. Филаретова, Л. П. Влияние больших доз кортикостероидов на язвообразование желудка: Новая гипотеза / Л. П. Филаретова, А. А. Филаретов // Физиол. журн. им. И. М. Сеченова. — 1992. — Т. 78, № 10. — С. 77–83.
8. Цейликман, В. Э. Динамика изменения содержания ГАМК, катехоломинов и активности MAO-A при экспериментальном посттравматическом стрессовом расстройстве у крыс / В. Э. Цейликман, М. С. Лапшин, М. В. Комелькова [и др.] // Российский физиол. журнал им. И. М. Сеченова. — 2018. — Т. 104. — № 2. — С. 156–163.
9. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. — Fifth. — Arlington, VA : American Psychiatric Publishing. (DSM–V), 2013. P. 271–280.
10. Cohen, H. Animal model for PTSD: from clinical concept to translational research / H. Cohen, N. Kozlovsky, C. Alona [et al.] // Neuropharmacology. — 2012. — Т. 62, № 2. — P. 715–724.
11. Cohen, H. Gender differences in animal models of posttraumatic stress disorder / H. Cohen, R. Yehuda // Disease markers. — 2011. — Т. 30, № 2, 3. — P. 141–150.
12. Ragu, V. D. Environmental enrichment reduces anxiety by differentially activating serotonergic and neuropeptide Y (NPY)-ergic system in Indian field mouse (*Mus booduga*): an animal model of post-traumatic stress disorder / V. D. Ragu, K. E. Rajan // PLoS One. — 2015. — № 10 (5). — P. e0127945.
13. Reed, G. M. Innovations and changes in the ICD-11 classification of mental, behavioural and neurodevelopmental disorders / G. M. Reed, M. B. First, C. S. Kogan, et al. // World Psychiatry. — 2019. — № 18 (1). P. 3–19.
14. Schott, S. Secondary adrenal insufficiency after local injections of triamcinolone acetonide / S. Schott, G. Schnauder, K. Müssig // Dtsch. Med. Wochenschr. — 2009. — № 134 (7). — P. 298–301.
15. Tseilikman, V. Dynamics of Changes in GABA and Catecholamines Contents and MAO-A Activity in Experimental Post-Traumatic Stress Disorder in Rats / V. Tseilikman, M. Lapshin, M. Komelkova, O. Tseilikman, R. Deev, P. Popkov, P. Platkovskii // Neuroscience and Behavioral Physiology. — 2019. — Vol. 49, no. 6. — P. 754–758.
16. Tseilikman, V. Post-Traumatic Stress Disorder Chronification via Monoaminoxidase and Cortisol Metabolism / V. Tseilikman, E. Dremencov, E. Maslennikova, A. Ishmatova, E. Manukhina, H. Downey, I. Klebanov, O. Tseilikman, M. Komelkova, M. Lapshin, M. Vasilyeva, S. Bornstein, S. Perry, M. Wong, J. Licinio, R. Yehuda, E. Ullmann // Hormone and Metabolic Research. — 2019. — № 51 (9). — P. 618–622.
17. Tseylikman, V. High and low anxiety phenotypes in a rat model of complex post-traumatic stress disorder are associated with different alterations in regional brain monoamine neurotransmission / V. Tseilikman, M. Komelkova, M. Lapshin, A. Alliluev, O. Tseilikman, M. Karpenko, N. Pestereva, E. Manukhina, H. F. Downey, M. Kondashevskaya, A. Sarapultsev, E. Dremencov // Psychoneuroendocrinology. — 2020. — Vol. 117. — P. 6–9.
18. Wilson, C. B. Inflammation and oxidative stress are elevated in the brain, blood, and adrenal glands during the progression of post-traumatic stress disorder in a predator exposure animal model / C. B. Wilson, L. D. McLaughlin, A. Nair, P. J. Ebenezer, R. Dange, J. Francis // PLoS One. — 2013. — № 8 (10). — P. e76146.
19. Yehuda, R. Mini review: Stress-related psychiatric disorders with low cortisol levels: a metabolic hypothesis / R. Yehuda, J. Seckl // Endocrinology. — 2011. — № 152 (12). — P. 4496–4503.
20. Yehuda, R. The use of biomarkers in the military: From theory to practice / R. Yehuda, T. C. Neylan, J. D. Flory // Psychoneuroendocrinology. — 2013. — Т. 38, № 9. — P. 1912–1922.
21. Yehuda, R. Status of glucocorticoid alterations in post-traumatic stress disorder / R. Yehuda // Annals of the New York Academy of Sciences. — 2009. — P. 56–69.

22. Zoladz, P. R. Psychosocial animal model of PTSD produces a long-lasting traumatic memory, an increase in general anxiety and PTSD-like glucocorticoid abnormalities / P. R. Zoladz, M. Fleshner, D. M. Diamond // Psychoneuroendocrinology. — 2012. — № 37. P. 1531–1545.

Сведения об авторах

Лапшин Максим Сергеевич — кандидат биологических наук, доцент кафедры экономики труда и управления персоналом, старший научный сотрудник лаборатории перспективных исследований молекулярных механизмов стресса, заместитель директора Высшей медико-биологической школы Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, Россия. lapshin1982@yandex.ru

Цейликман Вадим Эдуардович — доктор биологических наук, профессор, директор Высшей медико-биологической школы, заведующий кафедрой общей биологии и дифференциальной психологии, заведующий лабораторией перспективных исследований молекулярных механизмов стресса, профессор кафедры психологии развития и возрастного консультирования Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, Россия. tceilikmanve@susu.ru

Павлова Вера Ивановна — доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, Челябинск, Россия. pavlovavi@cspu.ru

Кондашевская Марина Владиславовна — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммуноморфологии воспаления Научно-исследовательского института морфологии человека, Москва, Россия.

Цейликман Ольга Борисовна — доктор медицинских наук, доцент, декан факультета фундаментальной медицины Челябинского государственного университета, Челябинск, Россия. olgaffm@yandex.ru

Сарапульцев Алексей Петрович — доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунопатофизиологии Института иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия.

Губайдуллин Мунир Ибрагимович — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры патологической анатомии и судебной медицины Южно-Уральского государственного медицинского университета, Челябинск, Россия. olgaffm@yandex.ru

Андриевских Игорь Аркадьевич — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры общей и клинической патологии факультета фундаментальной медицины Челябинского государственного университета, Челябинск, Россия. olgaffm@yandex.ru

Bulletin of Chelyabinsk State University.

Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 31—38.

CHANGES IN THE ACTIVITY OF CEREBRAL MAO-A AND CONTENTS OF MONOAMINS — NEUROTRANSMITTERS IN A LONG PERIOD OF POST-STRESS AND STEROID-INDUCED INVOLUTION OF THE ADRENALS

M.S. Lapshin

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia. lapshin1982@yandex.ru

V.E. Tseilikman

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia. tceilikmanve@susu.ru

V.I. Pavlova

South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia. pavlovavi@cspu.ru

M.V. Kondashevskaya

Research Institute of Human Morphology RAS, Moscow, Russia

O.B. Tseilikman

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia. olgaffm@yandex.ru

A.P. Sarapultsev

Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

M. I. Gubaidullin

South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia. olgaffm@yandex.ru

I. A. Andrievskikh

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia. olgaffm@yandex.ru

One of the most common types of post-traumatic stress disorder (PTSD) is complex post-traumatic stress disorder, which most often follows chronic stress or repeated adverse events such as slavery, genocide, long-term domestic violence, or repeated child sexual or physical abuse. At the same time, complex PTSD is accompanied by various complications of internal organs, among which adrenal dysfunction is most common. In turn, the uniqueness of our proposed experimental model of PTSD is that it was characterized by a decrease in the level of corticosterone both in the blood and in the adrenal glands themselves, meanwhile, in most experimental models of PTSD, the level of corticosterone increased sharply. The aim of this study was to study the relationship between the level of activity of monoamine oxidase-A (MAO-A) and the content of norepinephrine, dopamine and serotonin 14 days after the administration of a high dose of triamcinolone acetonide (TA). Post-traumatic stress disorders were modeled in Wistar rats by the smell of a predator (cat urine). Steroid-induced involution of the adrenal glands was modeled by administering to animals a single prolonged glucocorticoid preparation triamcinolone acetonide. The level of corticosterone was determined in the adrenal glands and blood plasma. The content of biogenic amines and the activity of basal MAO-A were determined in the brain. Comparison of iatrogenic and post-stress adrenal insufficiency confirms that it is glucocorticoids that play a key role in stress-realizing mechanisms and that with a decrease in glucocorticoids, the neurochemical profile associated with the growth of anxiety-depressive disorders changes.

Keywords: *complex PTSD, brain, biogenic amines, MAO-A, triamcinolone acetonide, corticosterone.*

References

1. Balashov Yu.G. Flyuorometricheskij mikrometod opredeleniya kortikosteroidov: sravnenie s drugimi metodami. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR*, no. 12, pp. 280–283. (In Russ.).
2. Gorkin V.Z. Aminoksidazy i ih znachenie v medicine. Moscow, Meditsina Publ., 1981. (In Russ.).
3. Kamyshnikov V.S. Spravochnik po kliniko-biohimicheskim issledovaniyam i laboratornoj diagnostike. Moscow, MEDpress-inform Publ., 2009. 896 p. (In Russ.).

4. Komel'kova M.V., Popkov P.N., Popova D.A., Platkovskij P.O., Lapshin M.S., Cejlikman V.E. O pervpektive korrekcii sindroma postravmaticheskikh stressornykh rasstrojstv obogashchennymi resveratrolom produktami pitaniya. *Vestnik CHelGU. Seriya "Obrazovanie i zdravooхранenie*, 2019, № 3–4 (7–8), pp. 9–14.
5. Lapshin M.S., Rezanovich I.V., Platunova N.Ya., Rezanovich E.A., Komel'kova M.V. Glyukokortikoid-zavisimaya regulyaciya svobodnoradikal'nogo okisleniya u kon'kobezhcev. *Vestnik CHelGU. Seriya "Obrazovanie i zdravooхранenie*, 2019, № 1–2 (5–6), pp. 11–15.
6. Moskvitina T.A., Solov'yeva N.I. Fiziologicheskoe znachenie aminoksidaz i metody opredeleniya ih aktivnosti. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2011, no. 1, p. 3. (In Russ.).
7. Filaretova L.P., Filaretov A.A. Vliyanie bol'shikh doz kortikosteroidov na yazvoobrazovanie zheludka: No-vaya gipoteza. *Fiziologicheskij zhurnal imeni I.M. Sechenova*, 1992, vol. 78, no. 10, pp. 77–83. (In Russ.).
8. Ceylikman V.E., Lapshin M.S., Komel'kova M.V. et al. Dinamika izmeneniya sodержaniya GAMK, katekholaminov i aktivnosti MAO-A pri eksperimental'nom posttravmaticheskom stressovom rasstrojstve u krysa. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal imeni I.M. Sechenova*, 2018, vol. 104, no. 2, pp. 156–163. (In Russ.).
9. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. — Fifth. — Arlington, VA: American Psychiatric Publishing. (DSM–V). 2013. Pp. 271–280.
10. Cohen H., Kozlovsky N., Alona C. [et al.]. Animal model for PTSD: from clinical concept to translational research. *Neuropharmacology*, 2012, vol. 62, no. 2, pp. 715–724.
11. Cohen H., Yehuda R. Gender differences in animal models of posttraumatic stress disorder. *Disease markers*, 2011, vol. 30, no. 2, 3, pp. 141–150.
12. Ragu Varman D., Rajan K. E. Environmental enrichment reduces anxiety by differentially activating serotonergic and neuropeptide Y (NPY)-ergic system in Indian field mouse (*Mus booduga*): an animal model of post-traumatic stress disorder. *PLoS One*, 2015, no. 10 (5), p. e0127945.
13. Reed G.M., First M.B., Kogan C.S. et al. Innovations and changes in the ICD-11 classification of mental, behavioural and neurodevelopmental disorders. *World Psychiatry*, 2019, no. 18 (1), pp. 3–19.
14. Schott S., Schnauder G., Müssig K. Secondary adrenal insufficiency after local injections of triamcinolone acetonide. *Dtsch. Med. Wochenschr.*, 2009, Feb; no. 134 (7), pp. 298–301.
15. Tseilikman V., Lapshin M., Komelkova M., Tseilikman O., Deev R., Popkov P., Platkovskii P. Dynamics of Changes in GABA and Catecholamines Contents and MAO-A Activity in Experimental Post-Traumatic Stress Disorder in Rats. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 2019, vol. 49, no. 6, pp. 754–758.
16. Tseilikman V., Dremencov E., Maslennikova E., Ishmatova A., Manukhina E., Downey H., Klebanov I., Tseilikman O., Komelkova M., Lapshin M., Vasilyeva M., Bornstein S., Perry S., Wong M., Licinio J., Yehuda R., Ullmann E. Post-Traumatic Stress Disorder Chronification via Monoamine oxidase and Cortisol Metabolism. *Hormone and Metabolic Research*, 2019, no. 51 (9), pp. 618–622.
17. Tseilikman V., Komelkova M., Lapshin M., Alliluev A., Tseilikman O., Karpenko M., Pestereva N., Manukhina E., Downey H. F., Kondashevskaya M., Sarapultsev A., Dremencov E. High and low anxiety phenotypes in a rat model of complex post-traumatic stress disorder are associated with different alterations in regional brain monoamine neurotransmission. *Psychoneuroendocrinology*, 2020, vol. 117, pp. 6–9.
18. Wilson C.B., McLaughlin L.D., Nair A., Ebenezer P.J., Dange R., Francis J. Inflammation and oxidative stress are elevated in the brain, blood, and adrenal glands during the progression of post-traumatic stress disorder in a predator exposure animal model. *PLoS One*, 2013, no. 8 (10), p. e76146.
19. Yehuda R., Seckl J. Minireview: Stress-related psychiatric disorders with low cortisol levels: a metabolic hypothesis. *Endocrinology*, 2011, no. 152 (12), pp. 4496–4503.
20. Yehuda R., Neylan T.C., Flory J.D. The use of biomarkers in the military: From theory to practice. *Psychoneuroendocrinology*, 2013, vol. 38, no. 9, pp. 1912–1922.
21. Yehuda R. Status of glucocorticoid alterations in post-traumatic stress disorder. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, pp. 56–69.
22. Zoladz P.R., Fleshner M., Diamond D. M. Psychosocial animal model of PTSD produces a long-lasting traumatic memory, an increase in general anxiety and PTSD-like glucocorticoid abnormalities. *Psychoneuroendocrinology*, 2012, no. 37, pp. 1531–1545.

СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА В ОБРАЗЦАХ ВОЛОС СПОРТСМЕНОВ ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА

Н. П. Петрушкина¹, Н. А. Симонова², О. И. Коломиец¹, Е. В. Жуковская³

¹Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

²Челябинская областная клиническая больница, Челябинск, Россия

³Лечебно-реабилитационный центр «Русское поле» Национального медицинского исследовательского центра детской гематологии им. Дмитрия Рогачёва, Москва, Россия

Исследовано содержание цинка в волосах спортсменов пубертатного возраста. Сравнение проведено с группой подростков, не занимающихся спортом. Для определения содержания микроэлементов применяли методы атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой. Проведено сопоставление полученных результатов с рекомендуемыми референтными (25–75-центильный интервал) значениями. Содержание цинка в биосубстратах у подростков, включённых в обследование, находилось в пределах нормальных значений. В начале подготовительного периода у спортсменов отмечено достоверно более низкое содержание цинка, чем в контроле. В предсоревновательном периоде содержание цинка у спортсменов уменьшилось.

Ключевые слова: *спортсмены, пубертатный возраст, содержание цинка, спортивное питание.*

Вопросам восстановления спортсменов и путям сохранения их здоровья в доступной литературе, связанной с подготовкой спортсменов, в том числе подросткового возраста, придаётся особое значение. Выбор восстановительных средств определяет скорость восстановления после мышечных нагрузок [4; 6; 8].

Возникающие в посттренировочном периоде изменения связаны в первую очередь с нормализацией обмена веществ, а именно с преобладанием анаболических процессов. При этом водно-электролитный и кислотно-щелочной баланс возвращаются к исходным значениям, а энергоёмкие вещества восстанавливаются с некоторым избытком (феномен «суперкомпенсации»). Поиск путей ускорения и оптимизации этих процессов, а также пролонгирование полученных эффектов восстановления остаются предметом современной спортивной медицины.

Важную роль в регуляции практически всех функций организма играют микроэлементы. Физиологическую роль микроэлементов сравнивают с регуляторной ролью гормонов, поскольку они участвуют в большинстве жизненных процессов и биохимических реакций [3; 5; 11 и др.].

Микроэлементы ответственны за эффективность спортивной деятельности и здоровье спортсменов, поскольку принимают участие в передаче нервного импульса (K, Na), реализации различных свойств нервных процессов (Mg, Mn, J, Ca) — в иммунных реакциях (Mg, Mn, Zn, J), в синтезе гормонов

и ферментов, участвующих в метаболических процессах (J, Se, Zn, Mg, Mn, Co) [8–11; 18].

В доступной литературе представлены сведения о роли некоторых микроэлементов в возникновении экологической патологии (нарушения репродуктивной функции, железодефицитные анемии, заболевания почек, онкологические и др.) [1–3; 5; 9; 12–15]. Содержанию микроэлементов, участников метаболизма спортсменов также уделяется внимание [7; 8; 10–21].

Для спортсменов наряду с другими микроэлементами особенно важен цинк, поскольку интенсивность белкового метаболизма в организме спортсменов активируется этим элементом. Физиологическая функция цинка связана с вхождением его в состав более чем 300 клеточных ферментов. Эти ферменты обуславливают антиоксидантную защиту, регуляцию кислотно-щелочного равновесия, врождённого и приобретённого иммунитета, процессов остеогенеза, поддержания геномной стабильности, транскрипции, апоптоза и др.

Всё вышесказанное и определяет актуальность решения обозначенной проблемы.

Цель исследования: определение содержания цинка в организме спортсменов пубертатного возраста на различных этапах тренировочного процесса.

Материал и методы исследования. При проведении исследования соблюдались этические принципы, соответствующие положениям

Хельсинкской декларации 1975 г. и её пересмотру 1983 г.

Под наблюдением находились 60 спортсменов, занимающихся циклическими и ациклическими видами спорта (по 30 чел.) пубертатного возраста (основная группа) и 30 школьников аналогичного возраста, не занимающихся спортом (контрольная группа). От родителей обследованных лиц получено информированное согласие на проведение обследования.

Подростки обеих групп по уровню полового созревания относились к медиантам и по антропометрическим показателям достоверно не различались. Средняя масса тела в группе спортсменов составляла $47,2 \pm 0,63$ кг, в контрольной группе $46,9 \pm 0,52$ кг. Длина тела соответственно $158,3 \pm 1,04$ и $158,6 \pm 0,79$ см.

Для исследования у спортсменов в начале подготовительного и в конце соревновательного периода, а в контрольной группе однократно (в период, соответствующий первому обследованию хоккеистов) был проведён забор биосубстрата (волос) для исследования микроэлементного профиля подростков [2; 9; 16]. Состав микроэлементов определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой в Центре биотической медицины (Москва).

При анализе содержания цинка в волосах проведено межгрупповое сравнение медиан и сопоставление их со средними значениями концентрации в волосах (25–75-центильный интервал), представленными в работе А. В. Скального при проведении популяционных исследований в различных регионах России и Европы [15–16].

Результаты исследования и обсуждение. На первом этапе обследования спортсменов не было установлено различий между группами подростков, занимающихся циклическими (лыжники) и ациклическими (хоккеисты) видами спорта. В связи с этим с целью укрупнения материала они были объединены в одну группу. Согласно полученным результатам среднее содержание цинка у спортсменов в начале соревновательного периода составляло $169,1 \pm 12,12$ мг/кг, в контрольной группе — $174,8 \pm 17,92$ мг/кг. В конце соревновательного периода содержание цинка у спортсменов уменьшилось до $161,4 \pm 6,09$ мг/кг.

Нижние и верхние границы физиологической нормы содержания цинка в волосах, рекомендуемые для сопоставления (интервал от 25 до 75 центилей) составляют 94 и 183 мг/кг.

Таким образом, содержание цинка в биосубстратах подростков на первом этапе исследования находилось в пределах нормальных значений. В конце соревновательного периода у активно тренирующихся спортсменов зарегистрировано достоверно более низкое по сравнению с исходными данными содержание цинка, хотя эти значения и не выходили за пределы нормы.

Различия в содержании цинка в волосах спортсменов по сравнению с их сверстниками, не занимающимися спортом, по-видимому, связаны с повышенной циркуляцией и экскрецией этого элемента при интенсивных физических нагрузках, что может указывать на «скрытый» риск дефицита цинка.

Кроме публикаций, отражающих результаты экспериментальных исследований, имеется ряд работ, авторы которых связывают физиологические изменения, возникающие у спортсменов при мышечных нагрузках, с нарушением баланса цинка в организме [11; 17; 19–21]. Это касается не только иммунной реактивности [18], но и массы жировой ткани и сывороточного уровня лептина [17; 20].

Актуальностью проблемы объясняется разработка множества сценариев применения фармпрепаратов при занятиях различными видами спорта, на различных этапах подготовки и при формировании различных двигательных качеств [14; 15].

Для любого вида спорта фармакология восстановления включает в себя энергетику, витамины, минералы, ноотропы, антиоксиданты, антигипоксанты и иммуномодуляторы. Особую роль в процессах восстановления играют адаптогены, механизмы действия которых разнообразны, а общий эффект сводится к неспецифическому повышению функциональных возможностей и адаптации к различным эндогенным и экзогенным воздействиям. Однако некоторые из предлагаемых препаратов со временем включаются в перечень запрещённых и расцениваются как допинги (например, мельдоний).

Поскольку большинство перечисленных выше веществ содержится в пищевых продуктах, именно характер и особенности питания спортсменов выходят на первое место в системе восстановления.

В настоящее время широко рекомендуется применение специальных продуктов спортивного питания различной метаболической направленности, а также и биологически активных добавок к пище. Особое значение придаётся так называемым нутрицевтикам — средствам для восполне-

ния дефицита эссенциальных факторов питания, в том числе макро- и микроэлементов.

Следует помнить, что, во-первых, эти препараты не являются лекарственными средствами и не проходят клинических испытаний, а во-вторых, введение микроэлементов без предварительного определения их концентрации в организме недопустимо. В связи с этим очевидна необходимость серьёзных доказательств эффективности применения нутрицевтиков и, соответственно, целесообразности их назначения.

Заключение. В образцах волос подростков, занимающихся спортом, и подростков контрольной группы содержание цинка находилось в пределах нормальных значений. Вместе с тем у активно тренирующихся хоккеистов к концу наблюдения зарегистрировано более низкое содержание цинка.

Известно, что в подростковом возрасте имеет место переключение организма на новый уровень онтогенеза, что создаёт морфофункциональную основу для адаптации к новым условиям жизнедеятельности. В реализации этих процессов ведущую роль играют гормоны, медиаторы, ферменты, в состав которых включены микроэлементы. В подростковом возрасте напряжение адаптационных процессов усиливается при выполнении интенсивных физических нагрузок. Одним из критериев

адаптации является иммунный статус, который косвенно характеризуется уровнем так называемой острой заболеваемости [8; 16].

С учётом вышесказанного далее планируется изучение содержания других элементов, а также нейрофизиологического и иммунного статуса у спортсменов и сопоставление их с микроэлементным профилем подростков контрольной группы. Перспективными представляются исследования динамики и установления взаимосвязи микроэлементного статуса и ряда морфофункциональных показателей на различных этапах подготовки спортсменов пубертатного возраста (подготовительный, предсоревновательный, соревновательный). Эссенциальные микроэлементы участвуют в реализации различных свойств нервных процессов и иммунных реакций, в синтезе гормонов и ферментов, ответственных за процессы метаболизма и т. д., и, в конечном счёте, определяют эффективность спортивной деятельности и здоровье спортсменов. В связи с этим важно не только установление корреляции содержания микроэлементов в биосубстратах спортсменов с их морфофункциональными характеристиками и показателями спортивной деятельности, но и определение корректности применения продуктов спортивного питания, как правило, содержащего микроэлементы.

Список литературы

1. Жуковская, Е. В. Предпосылки изучения содержания микроэлементов в биосубстратах у детей и подростков с онкологическими заболеваниями в период реабилитации / Е. В. Жуковская, В. П. Бондаренко, А. Ф. Карелин // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — 2016. — № 9–3. — С. 365–368.
2. Киреева, Г. Н. Исследования содержания микроэлементов в биологических субстратах у детей и подростков (обзор литературы) / Г. Н. Киреева, Д. И. Билялутдинова // *Педиатрический вестник Южного Урала*. — 2015. — № 2. — С. 58–62.
3. Кожин, А. А. Микроэлементозы в патологии человека экологической этиологии. Обзор литературы / А. А. Кожин, Б. М. Владимирский // *Экология человека*. — 2013. — № 9. — С. 56–64.
4. Коломиец, О. И. Особенности метаболических адаптационных изменений при различных физических нагрузках / О. И. Коломиец, Н. П. Петрушкина, Е. В. Быков // *Наука. Инновации. Технологии*. — 2017. — № 1. — С. 207–217.
5. Кошурникова, Н. А. Заболеваемость раком щитовидной железы в когорте населения, проживающего в детском возрасте в г. Озёрске / Н. А. Кошурникова, Н. С. Шильникова, П. В. Окатенко, Н. П. Петрушкина, Н. Р. Кабирова, Е. С. Антипин, В. А. Привалов, С. В. Яйцев // *Вопросы радиационной безопасности*. — 1999. — № 3. — С. 46–49.
6. Кулиненков, О. С. Фармакологическое обеспечение спортсменов высокой квалификации / О. С. Кулиненков // *Спортивная медицина: национальное руководство*. — М., 2012. — С. 535–615.
7. Петрушкина, Н. П. Микроэлементный профиль хоккеистов пубертатного возраста. Сообщение 1. Содержание цинка в образцах волос / Н. П. Петрушкина, Н. А. Симонова, О. И. Коломиец, Е. В. Быков // *Научно-спортивный вестник Урала и Сибири*. — 2018. — № 1 (17). — С. 61–67.

8. Симонова, Н. А. Особенности функционального состояния нервной системы и заболеваемости хоккеистов пубертатного возраста различного уровня биологического созревания / Н. А. Симонова, Е. Ф. Орехов, Н. П. Петрушкина, О. И. Коломиец // Учёные записки университета им. П. Ф. Лесгафта. — 2016. — № 3 (133). — С. 217–223.
9. Скальный, А. В. Биоэлементы в медицине / А. А. Скальный, И. А. Рудаков. — М., 2004. — 365 с.
10. Скальный, А. В. Микроэлементы и спорт. Персонализированная коррекция элементного статуса спортсменов : монография / Ф. В. Скальный, И. П. Зайцева, А. А. Тиньков. — М., 2018. — 288 с.
11. Скальный, А. А. Состояние гомеостаза цинка и показатели мышечной деятельности при экспериментальной дозированной физической нагрузке на фоне введения аспаргината цинка / А. А. Скальный, А. А. Тиньков, Ю. И. Медведева и др. // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. — 2015. — № 4. — С. 58–65.
12. Ibrahim, K. S. Potential role of nutrients on immunity/ K. S. Ibrahim, E. M. El-Sayed // International Food Research Journal. — 2016. — № 23(2). — P. 464–474.
13. Kubíček, R. The seasonal dependenc of magnesium and zinc in blood in young sportsmen / R. Kubíček, H. Vizinová, L. Steidl, J. Kaspárek, Z. Jirka // Acta Univ Palacki Olomuc Fac Med. — 1988. — P. 267–270.
14. McCormick, F. Stress fractures in runners / F. McCormick, B. U. Nwachukwu, M. T. Provencher // Clin Sports Med. — 2012. — № 31 (2). — P. 291–306.
15. Skalny, A. V. Whole blood and hair trace elements and minerals in children living in metal-polluted area near copper smelter in Karabash, Chelyabinsk region, Russia / A. V. Skalny, A. R. Grabeklis, A. A. Tinkov, A. A. Nikonov, E. V. Zhukovskaya, G. N. Kireeva, M. G. Skalnaya, I. V. Radysh, R. A. Shakieva // Environmental Science and Pollution Research. — 2017. — T. 24, № 3. — С. 1–7.
16. Zhukovskaya, E. V. The content of toxic and essential trace elements in biological samples of children and adolescents is effective environmental pollution monitoring / E. V. Zhukovskaya, G. N. Kireeva, A. Baerbach, E. Urbanskaya // Science and policy for a healthy future 2nd International Conference on Human Biomonitoring. Berlin. — 2016. — С. 89.
17. Aarikan, S. Comparison plasma leptin and zinc in elite athletes and sedentary people / S. Aarikan, H. Accus, I. Halifeoglu, A. K. Daltaci // Cell biochemistry and function. — 2008. — № 26 (6). — P. 655–658.
18. Boraventura, P. Zinc and its role in immunity and inflammation / P. Boraventura, G. Benedetti, F. Albarede, P. Miossec // Autoimmunity reviews. — 2015. — № 14 (4). — P. 277–285.
19. Lee, J. S. Astude of dietary Hadits, nutrition intake status and serum copper and zinc concentrations of adolescent athletes / J. S. Lee, M. H. Kim, Y. J. Bae, Y. H. Choe, C. J. Sung // Korean Journal of Nutrition. — 2005. — № 38 (6). — Pp. 465–474.
20. Mielgo Ayuso, J. Evaluation and nutritional status and energy expenditure in athletes / J. Mielgo Ayuso, S. B. Marodo, S. R. Luzardo // Nutricion hospitalaria. — 2015. — № 31 (Supl.). — Pp. 227–236.
21. Chu, A. Acute effects of aerobic exercise on serum zinc A systematic review and meta-analysis concentration / A. Chu, P. Petocz, S. Samman // Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism. — 2016. — P. 4–6.

Сведения об авторах

Петрушкина Надежда Петровна — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующая кафедрой физиологии Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия. 25prnn@mail.ru

Симонова Надежда Александровна — врач биохимической лаборатории Челябинской областной клинической больницы, Челябинск, Россия. 25prnn@mail.ru

Коломиец Ольга Ивановна — кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивной медицины и физической реабилитации Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия. kolomietc_o@mail.ru

Жуковская Елена Вячеславовна — доктор медицинских наук, профессор, заведующая отделом лечебно-реабилитационного центра «Русское поле» Национального медицинского исследовательского центра детской гематологии им. Дмитрия Рогачёва, Москва, Россия. 25prnn@mail.ru

*Bulletin of Chelyabinsk State University.
Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 39—44.*

THE ZINC CONTENT IN HAIR SAMPLES OF ATHLETES PUBERTY

N.P. Petrushkina

Ural State University of physical culture, Chelyabinsk, Russia. 25ppnn@mail.ru

N.A. Simonova

Chelyabinsk Regional Clinical Hospital, Chelyabinsk, Russia. 25ppnn@mail.ru

O.I. Kolomiets

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia. 25ppnn@mail.ru

E.V. Zhukovskaya

*Dmitry Rogachev National Research Center of Pediatric, Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia.
25ppnn@mail.ru*

The content of zinc in the hair of puberty athletes was studied. The comparison was made with a group of teenagers who do not play sports. Atomic emission spectrometry and mass spectrometry with inductively coupled argon plasma were used to determine the content of trace elements. The results were compared with the recommended reference values (25–75 centile interval). The content of zinc in biosubstrates in adolescents included in the survey was within normal values. At the beginning of the preparatory period, athletes had significantly lower zinc content than in the control group. In the pre-competition period, the zinc content of athletes decreased.

Keywords: *athletes, puberty, zinc content, sports nutrition, herbal.*

References

1. Zhukovskaya E.V., Bondarenko V.P., Karelin A.F. Predposylki izucheniya sodержaniya mikroelementov v biosubstratah u detej i podrostkov s onkologicheskimi zabolevaniyami v period reabilitacii [Prerequisites for studying the content of trace elements in biosubstrates in children and adolescents with cancer during the rehabilitation period]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, 2016, vol. 9–3, pp. 365–368 (In Russ.).
2. Kireeva G.N., Bilyalutdinova D.I. Issledovaniya sodержaniya mikroelementov v biologicheskikh substratah u detej i podrostkov (obzor literatury) [Studies of the content of trace elements in biological substrates in children and adolescents (literature review)]. *Pediatricheskij vestnik Yuzhnogo Urala*, 2015, vol. 2, pp. 58–62. (In Russ.).
3. Kozhin A.A., Vladimirskiy B.M. Mikroelementozy v patologii cheloveka ekologicheskoy etiologii. Obzor literatury [Microelementosis in human pathology of ecological etiology. Literature review]. *Ekologiya cheloveka*, 2013, vol. 9, pp. 56–64. (In Russ.).
4. Kolomiec O.I., Petrushkina N.P., Bykov E.V. Osobennosti metabolicheskikh adaptacionnyh izmenenij pri razlichnyh fizicheskikh nagruzkah [Features of metabolic adaptive changes during various physical activities]. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii*, 2017, vol. 1, pp. 207–217. (In Russ.).
5. Koshurnikova N.A., Shil'nikova N.S., Okatenko P.V., Petrushkina N.P., Kabirova N.R., Antipin E.S., Privalov V.A., Yajcev S.V. Zabolevaemost' rakom shchitovidnoj zhelezy v kogorte naseleniya, prozhivayushchego v detskom vozraste v g. Ozerske [The incidence of thyroid cancer in the cohort of the population living in childhood in the city of Ozersk]. *Voprosy radiacionnoj bezopasnosti*, 1999, vol. 3, pp. 46–49 (In Russ.).
6. Kulinenkov O.S. Farmakologicheskoe obespechenie sportsmenov vysokoj kvalifikacii [Pharmacological support of highly qualified athletes]. *Sportivnaya medicina: nacional'noe rukovodstvo*. Moscow, 2012. Pp. 535–615 (In Russ.).
7. Petrushkina N.P., Simonova N.A., Kolomiec O.I., Bykov E.V. Mikroelementnyj profil' hokeistov pubertatnogo vozrasta. Soobshchenie. Soderzhanie cinka v obrazcah volos [Trace element profile of pubertal hockey

players. Message 1. Zinc content in hair samples]. *Nauchno-sportivnyj vestnik Urala i Sibiri*, 2018, vol. 1 (17), pp. 61–67. (In Russ.).

8. Simonova N.A., Orekhov E.F., Petrushkina N.P., Kolomiec O.I. Osobennosti funkcional'nogo sostoyaniya nervnoj sistemy i zbolevaemosti hokkeistov pubertatnogo vozrasta razlichnogo urovnya biologicheskogo sozrevaniya [Features of the functional state of the nervous system and the incidence of pubertal hockey players at various levels of biological maturation]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2016, vol. 3 (133), pp. 217–223. (In Russ.).

9. Skal'nyj A.V., Rudakov I.A. *Bioelementy v medicine* [Bioelements in medicine]. Moscow, 2004. 365 p. (In Russ.).

10. Skal'nyj A.V., Zajceva I.P., Tin'kov A.A. *Mikroelementy i sport. Personalizirovannaya korrekciya elementnogo statusa sportsmenov* [Trace elements and sports. Personalized correction of the elemental status of athletes]. Moscow, 2018. 288 p. (In Russ.).

11. Skal'nyj A.A., Tin'kov A.A., Medvedeva Yu.I. Sostoyanie gomeostaza cinka i pokazateli myshechnoj deyatel'nosti pri eksperimental'noj dozirovannoj fizicheskoj nagruzke na fone vvedeniya asparinata cinka [The state of zinc homeostasis and indicators of muscle activity during experimental dosed physical activity against the background of zinc aspartate administration]. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*, 2015, vol. 4, pp. 58–65. (In Russ.).

12. Ibrahim K.S., El-Sayed E.M. Potential role of nutrients on immunity. *International Food Research Journal*, 2016, vol. 23 (2), pp. 464–474. (In Russ.).

13. Kubíček R., Vizinová H., Steidl L., Kaspárek J., Jirka Z. The seasonal dependenc of magnesium and zinc in blood in young sportsmen. *Acta Univ Palacki Olomuc Fac Med.*, 1988, pp. 267–270. (In Russ.).

14. McCormick F., Nwachukwu B.U., Provencher M.T. Stress fractures in runners. *Clin Sports Med.*, 2012, vol. 31 (2), pp. 291–306.

15. Skalny A.V., Grabeklis A. R., Tinkov A.A., Nikonorov A.A., Zhukovskaya E.V., Kireeva G.N., Skalnaya M.G., Radysh I.V., Shakieva R.A. Whole blood and hair trace elements and minerals in children living in metal-polluted area near copper smelter in Karabash, Shelyabinsk region, Russia. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, vol. 24. no. 3, pp. 1–7.

16. Zhukovskaya E.V., Kireeva G.N., Baerbach A., Urbanskaya E. The content of toxic and essential trace elements in biological samples of children and adolescents is effective environmental pollution monitoring. *Science and policy for a healthy future 2nd International Conference on Human Biomonitoring*. Berlin, 2016. Pp. 89–90.

17. Arikan S., Accus H., Halifeoglu I., Daltaci A.K. Comparison plasma leptin and zinc in elite athletes and sedentary people. *Cell biochemistry and function*, 2008, vol. 26 (6), pp. 655–658.

18. Boravventura P., Benedetti G., Albarede F., Miossec P. Zinc and its role in immunity and inflammation. *Autoimmunity reviews*, 2015, vol. 14 (4), pp. 277–285.

19. Lee J.S., Kim H., Bae Y.J., Choe Y.H., Sung C.J. Astude of dietary Hadits, nutrition intake status and serum copper and zinc concentrations of adolescent athletes. *Korean Journal of Nutrition*, 2005, № 38 (6), pp. 465–474. (In Korean).

20. Mielgo Ayuso J., Marodo S.B., Luzardo S.R. Evaluation and nutritional status and energy expenditure in athletes. *Nutricion hospitalaria*, 2015, vol. 31 (Supl.), pp. 227–236. (In Span.).

21. Chu A., Petocz P., Samman S. Acute effects of aerobic exercise on serum zinc a systematic review and meta-analysis concentration. *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*, 2016, pp. 4–6.

АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОЯСАХ. СООБЩЕНИЕ 1. ДЛИНА СТОПЫ

Н. В. Пац¹, Е. В. Звягина², Г. В. Зычков¹

¹Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Республика Беларусь

²Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

Представлено сравнение длины и ширины левой и правой стоп, а также размер обуви девушек-студенток, проживающих в различных географических поясах (Белоруссия и Южный Урал). Выявлено увеличение длины стопы (1,51 см — правая стопа; 1,64 см — левая стопа) у девушек в возрасте 19 лет по сравнению со средними показателями в данной возрастной группе.

Ключевые слова: анатомо-физиологические особенности, скелет, длина стопы, девушки, Беларусь, Южный Урал (Россия).

Введение. Анатомо-физиологические особенности индивидуума определяют здоровье, его функциональные возможности, подверженность тем или иным заболеваниям и т. д. [7–10]. Морфофункциональный статус характеризуется рядом показателей и находится под влиянием комплекса факторов. Вес, размер, длина конечностей, объёмы, а также морфологическое и функциональное состояние определяются как генетическими факторами (включая национальные особенности), так и факторами окружающей среды (включая климатические условия). Строение нижних конечностей, в особенности стопы, имеет особую значимость, поскольку нарушение функции стопы приводит к нарушению её строения и, в дальнейшем, к асимметрии всего тела.

Отклонения в биомеханике движения приводят к перегрузке определённых участков стопы, что может стать основным фактором нарушения структурно-функционального состояния опорно-двигательного аппарата. Функционально неполноценная стопа не выполняет в полном объёме опорную, балансирующую и амортизационную задачу [1–3]. Эта проблема компенсируется повышенной нагрузкой на межпозвоночные диски, ускорением их износа и сплющивания. В результате нарушаются осанка и походка. В этом случае одной из причин болей в спине и возрастной патологии позвоночника может стать заболевание стопы. В связи с вышесказанным анализ изменения длины стопы и размера обуви у разных возрастных групп, проживающих в различных регионах, имеет практическую значимость в разных сферах деятельности, особенно в спорте, туризме и т. д.

Цель исследования: сравнить длины левой и правой стоп, а также ширину стоп и размер обуви девушек, проживающих в различных областях Беларуси и на Южном Урале (Россия).

Материал и методы исследования. Для исследования методом парного контроля сформированы группы студентов, близких по возрасту, социальному статусу (средний возраст $19,1 \pm 0,71$ года). В исследовании принимали участие девушки — студентки факультета оздоровительных технологий и спортивной медицины Уральского государственного университета физической культуры (Челябинска, Россия) и Гродненского государственного медицинского университета (Гродно, Беларусь). Измерения проводились в одном временном интервале (с 12:00 до 13:00), в одинаковых условиях микроклимата (температура в помещении — $+ 20$ °С, влажность — 51 %, скорость воздуха — 0,2 м/с).

В нашем исследовании длина стопы измерялась стопометром (антропометрический прибор для измерения стопы) от наиболее выступающей точки пятки до наиболее выступающей точки носка; ширина стопы измерялась в горизонтальной плоскости от наиболее выпуклого места внутренней стороны стопы — внутреннего пучка (выпуклая косточка в основании большого пальца) до наиболее выпуклого места с наружной стороны — наружного пучка (выпуклая косточка сразу за мизинцем) [4; 5].

При обработке полученных результатов (после определения «нормальности» распределения) использовались традиционные методы биостатистики: вычисление средних значений,

средней ошибки, стандартного отклонения. Использовался пакет прикладных программ «Статистика 10.0».

Результаты исследования и их обсуждение. Средние значения длины правой стопы у девушек Южного Урала составили $24,0 \pm 0,23$ см, а левой — $23,9 \pm 0,26$ см. Ширина правой стопы составила $8,53 \pm 0,23$ см, ширина левой — $8,5 \pm 0,26$ см.

В Беларуси замеры проводились с учётом региона постоянного проживания. Средние значения размера стопы в разных регионах были разными. Длина левой стопы у девушек из Минской области $25,1 \pm 0,20$ см, правой — $25,1 \pm 0,20$ см. В Брестской области средний показатель правой стопы составил $25,1 \pm 0,21$ см, а левой — $25,1 \pm 0,22$ см; в Гродненской области длина правой стопы $25,6 \pm 0,23$ см, левой — $25,6 \pm 0,21$ см.

Кроме того, мы сравнили данные студенток из Уральского региона с соответствующими данными для каждого региона Беларуси. При этом выявлены существенные различия. Так, средние показатели длины стопы девушек, проживающих в Гродненской области Беларуси, достоверно ($p < 0,05$) отличаются от аналогичных на Южном Урале: разница составила 1,51 см (правая ступня) и 1,64 см (левая ступня). Выявлены достоверные различия ($p < 0,05$) в длине стопы у жителей Брестской области Беларуси и Южного Урала: правой стопы — на 1,13 см, левой — от 1,16 см. Разница в длине стопы у девушек Минской области Беларуси и Южного Урала составила 1,04 см на правой ступне и 1,08 см на левой ($p < 0,05$). Анализ результатов сопоставления широтных характеристик стоп не выявил статистически значимых отличий. Ширина правой и левой стоп сту-

денток Беларуси составили $8,63 \pm 0,23$ и $8,68 \pm 0,24$ см соответственно. В ходе работы проводилось определение индекса Вейсфлога (отношение длины стопы к её ширине). У студенток УралГУФК (Россия) индекс составил $W = 2,74 \pm 0,13$ у. е., что является хорошим показателем рессорной функции; у девушек Беларуси индекс несколько ниже $W = 2,04 \pm 0,07$ у. е., что свидетельствует о небольшой степени поперечного плоскостопия.

Выявленные различия могут быть связаны с географическими, национальными особенностями, индивидуальными параметрами морфофункционального статуса обследованных, с особенностями внеучебной деятельности (медицина и систематические спортивные занятия).

Планируется продолжение исследования других анатомо-физиологических параметров, распространённости патологии опорно-двигательного аппарата в выбранных группах и выявление факторов, объясняющих результаты.

Заключение. Морфофункциональная диагностика состояния стопы является немаловажным элементом профилактики структурных и функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата. Средние показатели длины стопы девушек 19 лет, проживающих в различных регионах Белоруссии, отличаются от аналогичных у девушек Южного Урала (Россия). Разница составляет от 0,04 до 1,51 см (правая стопа) и от 1,08 до 1,64 см (левая стопа). Планируется продолжение исследования: установление факторов, объясняющих эти различия (генетические или внешнесредовые) и поиск особенностей морфофункционального статуса многонационального населения различных регионов Южного Урала.

Список литературы

1. Аристакесян, В. О. Динамика физической подготовленности студентов с сочетанными нарушениями функций опорно-двигательного аппарата / В. О. Аристакесян, В. Б. Мандриков, М. П. Мицулина // Учёные записки Университета им. П. Ф. Лесгафта. — 2015. — № 1. — С. 21–25.
2. Казанцев, В. С. Влияние занятий скандинавской ходьбой на состояние здоровья и профилактику нарушений опорно-двигательного аппарата стоп студентов / В. С. Казанцев, О. И. Кузьмина, Е. В. Глазова // Учёные записки Университета имени П. Ф. Лесгафта. — 2018. — № 6 (160). — С. 74–78.
3. Лубов, В. Н. Анализ состояния здоровья современных школьников на примере Приволжского федерального округа / В. Н. Лубов // Российский педиатрический журнал. — 2019. — Т. 22, № 5. — С. 291–293.
4. Пац, Н. В. Медико-гигиенические проблемы при подборе обуви для детей и подростков с акселерацией, проживающих в областном центре Беларуси, и их решение / Н. В. Пац, В. Я. Тевель // Отечественная и мировая медицина в условиях современности : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. — Днепропетровск, 2016. — С. 108–113.

5. Перепелкин, А. И. Анатомические параметры стопы девушек различных этнических групп / А. И. Перепелкин, В. Б. Мандриков, А. И. Краюшкин, Е. С. Атрощенко // Современные проблемы формирования и укрепления здоровья. — Брест, 2013. — С. 50–53.

6. Перепелкин, А. И. Половые морфофункциональные характеристики стопы у студентов медицинского университета / А. И. Перепелкин, К. В. Гавриков, Л. В. Царапкин // Бюллетень Волгоградского научного центра РАМН. — 2008. — № 2. — С. 35–38.

7. Петрушкина, Н. П. Влияние морфофункционального статуса спортсменов пубертатного возраста на возникновение спортивных травм / Н. П. Петрушкина, Н. А. Петрушкина, В. А. Пономарёв // Актуальные проблемы подготовки и сохранения здоровья спортсменов : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 40-летию кафедры спортивной медицины и физической реабилитации / Уральский государственный университет физической культуры. — Челябинск, 2014. — С. 239–242.

8. Петрушкина, Н. П. Оценка комплекса факторов, влияющих на состояние здоровья младших школьников / Н. П. Петрушкина, О. И. Коломиец, Ю. В. Щелканова // Здоровье для всех : материалы VI международной научно-практической конференции / Полесский государственный университет. — Пинск, 2015. — С. 149–153.

9. Петрушкина, Н. П. Характеристика скоростных способностей и функционального состояния нервной системы хоккеистов пубертатного возраста различного уровня биологического созревания / Н. П. Петрушкина, В. А. Пономарёв, И. В. Шичавин // Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам : материалы Международной научно-практической конференции (29–30 ноября 2012). — Казань, 2012. — С. 186–190.

10. Пустозеров, А. И. Оздоровительная физическая культура и здоровье учащихся : монография / А. И. Пустозеров, Н. П. Петрушкина, Е. В. Быков, Ю. В. Козырева. — Челябинск. — 2018. — 80 с.

11. Халюто, А. М. Морфологические показатели стопы мальчиков подросткового возраста, занимающихся лыжными гонками и биатлоном, проживающих за Полярным кругом в г. Лабытнанги / А. М. Халюто, Н. Я. Прокопьев // Молодой учёный. — 2018. — № 46 (232). — С. 420–427.

Сведения об авторах

Пац Наталия Викторовна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены и экологии Гродненского государственного медицинского университета, Гродно, Республика Беларусь. pats_nataly.2003@mail.ru

Звягина Екатерина Владимировна — кандидат педагогических наук, доцент кафедры физиологии Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия. zv-aev@mail.ru

Зычков Глеб Викторович — студент 4-го курса медико-биологического факультета Гродненского государственного медицинского университета, Гродно, Республика Беларусь.

*Bulletin of Chelyabinsk State University.
Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 45—49.*

ANATOMY AND PHYSIOLOGICAL FEATURES OF POPULATIONS LIVING IN DIFFERENT GEOGRAPHICAL BELTS. MESSAGE 1. FOOT LENGTH

N.V. Pats

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus. pats_nataly.2003@mail.ru

E.V. Zvyagina

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia. zv-ae@mail.ru

G.V. Zychkov

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Objective: the purpose of the study is to compare the length of the left and right feet, as well as the size of shoes for girls 19 years old, living in different geographical zones.

Material and methods. The stopometer was used to measure the length of the foot in 222 people living in various regions of Belarus and the Southern Urals (Russia). At the same time, the size of shoes worn by girls and boys is estimated.

Results. An increase in the length of the foot in girls aged nineteen years compared to the average in this age group was revealed. Girls aged 19 years living in the Grodno region have a foot length of 0,47 cm longer than girls living in the Brest region and 0.5 cm longer than girls living in the Minsk region. There are differences in the size of the left and right feet for girls living in the Grodno and Brest regions: for girls from the Grodno region, the difference is 0,04 cm, and for girls living in the Minsk region — 0,02 cm.

Conclusions. The average foot length of 19-year-old girls living in the Grodno region of Belarus differs significantly ($p < 0.05$) from the foot length of girls in the Southern Urals: the difference is 1.51 cm of the right foot and 1,64 cm of the left foot.

The length of the feet of residents of the Brest region (right — 1,13 cm, left — 1,16 cm) is longer than that of 19-year-old girls in the Southern Urals.

The difference in foot length between girls from the Minsk region and the southern Urals was 1,04 cm for the right foot, and 1,08 cm for the left.

The length of the feet of young men living in Belarus is greater than that of young men in the southern Urals on the right foot by 0,79 cm and 0,90 cm — on the left.

Keywords: *foot length, girls, 19 years old, Belarus, Southern Urals (Russia).*

References

1. Aristakesyan V.O., Mandrikov V.B., Mizulina M.P. Dinamika fizicheskoy podgotovlennosti studentov s sochetannymi narusheniyami funkciy oporno-dvigatel'nogo apparata [Dynamics of physical fitness of students with combined motor disorders]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2015, vol. 1, pp. 21–25. (In Russ.).
2. Kazancev V.S., Kuz'mina O.I., Glazova E.V. Vliyanie zanyatij skandinavskoj hod'boj na sostoyanie zdorov'ya i profilaktiku narushenij oporno-dvigatel'nogo apparata stop studentov [The impact of Scandinavian walking on the state of health and the prevention of disorders of the locomotor system of students' feet]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2018, vol. 6, pp. 74–78. (In Russ.).
3. Lubov V.N. Analiz sostoyaniya zdorov'ya sovremennykh shkol'nikov na primere Privolzhskogo federal'nogo okruga [Analysis of the health status of modern schoolchildren in the Volga Federal District]. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal Ros.*, 2019, vol. 22 (5), p. 291. (In Russ.).
4. Pats N.V., Tevel V.Ya. Mediko-gigienicheskie problemy pri podbore obuvi dlya detej i podrostkov s akseleracij, prozhivayushchih v oblastnom centre Belarusi i ih reshenie [Medical and hygienic problems and solutions for the selection of shoes for children and adolescents with acceleration, living in the regional centre of Belarus]. *Vitchiznyana ta svitova medicina v umovah suchasnosti: sbornik materialiv mizhnarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii. Dnipropetrovs'k*, 2016. Pp. 108–113. (In Russ.).

5. Perepelkin A.I., Mandrikov V.B., Krayushkin A.I., Atroshchenko E.S. Anatomicheskie parametry stopy devushek razlichnyh etnicheskikh grupp [Anatomical parameters of the feet of girls of different ethnic groups]. *Sovremennye problemy formirovaniya i ukrepleniya zdorov'ya*. Brest, 2013. Pp. 50–53. (In Russ.).

6. Perepelkin A.I., Gavrikov K.V., Carapkin L.V. Polovye morfofunkcional'nye harakteristiki stopy u studentov medicinskogo universiteta [Morphological and functional characteristics of the foot in medical students]. *Byulleten' volgogradskogo nauchnogo centra RAMN*, 2008, no. 2, pp. 35–38. (In Russ.).

7. Petrushkina N.P., Petrushkina N.A., Ponomarev V.A. Aktual'nye problemy podgotovki i sohraneniya zdorov'ya sportsmenov (Actual problems of training and maintaining the health of athletes.). *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 40-letiyu kafedry sportivnoj mediciny i fizicheskoy rehabilitacii*. Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk. 2014. Pp. 239–242. (In Russ.).

8. Petrushkina N.P., Kolomic O.I., Shchelkanova Yu.V. Zdorov'e dlya vsekh (Health for all). *Materials of the VI international scientific and practical conference*. Polesie State University; Shebeko K.K. (eds). Pinsk, 2015. Pp. 149–153. (In Russ.).

9. Petrushkina N.P., Ponomarev V.A., Shichavin I.V. Fiziologicheskie i biohimicheskie osnovy i pedagogicheskie tekhnologii adaptacii k raznym po velichine fizicheskim nagruzkam (Physiological and biochemical foundations and pedagogical technologies of adaptation to physical loads of different magnitude.). *Materials of the International Scientific and Practical Conference* (November 29–30, 2012). Kazan, 2012. Pp. 186–190. (In Russ.).

10. Pustozerov A.I., Petrushkina N.P., Bykov E.V., Kozyreva Yu.V. *Ozdorovitel'naya fizicheskaya kul'tura i zdorov'e uchashchihsya*: monografiya [Recreational physical education and health of students]. Chelyabinsk, 2018. 80 p. (In Russ.).

11. Halyuto A.M., Prokop'ev N.Ya. Morfologicheskie pokazateli stopy mal'chikov podrostkovogo vozrasta, zanimayushchihsya lyzhnymi gonkami i biatlonom, prozhivayushchih za Polyarnym krugom v g. Labytnangi [Morphological parameters of the foot of adolescent boys involved in cross-country skiing and biathlon living in the Arctic Circle in Labytnangi]. *Molodoj uchenyj*, 2018, vol. 46 (232), pp. 420–427. (In Russ.).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ БЕЛАРУСИ И РОССИИ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВУЗАХ РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Н. В. Пац¹, Е. В. Звягина², М. А. Мазур¹

¹Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Республика Беларусь

²Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

С помощью шагомера Mi Band 4 с браслетом Fitbit исследовали физическую активность студентов медицинского вуза, занимающихся в основной и специальной группах физической культуры, и студентов профильного спортивного вуза. Показатели шагометрии у студентов УралГУФК выше, чем у студентов медицинского вуза. Действующие программы часовой физкультуры в неспортивном вузе не могут устранить негативные последствия студенческой гипокинезии, поэтому важным направлением учебного процесса является развитие мотивации студентов к увеличению объёмов физических нагрузок в течение дня, учёбы и отдыха и, возможно, пересмотр учебных программ в сторону увеличения физического воспитания.

Ключевые слова: двигательная активность, студенты, шагомер, медицинский университет, профильный спортивный университет, гиподинамия.

Введение. Обучение студентов в любом вузе связано с большим объёмом учебной работы и высоким умственным напряжением, которое часто сопровождается снижением физических нагрузок. Привычный двигательный режим обеспечивает уровень и гармонию физического развития, функциональное состояние организма. Грамотное использование собственных физических данных позволяет повысить выносливость, работоспособность организма, что очень важно для молодого растущего организма. Важным моментом является определение «оптимального» уровня физической активности, который компенсирует энергетические затраты и способствует оздоровлению всех сторон личности, поскольку физическая активность, участвующая в реализации моторно-вегетативных функций организма человека на этапах его развития, становится основной составляющей деятельности и здоровья.

Ретроспективный анализ исследований И. В. Журавлёвой в монографии «Здоровье студентов: социологический анализ» (2012 г.), а также других авторов свидетельствует о постоянном ухудшении здоровья студентов при снижении двигательной активности: около 70 % страдают функциональными и соматическими заболеваниями. За годы обучения в вузе количество здоровых студентов уменьшилось на 25,9 % на фоне роста хронических заболеваний на 20 % [6–8].

Повышению профессиональной и прикладной готовности и оптимизации успеваемости

за счёт снижения нервно-эмоционального напряжения способствует физическая культура. Таким образом, для определения необходимого оптимального уровня двигательной активности и его поддержания предполагается оценить в сравнении данный вид деятельности у студентов различных вузов.

Цель исследования: оценить двигательную активность студентов (девушек) III курса Гродненского государственного медицинского университета (ГрГМУ, Гродно), занимающихся в основной и специальной медицинской группах (в зависимости от состояния здоровья) по физкультуре, и студентов профильного спортивного вуза (Уральского государственного университета физической культуры (УралГУФК, Челябинск).

Материалы и методы исследования. Объект исследования — 150 девушек ГрГМУ; возраст опрашиваемых: 56 % — в возрасте 18–19 лет; 38 % — 20–21 года; 6 % — 22–23 лет; 100 студентов УралГУФК: 77,8 % — в возрасте 18–19 лет, 18,5 % — 20–21 года, 3,7 % — старше 21 года.

Двигательную активность мониторировали при помощи шагомера Mi Band 4 с браслетом Fitbit. Материалы систематизированы, результаты исследования были обработаны с использованием методов описательной статистики с помощью таблиц Excel и пакета прикладных программ «Статистика 10».

Результаты и их обсуждение. Было установлено, что 72 % из числа обследованных студенток

занимаются в основной группе, а 28 % — в специальной медицинской. Кроме занятий по физической культуре 44,4 % студенток основной группы и 42,9 % студенток специальной группы имеют дополнительную физическую нагрузку (ГрГМУ, Гродно); 68 % студенток вуза физической культуры систематически занимаются спортом (направление физическая культура), 28 % из которых профессионально, имея спортивные разряды и звания; 32 % девушек не занимаются спортом (направление адаптивная физическая культура) (УралГУФК, Челябинск). В табл. 1 представлено распределение студентов (девушек) указанных вузов по видам физической активности.

Из группы студенток, не занимающихся спортом профессионально, 48 % респондентов показали,

что 1–3 раза в неделю стараются уделять время дополнительной физической нагрузке, 36 % — 4–6 раз в неделю, 4 % — тренируются каждый день. Причём у 68 % тренировка длится от 1 до 2 часов, у 28 % — 2–4 часа, у 12 % опрошенных — менее 1 часа.

Было выявлено, что в разные дни недели студенты имели разные нагрузки, что, возможно, обусловлено наличием или отсутствием учебных дисциплин, связанных с физической нагрузкой (табл. 2).

Таким образом, средний показатель шагометрии у девушек основной группы Гродно $8\,100 \pm 237,3$ локомоции, у студенток специальной группы $7\,870 \pm 219,1$ локомоции соответственно. Студентки УралГУФК, постоянно занимающиеся

Таблица 1

Распределение студенток вузов Гродно и Челябинска по видам физической активности

Вид физической активности	Гродно		Челябинск	
	Студенты основной группы ($n = 108$)	Студенты специальной группы ($n = 42$)	Студенты, постоянно занимающиеся спортом ($n = 68$)	Студенты с дополнительной физической нагрузкой ($n = 32$)
Бассейн	3,5 % ($n = 4$)	14,3 % ($n = 15$)	30,8 % ($n = 21$)	31,2 % ($n = 10$)
Тренажёрный зал	38 % ($n = 41$)	12,5 % ($n = 13$)	16,1 % ($n = 11$)	–
Игровые виды спорта	9,5 % ($n = 10$)	4,2 % ($n = 4$)	26,4 % ($n = 18$)	–
Пешие прогулки	17 % ($n = 18$)	6,4 % ($n = 9$)	26,4 % ($n = 18$)	46,8 % ($n = 15$)
Периодические занятия дома	32,4 % ($n = 35$)	0,9 % ($n = 1$)	–	21,8 % ($n = 7$)

Таблица 2

Результаты шагометрии студенток вузов Гродно и Челябинска (количество локомоций)

Показатель	Гродно, $M \pm m$		Челябинск, $M \pm m$	
	Студенты основной группы	Студенты специальной группы	Студенты, постоянно занимающиеся спортом	Студенты с дополнительной физической нагрузкой
Понедельник	9 445 \pm 321,1	6 751 \pm 221,1	13 678 \pm 373,3	9 856 \pm 218,1
Вторник	8 750 \pm 218,1	9 340 \pm 291,3	14 543 \pm 176,2	10 789 \pm 485,2
Среда	7 850 \pm 240,3	7 681 \pm 192,2	13 234 \pm 210,1	11 109 \pm 178,1
Четверг	8 841 \pm 202,2	9 665 \pm 231,4	12 248 \pm 301,2	9 856 \pm 247,3
Пятница	9 200 \pm 145,1	9 650 \pm 208,3	13 471 \pm 175,3	10 098 \pm 198,3
Суббота	6 110 \pm 158,4	5 689 \pm 182,1	15 287 \pm 157,4	11 895 \pm 231,3
Воскресенье	6 510 \pm 196,2	6 320 \pm 212,2	12 287 \pm 225,1	12 205 \pm 214,1
Общее (среднее)	8 100 \pm 237,3*	7 870 \pm 219,1**	13 535 \pm 231,2*	10 829 \pm 253,1**

спортом (68 %), в понедельник в среднем совершают 13 535±231,2 локомоции (шагов); респонденты, которые спортивные занятия имеют в качестве дополнительной нагрузки (32 %), совершают 10 829±253,1 локомоции, учитывая, что в процессе учебного дня есть образовательные предметы, связанные с физической активностью (основы волейбола, лыжный спорт и т. д.). Достоверно ($p < 0,05$) установлено, что девушки в основной группе здоровья (Гродно) совершают меньшее количество шагов по дням недели и в среднем соответственно, несмотря на дополнительную физическую нагрузку. Данные шагометрии доказывают, что студенты, постоянно занимающиеся спортом, достоверно больше совершают локомоций, чем студенты, для которых спорт лишь дополнительная нагрузка. Однако в обеих этих

группах показатель шагометрии не ниже 10 000 шагов (рекомендация ВОЗ).

Заключение. Двигательная активность человека — важный интегральный показатель здоровья. Программа по физическому воспитанию в вузе не в состоянии полностью устранить отрицательные последствия гипокинезии. Решение проблемы гиподинамического стресса у студентов неспортивных вузов требует комплексного подхода.

Разнообразие видов физической нагрузки и двигательной активности студентов возможно при условии мотивационно-волевого компонента интереса к занятиям физической культурой и осознания необходимости вести активный образ жизни и заниматься дополнительно физическими упражнениями.

Список литературы

1. Бородина, Д. П. Двигательная активность гимназистов областного центра Беларуси / Д. П. Бородина, Н. В. Пац // Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини: наук.-практ. конф. з міжнар. участю, присвячена 150-річчю з дня народження В. В. Вороніна. — Одеса, 9–10 квітня 2020 року. — Одеса : ОНМедУ, 2020. — С. 29.
2. Васильков, А. А. Теория и методика физического воспитания / А. А. Васильков. — Ростов н/Д. : Феникс, 2008. — 381 с.
3. Гелецкий, В. М. Теория физической культуры и спорта : учебное пособие / В. М. Гелецкий / Сибирский федеральный университет. — Красноярск : ИПК СФУ, 2008. — 342 с.
4. Гогонов, Е. Н. Психология физического воспитания и спорта : учебное пособие / Е. Н. Гогонов, Б. И. Мартянов. — М., 2000. — 168 с.
5. Грачёв, А. С. Изучение двигательной активности студентов различных специальностей / А. С. Грачев, Е. В. Гавришова // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 5. — С. 46–52.
6. Здоровье студентов: социологический анализ / отв. ред. И. В. Журавлёва ; Институт социологии РАН. — М., 2012. — 252 с.
7. Кабачкова, А. В. Двигательная активность студенческой молодёжи / А. В. Кабачкова, В. В. Фомченко, Ю. С. Фролова // Вестник Томского государственного университета. — 2015. — № 392. — С. 175–178. DOI 10.17223/15617793/392/29.
8. Третьяков, А. А. Анализ взаимосвязи уровня соматического здоровья студентов с двигательной активностью / А. А. Третьяков, В. В. Дрогомерецкий, В. В. Агошков // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3. — С. 21–24.
9. Физическая культура студента : учебник / под ред. В. И. Ильинича. — М. : Гардарики, 2001. — 448 с.

Сведения об авторах

Пац Наталия Викторовна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены и экологии Гродненского государственного медицинского университета, Гродно, Республика Беларусь. pats_nataly.2003@mail.ru

Звягина Екатерина Владимировна — кандидат педагогических наук, доцент кафедры физиологии, Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия. zv-aev@mail.ru

Мазур Марина Александровна — студентка 3-го курса педиатрического факультета Гродненского государственного медицинского университета, Гродно, Республика Беларусь.

*Bulletin of Chelyabinsk State University.
Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 50—53.*

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MOTOR ACTIVITY OF STUDENTS FROM BELARUS AND RUSSIA STUDYING IN UNIVERSITIES OF VARIOUS DIRECTIONS

N.V. Pats

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus. pats_nataly.2003@mail.ru

E.V. Zvyagina

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia. zv-aev@mail.ru

M.A. Mazur

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

The Mi Band 4 pedometer with a Fitbit bracelet was used to investigate the physical activity of medical students in the main and special groups of physical culture, and students of a specialized sports university. Comparison of the level of activity in these groups was carried out taking into account physical activity outside school hours. Pedometer parameters among Ural State University of Physical Culture students are higher than among students of a medical university. A direct correlation was found between the complaints of students arising from the dynamic loads in physical education lessons and their physical activity per day (less than 5000 steps). The current programs of one-hour physical education in an unsportsmanlike university cannot eliminate the negative consequences of student hypokinesia. Therefore, an important direction of the educational process is the development of students' motivation to increase the volume of physical activity during the day, study and rest, and, possibly, the revision of curricula in the direction of increasing physical education.

Keywords: motor activity, students, pedometer, medical University, specialized sports University, physical inactivity.

References

1. Borodina D.P., Pac N.V. Dvigatel'naya aktivnost' gimnazistov oblastnogo centra Belarusi [Physical activity of gymnasium students of the regional center of Belarus]. *Suchasni teoretichni ta praktichni aspekti klinichnoi medicini: nauchno-prakticheskaya konferentsiya z mizhnarodnym uchastiyem, prisvyachena 150-richchyu z dnya narodzhennya V.V. Voronina*. Odessa. 2020. Pp 29–30 (In Ukrainian).
2. Vasil'kov A.A. *Teoriya i metodika fizicheskogo vospitaniya* [Theory and methodology of physical education]. Rostov on Don, 2008. 381 p. (In Russ.).
3. Gelet'skij V.M. *Teoriya fizicheskoy kul'tury i sporta* [The theory of physical culture and sports]. Krasnoyarsk, 2008. 342 p. (In Russ.).
4. Gogunov E.N., Mart'yanov B.I., Golunov E.N. *Psihologiya fizicheskogo vospitaniya i sporta* [Psychology of physical education and sports]. Moscow, 2000. 168 p. (In Russ.).
5. Grachyov A.S., Gavrishova E.V. Izucheniye dvigatel'noj aktivnosti studentov razlichnyh special'nostej [Studying the motor activity of students of various specialties]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, vol. 5, pp. 46–52. (In Russ.).
6. *Zdorov'ye studentov: sociologicheskij analiz* [Student health: sociological analysis]. I.V. ZHuravleva (eds). Moscow, 2012. 252 p. (In Russ.).
7. Kabachkova A.V., Fomchenko A. V., Frolova YU. S. Dvigatel'naya aktivnost' studencheskoj molodezhi [Motor activity of student youth]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, vol. 392, pp. 175–178. DOI 10.17223/15617793/392/29. (In Russ.).
8. Tret'yakov A.A., Drogomereckij V.V., Agoshkov V.V. Analiz vzaimosvyazi urovnya somaticheskogo zdorov'ya studentov s dvigatel'noj aktivnost'yu [Analysis of the relationship between the level of somatic health of students with physical activity]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, vol. 3, pp. 21–24. (In Russ.).
9. *Fizicheskaya kul'tura studenta: uchebnik* [Physical culture of the student]. V. I. Il'inicha (eds). Moscow, 2001. 448 p. (In Russ.).

ОПАСНОСТЬ ТРАНСЖИРОВ ПИЩИ: ПРОБЛЕМА ИНФОРМИРОВАННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Н. М. Григорьева, М. В. Кулешова

Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

Статья посвящена исследованию информированности студентов вузов физической культуры о пищевых источниках транс-изомеров жирных кислот и их вредном влиянии на здоровье. Также проанализированы пищевые предпочтения студентов с позиции риска употребления в пищу большого количества трансжиров. Выявлен недостаточный уровень осведомлённости студентов о негативных последствиях, связанных с употреблением продуктов, содержащих трансжиры. **Актуальность.** Принимаемые меры по информированию о вреде и ограничению содержания трансжиров в продуктах питания недостаточны, поэтому проблема осведомлённости населения о негативном влиянии трансжиров на здоровье является актуальной. **Цель работы** — изучить уровень информированности студентов Уральского государственного университета физической культуры о содержании трансжиров в пище, их опасности для здоровья и допустимой норме потребления. **Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось с использованием анкетного опроса, в котором приняли участие 216 студентов Уральского государственного университета физической культуры различных направлений подготовки. **Результаты и их обсуждение.** Свыше 60 % респондентов имеют представления о пищевых источниках транс-изомеров жирных кислот и их вредном влиянии на здоровье. В то же время лишь 24 % студентов знают о рекомендуемой ВОЗ норме трансжиров в пище. Более 80 % обследуемых не готовы полностью отказаться от продуктов, содержащих модифицированные жиры. **Выводы и заключение.** Полученные результаты демонстрируют, что далеко не все студенты имеют представления о рисках, связанных с употреблением продуктов, содержащих трансжиры, и готовы следовать нормам здорового питания. Нужна дополнительная просветительская работа в форме студенческих семинаров или круглых столов.

Ключевые слова: гидрогенизация масел, здоровье, продукты питания, студенты, трансжиры, транс-изомеры жирных кислот.

Актуальность. Согласно мнению экспертного сообщества Всемирной организации здравоохранения, здоровье человека на 50–55 % определяется условиями и образом его жизни. Важной составляющей образа жизни человека является характер питания. Правильное питание, как известно, зиждется на трёх китах:

- соответствие пищи энергетическим затратам организма;
- соответствие химического состава пищи физиологическим потребностям организма (необходимо около 170 соединений);
- безопасность пищи.

Проблема безопасности еды в современном мире весьма актуальна, поскольку благодаря развитию пищевой химии в продуктах питания появилось множество химических соединений, которые практически отсутствуют в натуральной пище. При этом отдалённые эффекты воздействия этих веществ на организм остаются малоизученными.

Последние 20 лет большое внимание специалистов в сфере диетологии и здравоохранения уделяется проблеме присутствия в пище транс-изомеров жирных кислот (ТИЖК). Эти вещества образуются в результате частичной гидрогенизации ненасыщенных жирных кислот (присоединения водорода). ТИЖК отличаются формой, физико-химическими и биологическими свойствами от природных цис-изомеров ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в натуральных жирах. Молекулы транс-изомеров по своей конформации и температуре плавления близки к насыщенным жирным кислотам.

История появления транс-изомеров жирных кислот в продуктах питания началась в 1897 г., когда П. Сабатье разработал методику процесса гидрогенизации (гидрирования). В 1902 г. В. Норманн запатентовал технологию гидрогенизации растительных масел, что положило начало производства маргарина — основного источника ТИЖК в пище. Уже в 1911 г. компания Procter&Gamble

начала производство жира, представляющего собой продукт гидрогенизации хлопкового масла. Широкое распространение использования маргарина в XX в. объяснялось рядом причин: нехваткой молочного жира и относительной дешевизной этого продукта, его отличными хлебопекарными свойствами, а также маркетинговыми техниками: маргарин рекламировался как удобный в употреблении продукт, похожий по вкусу на сливочное масло, но в отличие от последнего не содержащий холестерина.

Однако уже в 1950-х гг. появились данные о потенциальной опасности трансжиров для здоровья. Многочисленные исследования, проведённые в 1990-х гг., показали, что потребление ТИЖК повышает риск возникновения сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, ожирения, диабета, бесплодия, нарушения мозговых функций [4; 7]. Установлено, что потребление ТИЖК в количестве 2 % от общей калорийности пищевого рациона увеличивает риск развития ишемической болезни сердца в 2 раза, а внезапной смертности от сердечно-сосудистых заболеваний — в 1,5 раза [3].

Поступая в организм с пищей, ТИЖК встраиваются в состав липидов клеточных мембран, что приводит к изменению структуры мембраны, уменьшению её текучести, изменению биологической активности белков, встроенных в мембрану. В результате изменяется проницаемость клеточной оболочки, нарушаются функции клетки и взаимодействия клеток друг с другом, то есть создаются предпосылки для возникновения патологических изменений [6].

Стратегия уменьшения потребления трансжиров населением базируется на ограничении использования модифицированных растительных жиров в продуктах питания и внесении в маркировку пищевой продукции информации о содержании ТИЖК [1]. В 2003 г. ВОЗ рекомендовала снизить потребление ТИЖК до 1 % от суточной калорийности рациона (менее 2,2 г при суточной калорийности 2000 ккал). Во многих европейских странах и США на законодательном уровне введены ограничения по содержанию трансжиров в пищевых продуктах — не более 2 % от общего количества жира.

В 2018 г. в России также было введено подобное ограничение, однако оно распространяется лишь на отдельные виды масложировой продукции, а нормирование ТИЖК в конечном продукте отсутствует. При этом маркировка трансжиров является обязательной только для масложиро-

вой продукции. Очевидно, что законодательных инициатив в решении вопросов, связанных со снижением потребления трансжиров с пищей, недостаточно. Весьма актуальной является проблема осведомлённости населения о вредном влиянии ТИЖК на здоровье.

Цель работы — изучить уровень информированности студентов Уральского государственного университета физической культуры о содержании трансжиров в пище и их опасности для здоровья. Исследование проводилось в рамках программы «Мониторинг состояния здоровья студентов вузов физической культуры и оценка эффективности коррекционных программ на период 2016–2020 гг.», одной из задач которой является изучение уровня компетентности студентов Уральского государственного университета физической культуры по вопросам здорового образа жизни [2].

Организация и методы исследования. В исследовании применялся метод анонимного опроса с использованием специально разработанной анкеты. Анкетирование проводилось среди бакалавров УралГУФК различных направлений подготовки. В обследовании приняли участие 216 человек, из них 144 — девушки, 72 — юноши. Средний возраст участников составлял $19,6 \pm 0,9$ лет. Все участники дали добровольное информированное согласие на проведение исследования.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования показали, что лишь 10 % студентов ничего не знают о трансжирах, 31 % слышали о негативном влиянии этих веществ на здоровье, а большинство — 59 % — могут объяснить, в чём именно заключается опасность трансжиров: среди возможных негативных эффектов указывают увеличение риска сердечно-сосудистых заболеваний. Однако лишь 24 % опрошенных знают, какое количество трансжиров в пище считается безопасным согласно рекомендации ВОЗ (1 % от суточной калорийности рациона, или менее 2,2 г на 2000 ккал в сутки), и только 15 % обращают внимание на маркировку ТИЖК в продуктах.

В структуру анкеты также был включён вопрос о путях поступления ТИЖК в организм человека. В настоящее время выделяют три источника ТИЖК в пище [1]:

— основной источник — маргарин, хлебопекарные и кондитерские жиры, которые получают путём гидрогенизации растительных масел (при этом ТИЖК могут составлять до 50 % всех жирных кислот);

– ненасыщенные растительные масла, подвергнутые нагреванию до высокой температуры (рафинирование и дезодорирование растительных масел, процесс жарки с использованием жидких растительных масел);

– мясо жвачных животных и молочные продукты, в которых ТИЖК присутствуют в небольшом количестве (до 10 % от общего количества жирных кислот) и которые являются продуктами биогидрогенизации ненасыщенных жиров. Важно отметить, что у естественных ТИЖК, содержащихся в жирах жвачных животных (руменовая и вакценовая кислоты), в отличие от искусственных транс-изомеров, обнаружена положительная биологическая активность.

Следует отметить, что главный источник транс-жиров в питании — частично гидрогенизированные растительные масла промышленного происхождения — известен 65 % респондентов. Однако лишь 49 % опрошенных знают, что ТИЖК образуются также в жидких растительных маслах, подвергнутых нагреванию в процессе жарки или дезодорации. Среди распространённых заблуждений относительно продуктов, содержащих ТИЖК, можно отметить следующие: 29 % анкетированных уверены, что источниками ТИЖК являются твёрдые растительные масла (например, масло какао или пальмовое); 27 % указывают в качестве источника ТИЖК нерафинированные жидкие растительные масла, а 7 % — жиры морской рыбы.

Несмотря на то, что почти 90 % респондентов знают о вреде трансжиров для здоровья, большинство из них (64 %) ответили, что не готовы полностью отказаться от продуктов, содержащих модифицированные жиры, а 18 % заявили, что присутствие модифицированных жиров в пище для них не имеет значения. Такой результат опроса вполне объясним, поскольку трансжиры присутствуют в огромном перечне продуктов, а по действующему законодательству производитель не обязан вносить в маркировку продуктов питания информацию о ТИЖК.

Зачастую современный ритм жизни вынуждает человека питаться продуктами, в которых содержатся гидрогенизированные жиры. В первую очередь, это продукция фастфуда (гамбургеры, чизбургеры, картофель фри, жаренные во фритюре пирожки, пончики и т. п.), содержание ТИЖК в которых составляет 18–46 % [3]. Согласно результатам опроса, лишь 3 % студентов никогда не употребляют продукцию фастфуда, 38 % — несколько раз в год, 44 % — несколько раз в месяц, 15 % — каждую неделю.

Ещё одна группа вкусных и удобных для «быстрой» еды продуктов — хлебобулочные и кондитерские изделия промышленного производства, в изготовлении которых используется маргарин или кулинарный жир (сдоба, пирожные, печенье, пряники, вафли, торты и т. п.). В таких продуктах содержание ТИЖК достигает 6,7 %, следовательно в 100 г этих продуктов содержится в несколько раз больше ТИЖК, чем рекомендуемая ВОЗ норма [5]. Результаты опроса показали, что ежедневно включают в рацион хлебобулочные и кондитерские изделия промышленного производства 26 % студентов, несколько раз в неделю — 37 %, несколько раз в месяц — 29 %, и только 8 % их практически не употребляют.

Выводы. В исследовании участвовали студенты — будущие специалисты в сфере спорта и физической культуры, в том числе адаптивной, для которых особенно важно формирование правильных представлений о роли питания в здоровом образе жизни. В то же время полученные результаты демонстрируют, что далеко не все студенты имеют устойчивые представления о рисках, связанных с употреблением продуктов, содержащих трансжиры, и готовы следовать нормам здорового питания. Очевидно, что нужна дополнительная просветительская работа, например, в форме студенческих семинаров или круглых столов, посвящённых различным аспектам правильного питания.

Список литературы

1. Бессонов, В. В. Трансизомеры жирных кислот: риски для здоровья и пути снижения потребления / В. В. Бессонов, Л. В. Зайцева // Вопросы питания. — 2016. — № 3. — С. 6–18.
2. Быков, Е. В. Организация мониторинга состояния здоровья студентов в Уральском государственном университете физической культуры / Е. В. Быков, О. А. Макунина, О. И. Коломиец, А. Н. Коваленко // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. — 2017. — Т. 13, № 1. — С. 3–10.
3. Зайцева, Л. В. Транс-изомеры — чума XXI века / Л. В. Зайцева // Пищевая промышленность. — 2012. — № 3. — С. 52–54.
4. Медведев, О. С. Трансизомеры жирных кислот как опасный компонент нездорового питания / О. С. Медведев, З. О. Медведева // Вопросы диетологии. — 2015. — Т. 15, № 2. — С. 54–63.

5. Нилова, Л. П. Проблемы безопасности хлебобулочных изделий: трансизомеры жирных кислот / Л. П. Нилова, А. А. Выговтов, С. М. Малютенкова, И. Ю. Лабойко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — 2017. — Т. 5, № 2. — С. 78–86.

6. Пристром, М. С. Изменение жирнокислотного состава сыворотки крови как одно из звеньев патогенеза сенильного кальцинированного аортального стеноза / М. С. Пристром, В. В. Артюшик, И. И. Семененков // Лечебное дело. — 2013. — Т. 31, № 3. — С. 44–49.

7. Mozaffarian, D. Health effects of trans-fatty acids: Experimental and observational evidence / D. Mozaffarian, A. Aro, W. C. Willet // The European Journal of Clinical Nutrition. — 2009. — Vol. 63. — P. 5–21. — URL: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602973>. 2020.12.09.

Сведения об авторах

Григорьева Наталья Михайловна — кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой биохимии Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия. natalya-grigoreva-12@mail.ru

Кулешова Марина Валерьевна — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биохимии Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия. treneva_marina@mail.ru

*Bulletin of Chelyabinsk State University.
Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 54–58.*

THE DANGER OF TRANS FATS IN FOOD: THE PROBLEM OF PUBLIC AWARENESS

N.M. Grigorieva

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia. natalya-grigoreva-12@mail.ru

M.V. Kuleshova

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia. treneva_marina@mail.ru

The article is devoted to the study of awareness of students of Ural state University of physical culture about food sources of transisomers of fatty acids and their harmful effects on health. Student's food preferences were also analyzed from the perspective of the risk of eating a large amount of TRANS fats. The insufficient level of awareness of students about the negative consequences associated with the use of products containing TRANS fats was revealed. Problem, goal, tasks. The purpose was to study the level of awareness of students of Ural state University of physical culture about the content of TRANS fats in food, their health risks and acceptable consumption rate. Materials and methods of research. The study was conducted using a questionnaire survey, which was attended by 216 students of Ural state University of physical culture in various directions of training. Results and discussion. More than 60 % of respondents have a point of view about the food sources of transisomers of fatty acids and their harmful effects on health. At the same time, only 24 % of students know WHO recommended norm of TRANS fat in food. More than 80 % of respondents are not ready to completely abandon products containing modified fats. Conclusions and conclusions. The results show that not all students are aware of the risks associated with the use of products containing TRANS fats, and are ready to follow the rules of a healthy diet. We need additional educational work in the form of student seminars or round tables.

Keywords: *hydrogenation of oils, health, food, students, TRANS fats, transisomers of fatty acids.*

References

1. Bessonov V.V., Zajceva L.V. Transizomery zhirnykh kislot: riski dlya zdorov'ya i puti snizheniya potrebleniya [Transisomers of fatty acids: health risks and ways to reduce consumption]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues], 2016, no. 3, pp. 6–18. (In Russ.).
2. Bykov E.V., Makunina O.A., Kolomiets O.I., Kovalenko A.N. Organizatsiya monitoringa sostoyaniya zdorov'ya studentov v Ural'skom gosudarstvennom universitete fizicheskoy kul'tury [Organization of monitor-

ing the state of health of students at the Ural state University of physical culture]. *Nauchno-sportivnyj vestnik Urala i Sibiri* [Scientific and sports Bulletin of the Urals and Siberia], 2017, no. 1 (13), pp. 3–10. (In Russ.).

3. Zaytseva L.V. Trans-izomery — chuma XXI veka [Trans-isomers-the plague of the XXI century]. *Pishhevaya promyshlennost'* [Food industry], 2012, no. 3, pp. 52–54. (In Russ.).

4. Medvedev O.S., Medvedeva Z.O. Transizomery zhirnykh kislot kak opasnyj komponent nezdorovogo pitaniya [Transisomers of fatty acids as a dangerous component of unhealthy nutrition]. *Voprosy dietologii* [Questions of dietetics], 2015, no. 2 (15), pp. 54–63. (In Russ.).

5. Nilova L.P., Vytovtov A.A., Malyutenkova S.M., Laboyko I. Yu. Problemy` bezopasnosti xlebobulochny`x izdelij: transizomery` zhirny`x kislot [Security concerns of bakery products: TRANS fatty acids]. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Pishhevy`e i biotexnologii»* [Bulletin Of SUSU. A series of “Food and biotechnology”], 2017, no. 2 (5), pp. 78–86. (In Russ.).

6. Pristrom M.S., Artyushhik V.V., Semenenkov I.I. Izmenenie zhirnokislотного состава sy`vorotki krovi kak odno iz zven`ev patogeneza senil`nogo kal`cinirovannogo aortal`nogo stenoza [Changes in the fatty acid composition of blood serum as one of the links in the pathogenesis of senile calcified aortic stenosis]. *Lechebnoe delo* [Medical business], 2013, no. 3 (31), pp. 44–49. (In Russ.).

7. Mozaffarian D., Aro A., Willet W.C. Health effects of trans-fatty acids: Experimental and observational evidence. *The European Journal of Clinical Nutrition*, 2009, 63, May, pp. 5–21, URL: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602973>.

АНАЛИЗ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ РАЦИОНА ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ АДЕКВАТНОГО ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

В. Е. Дерзян, С. А. Заварухина

Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

Рассматриваются вопросы осведомлённости студентов вуза физической культуры об основах адекватного сбалансированного питания, а также принципы современного подхода к грамотному построению пищевого рациона молодёжи. Адекватное питание — это важнейшая составляющая здоровья молодого поколения, правильного роста и развития, а также профилактики дефицита питательных веществ, витаминов и минеральных веществ.

Ключевые слова: *адекватное питание, пищевой рацион, рацион питания молодёжи, работоспособность, студены, нутриенты, энергозатраты, физические нагрузки.*

Введение. В современном мире пища является не только средством утоления физиологических потребностей, но и важнейшим звеном в культуре питания человека. Иными словами — употребляемая человеком пища стала показателем и важнейшим фактором здоровья и долголетия человека, его функционального и психологического состояния, а также его грамотности в подходе к собственному здоровью [1–3].

Пища является не только источником необходимой нам энергии, но и важнейшим источником витаминов, минералов, макро- и микроэлементов. Для молодого организма адекватное сбалансированное питание является необходимым и жизненно важным, ведь именно в студенческие годы на организм человека приходятся значительные физические и нервно-психические нагрузки, сопровождающиеся высокой утомляемостью и повышенной раздражимостью.

Физические нагрузки, психологическое напряжение, утомление и неправильное питание — всё это приводит современную молодёжь к различным хроническим заболеваниям, снижению иммунитета, частым простудным вирусным заболеваниям, а также, к стрессу и апатии. Учёными доказано, что люди, придерживающиеся правильного сбалансированного рациона питания, не только более здоровы и энергичны, но и более позитивны, мотивированы и работоспособны [5, с. 17–25]. Существует неоспоримая взаимосвязь между настроением человека и качеством пищи, которую он употребляет. Пожалуй, каждый из нас мог заметить на себе, в какое состояние приходит наш

организм и эмоциональный фон после тяжёлой, жирной, высококалорийной пищи. Появляется апатия, снижается работоспособность, повышается раздражительность и наступает известное всем чувство тяжести. Также абсолютно каждый из нас чувствовал, как легко и комфортно ощущать себя после умеренного по калорийности приёма пищи, в который входила пища, сбалансированная по нутриентному составу: сложные углеводы, белки, жиры, клетчатка и вода [4, с. 102–105].

Таким образом, сделав адекватное сбалансированное питание своей ежедневной привычкой, студенты смогут не только получать большее количество витаминов и минералов, но и иметь более крепкий иммунитет, а также более качественно учиться и уделять время не только учёбе, но и активному отдыху.

Актуальность исследования. В настоящее время одной из важнейших проблем для молодого поколения является неправильное витаминно- и минерально-дефицитное питание, в котором преобладают простые углеводы, консервированные продукты, полуфабрикаты и фастфуд [4; 5; 6, с. 38–42].

Кроме того, губительный рацион питания нередко сопровождается дефицитом, а иногда и вовсе полным отсутствием физических нагрузок. Таким образом, кроме негативного влияния потребляемых продуктов, студенты подвержены ещё и гиподинамии, которая также пагубно сказывается на обмене веществ в организме, а следовательно, и на состоянии здоровья молодёжи в целом. Всё это неминуемо ведёт к развитию заболеваний, снижению работо-

способности и обучаемости, утомлению и апатии.

Цель исследования: изучение осведомлённости и понимания молодёжью необходимости соблюдения адекватного сбалансированного рациона питания для улучшения состояния здоровья и работоспособности среди студентов очной формы обучения Уральского государственного университета физической культуры (УралГУФК).

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2020 учебном году, в нём приняли участие 25 студентов I–IV курсов очного отделения УралГУФК. Средний возраст опрошенных 20–25 лет. Все участники были уведомлены о цели исследования, анкетный опрос проводился анонимно и добровольно.

Методикой проведения данного исследования являлся анкетный опрос в количестве 20 вопросов, которые были направлены на изучение осведомлённости студентов УралГУФК об основах адекватного сбалансированного питания и его влиянии на работоспособность и состояние здоровья.

Результаты и их обсуждение. Нами был проведён анкетный опрос, включающий 20 вопросов, которые были направлены на выявление уровня осведомлённости студентов о важности и значимости адекватного питания как фактора, влияющего на состояние здоровья, психологический и эмоциональный фон, работоспособность и в целом на качество жизни.

Изначально в анкете изучалась осведомлённость студентов о базовых основах адекватного сбалансированного рациона питания с помощью вопросов «Сколько приёмов пищи в день Вы совершаете?», «Соблюдайте ли Вы питьевой режим?», «Завтракаете ли Вы?». Нами установлено, что 68 % студентов (17 человек) осведомлены о базовых основах адекватного питания.

Следующими были вопросы, изучающие потребление студентами тех или иных групп пищевых продуктов. Нам было необходимо выяснить, присутствует ли в рационе студентов такие важные компоненты питания, как свежие овощи и фрукты, как часто и в каком количестве. По результатам анкетирования только 36 % (9 человек) ежедневно дополняют свой рацион свежими овощами и фруктами.

Далее были вопросы выбора между различными типами продуктов: «Хлебную продукцию какого типа предпочли бы Вы?», «Какой из предложенных вариантов перекусов наиболее предпочтителен Вами?», «Какой процент жирности молочных и кисломолочных продуктов Вы употребляете

в своём рационе?». По итогам анкетирования выяснилось, что всего 40 % (10 человек) в своём рационе отдают предпочтение цельнозерновой хлебной продукции, в качестве перекуса чаще выбирают орехи и фрукты, а молочную продукцию употребляют только с адекватным процентом жирности.

Заключительным блоком вопросов были изучены дополнительные источники питательных веществ и витаминов, используемые участниками анкетирования: «Используете ли Вы витаминные или минеральные добавки к своему основному рациону питания?», «Какие витамины и витаминно-минеральные комплексы Вы предпочитаете и в какое время года?», «Употребляете ли Вы ещё какие-либо БАДы и средства метаболической коррекции, с какой целью?». В результате анкетирования выявлено, что дополняют свой основной рацион питания витаминно-минеральными комплексами 5 студентов (20 %), используя курс поливитаминных добавок 1–2 раза в год.

Подводя итоги проведённого анкетирования, можно судить о наличии базовой осведомлённости студентов очной формы обучения УралГУФК об основах режима и гигиены питания. Однако опрос выявил недостаток потребления студентами разных курсов клетчатки (овощей и фруктов) — только 36 % опрошенных (в это число вошли студенты-активисты, состоящие в различных творческих коллективах нашего вуза, а также студенты с хорошей и отличной успеваемостью).

Таковую же долю составили респонденты, отдающие предпочтение сложным углеводам в пище при выборе блюд, а также дополняющие свой рацион молочной и кисломолочной продукцией хорошей жирности.

Анкетирование показало, что витаминно-минеральные комплексы и БАДы также употребляются очень небольшим количеством студентов.

Таким образом, можно сделать вывод, что современные студенты находятся в состоянии огромного дефицита жизненно важных витаминов, минералов, макро- и микроэлементов. Употребление высококалорийной, многократно обработанной, консервированной, высокоуглеводной и жирной пищи не только обделяет наш организм необходимыми компонентами питания, но и негативно влияет на состояние здоровья, психологическое и эмоциональное состояние, работоспособность, успеваемость и обучаемость. Кроме элементарной нехватки качественной, грамотно приготовленной и полезной пищи, в рационе подавляющего большинства студентов отсутствуют дополнительные

источники витаминов и минералов в виде пищевых добавок, то есть современная молодёжь не только не получает необходимого количества витаминов, минералов, макро- и микроэлементов из пищевых продуктов, но и не дополняет свой рацион данными веществами.

Увеличивается риск развития или обострения тех или иных хронических заболеваний, снижается двигательная активность по причине ощущения тяжести после высококалорийного приёма пищи или же, наоборот, ощущается постоянная нехватка сил вследствие дефицита тех или иных нутриентов в питании. Наблюдается также нестабильность эмоционального фона студентов, которая тоже нередко связана с неграмотным ра-

ционом питания: невозможно сконцентрироваться на усвоении учебного материала или грамотном решении какой-либо жизненной ситуации, находясь в постоянном недоедании и дефиците питательных веществ или же, наоборот: регулярно переедая, студенты также обрекают себя на трату собственного времени и внимания на пребывание в состоянии «переедания» и «тяжести».

Возможно, пока организм студента ещё молод и полон сил, пагубное влияние нерационального питания не ощущается так остро. Но если мы хотим обеспечить современной молодёжи качественное и здоровое долголетие, то необходимо задуматься об этом прямо сейчас.

Список литературы

1. Барановский, А. Ю. Диетология : руководство / А. Ю. Барановский. — СПб. : Питер, 2018. — 1104 с. (Сер. Спутник врача).
2. Комелькова, М. В. О перспективе коррекции синдрома посттравматических стрессорных расстройств обогащенными ресвератролом продуктами питания / М. В. Комелькова, П. Н. Попков, Д. А. Попова, П. О. Платковский, М. С. Лапшин, В. Э. Цейликман // Вестник ЧелГУ. Серия Образование и здравоохранение. — 2019. — № 3–4 (7–8). — С. 9–14.
3. Лапшин, М. С. Глюкокортикоид-зависимая регуляция свободнорадикального окисления у конькобежцев / М. С. Лапшин, И. В. Резанович, Н. Я. Платунова, Е. А. Резанович, М. В. Комелькова // Вестник ЧелГУ. Серия Образование и здравоохранение. — 2019. — № 1–2 (5–6). — С. 11–15.
4. Перлмуттер, Д. Еда и мозг. Что углеводы делают со здоровьем, мышлением и памятью / Д. Перлмуттер, К. Лоберг ; пер. с англ. Г. Федотова, С. Чигринец. — New York, USA : Манн, Иванов и Фербер, 2019. — 512 с.
5. Экстед, Н. Счастье есть. Как правильная еда поднимает настроение и возвращает радость жизни / Н. Экстед, Х. Эннарт ; пер. с англ. И. В. Гродель. — Минск : Попурри, 2019. — 232 с.
6. Taub-Dix, B. Read It Before You Eat It: Taking You from Label to Table / B. Taub-Dix. — CreateSpace Independent Publishing Platform. Kindle Edition, ASIN B077J8C842, 2017. — 253 p.

Сведения об авторах

Дерзян Владислава Евгеньевна — студентка 4-го курса кафедры теории и методики конькобежного спорта факультета зимних видов спорта и единоборств Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия.

Заварухина Светлана Александровна — кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии Уральского государственного университета физической культуры, Челябинск, Россия. svezava@ya.ru

*Bulletin of Chelyabinsk State University.
Education and Healthcare. 2020. № 4 (12). P. 59—62.*

ANALYSIS OF A BALANCE IN A DIET FOR THE PHYSICAL CULTURE STUDENTS OF THE URAL STATE UNIVERSITY ON THE BASIS OF THE HUMAN ADEQUATE NUTRITION THEORY

V.E. Derzyan

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia

S.A. Zavarukhina

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia. svezava@ya.ru

The questions of IHE (Institution of higher education) Physical Culture students knowledge of the adequate balanced diet basis and the principles of the modern approach to the literate building up of a food diet for young people are being considered in the following article. Adequate nutrition — is the most important component of the youth generation health, their correct growth and development and also negative consequences prevention of the nutrients, vitamins and minerals deficit.

Keywords: *adequate nutrition, food diet, students, efficiency, nutrients, energy costs, physical exercise.*

References

1. Baranovskij A.Yu. *Dietologiya*. Rukovodstvo. St. Petersburg, Piter Publ., 2018. 1104 p. Seriya Sputnik vracha. (In Russ.).
2. Komel'kova M.V., Popkov P.N., Popova D.A., Platkovskij P.O., Lapshin M.S., Cejlikman V.E. O pervpektive korrektsii sindroma postravmaticheskikh stressornykh rasstrojstv obogashchennymi resveratrolom produktami pitaniya. *Vestnik CHelGU. Seriya "Obrazovanie i zdravoohranenie*, 2019, № 3–4 (7–8), pp. 9–14.
3. Lapshin M.S., Rezanovich I.V., Platonova N.Ya., Rezanovich E.A., Komel'kova M.V. Glyukokortikoid-zavisimaya regulyaciya svobodnoradikal'nogo okisleniya u kon'kobezhcev. *Vestnik CHelGU. Seriya "Obrazovanie i zdravoohranenie*, 2019, № 1–2 (5–6), pp. 11–15.
4. Perlmutter D., Loberg K. *Eda i mozg. Chto uglevody delayut so zdorov'em, myshleniem i pamyat'yu*. New York, USA, Mann, Ivanov i Ferber Publ., 2019. 512 p. (In Russ.).
5. Eksted N., Ennart H. *Schast'e est'. Kak pravil'naya eda podnimaet nastroyenie i vozvrashchaet radost' zhizni*. Minsk, Popurri Publ., 2019. 232 p. (In Russ.).
6. Taub-Dix B. *Read It Before You Eat It: Taking You from Label to Table*. CreateSpace Independent Publishing Platform. Kindle Edition, ASIN B077J8C842, 2017. 253 p.