

3. *Kisselev, P. A.* Flow-cytometric analysis of reactive oxygen species in cancer cells under treatment with brassinosteroids / P. A. Kisselev [et al.] // *Steroids*. 2017. – Vol. 117. – P. 11–15.
4. *Coskun, D.* Epibrassinolide alters PI3K/MAPK signaling axis via activating Foxo3a-induced mitochondria-mediated apoptosis in colon cancer cells / D. Coskun [et al.] // *Experimental Cell Research*. – 2017. – Vol. 338. – P. 10–21.
5. *Сыса, А. Г.* Брассиностероиды как эффекторы монооксигеназных систем млекопитающих / А. Г. Сыса, П. А. Киселев. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 104 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА У СОТРУДНИКОВ ФИНАНСОВОГО СЕКТОРА**

## **USAGE OF THE SOFTWARE-APPARATIVE TECHNIQUE TO DETERMINE THE FUNCTIONAL STATE OF THE ORGANISM IN THE FINANCIAL SECTOR EMPLOYEES**

***С. И. Сычик, Е. С. Щербинская,  
S. Sychik, L. Shcherbinskaya***

*Научно-практический центр гигиены, г. Минск, Республика Беларусь  
prof@rspch.by  
Scientific practical centre of hygiene, Minsk, Republic of Belarus*

Базисом для экстраполяции нарушений профессионального здоровья, как и здоровья в целом, лежат положения теории адаптации. Снижение адаптации организма под воздействием факторов риска профессиональной среды, нарушение гомеостаза может рассматриваться как патофизиологическая основа большинства болезней. Обеспечивая оценку адаптационных резервов организма, можно не только спрогнозировать предполагаемые изменения состояния здоровья, но и планировать осуществление персонализированной профилактики развития болезней.

The basis for the extrapolation of occupational health disorders, as well as health in general, are the provisions of the theory of adaptation. Reducing the adaptation of the organism under the influence of risk factors of the professional environment, a violation of homeostasis can be considered as the pathophysiological basis of most diseases. Providing an assessment of the adaptation reserves of the body, it is possible not only to predict the expected changes in health status, but also to plan the implementation of personalized prevention of disease development.

*Ключевые слова:* адаптация, функциональное состояние организма.

*Keywords:* adaptation, functional state of the organism.

Безопасность поведения человека определяется в первую очередь «целевым уровнем риска», то есть уровнем риска, который работники допускают, переносят предпочитают, желают иметь и выбирают [1]. Целевой уровень риска зависит от предполагаемой выгоды и недостатков, связанных с влиянием неблагоприятных факторов, подвергающий опасности жизнь и здоровье работника. В фазе утомления физиологически происходит снижение активности поведения и бодрствования. Непроизвольно снижается любой вид трудоспособности: сенсорный, интеллектуальный, мышечный, тем самым ухудшается качество и падает интенсивность умственных и физических усилий. Экономия резервов организма в первую очередь производится за счет не выполнения действий, обеспечивающих безопасность работы и качество проделанной работы, что способствует увеличению количеству ошибок и снижению степени осторожности поведения [2; 3].

С ростом стоимости рабочей силы, затрат на подготовку квалифицированных специалистов, страховые выплаты работодателем, оценка уровня здоровья человека приобретает экономический эквивалент. Если специальность характеризуется высокой степенью ответственности, то последствие решений, связанных с утомлением, может «стоять» огромных финансовых потерь и даже привести к трагическому исходу [4]. Высокая ответственность, связанная с выполнением должностных обязанностей, авральные ситуации, связанные с выполнением экстренных работ приводят к высокому уровню стресса у работников.

С точки зрения Международной организации труда стресс – это болезненная физическая и эмоциональная реакция, вызванная нарушением равновесия между сознаваемыми требованиями и имеющимися ресурсами, и способностями людей удовлетворять этим требованиям. Стресс зависит от организации труда, трудовых отношений и механизмов взаимодействия. Он возникает в том случае, если требования к работнику не соответствуют или превосходят его возможности, ресурсы или потребности, или если знания или способности работника (группы работников) не удовлетворяют ожиданиям, предъявляемым культурой предприятия.

Среди ведущих систем организма отражающих влияния стресса и заслуживающих особое внимание, является сердечно-сосудистая система, так как она наиболее чувствительна к различного рода изменениям и может выступать маркером функционального состояния организма (Парин В. В. с соавт., 1967; Баевский Р. М., 1976, 1979; Меерсон Ф. З., 1988, Данилова Н. Н., 1992; Судаков К. В., 1992).

С позиции современной теории адаптации функциональное состояние сердечно-сосудистой системы может рассматриваться в качестве одной из суммарных характеристик организма и отражает возможность приспособления ко внешним и внутренним средовым факторам (Адрианов В. П., 1988). Поэтому для диагностики и прогнозирования состояния здоровья человека в современной медицине активно используются показатели кардиореспираторного комплекса, который отображает функциональные сдвиги организма работников [5]. Данные сдвиги определяются резервными возможностями человека, такими как норма, напряжение адаптации и срыв адаптации. Из курса нормальной физиологии известно, что для оценки функционального состояния организма и его систем используются косвенные показатели, особенно в тех случаях, когда без ущерба для здоровья или деформируя рабочий цикл человека, прямые методы применять недопустимо.

Современным способом оценки функционального состояния организма является использование современных диагностических комплексов.

Функциональное состояние организма оценили с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М». Работа программно-аппаратного комплекса «Омега-М» основана на анализе вариабельности сердечного ритма, что дает возможность контролировать показатели функционального состояния пациента, прогнозировать их изменения, оценивать резервы организма [6, 7].

По результатам обследования определяются следующие нормированные показатели функционального состояния организма на момент исследования [4]:

А – уровень адаптации сердечно-сосудистой системы, характеризующий адаптационные резервы организма в целом;

В – уровень вегетативной регуляции, отражающий функциональные резервы и возможности организма, прежде всего, в части эффективности деятельности сердечно-сосудистой системы;

С – уровень центральной (нейроэндокринной) регуляции, отражающий энергетические резервы и энергетический баланс в системах управления различными функциями организма;

Д – показатель психоэмоционального состояния, отражающий глубину воздействия стрессовых ситуаций на организм;

Н (Health) – интегральный показатель функционального состояния организма на момент обследования.

Оценка состояния организма проводится комплексно по всем указанным показателям с выдачей результата по 3-м параметрам [6; 7]:

«Физиологическая норма» – высокий уровень физической и психоэмоциональной активности, оптимальная адаптация;

«Отклонение от нормы» (донозологическое состояние) – имеются незначительные отклонения функциональных показателей от нормы, свидетельствующие о напряжении регуляторных систем;

«Патологические изменения» (срыв адаптации) – перенапряжение вегетативной нервной системы, резкое снижение энергетических ресурсов организма, признаки нервного перенапряжения и депрессивного состояния, требуется дообследование у врача-специалиста, связанное с выявлением возможных соматических заболеваний и психоэмоциональных причин.

Оцениваемые производные и комплексные величины вариабельности сердечного ритма, описанные в статье [5]:

ИВР – индекс вегетативного равновесия, который указывает на соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. При увеличении симпатического тонуса ИВР увеличивается, при увеличении парасимпатического тонуса – уменьшается;

ВВР – вегетативный показатель ритма, который показывает вегетативный баланс со стороны оценки активностью автономного контура регуляции. При парасимпатической активности общая величина уменьшается, при увеличении симпатической активности – снижается;

ПАВР – показатель адекватности процессов адаптации, который отражает соответствие между активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы и ведущим уровнем функционирования синусового узла;

ИН – индекс напряжения отражает степень централизации управления сердечным ритмом по выраженности напряжения механизмов симпатической регуляции, в частности центрального контура.

Целью исследования являлась оценка функционального состояния работников финансового сектора.

Для реализации поставленной цели был обследован организованный коллектив, состоящий из работников офисного труда финансового сектора. Оценка функционального состояния была проведена 625 работникам.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программы Statistica 10.0. Статистически значимые различия между исследованными группами рассчитывались с помощью критериев Манни-Уитни и Краскелла–Уоллиса, при  $p \leq 0,05$ .

При оценке результатов исследования все сотрудники были разбиты на группы в зависимости от стажа работы. В результате получилось 4 стажевых группы: «до 5 лет», «6–15 лет», «16–25 лет», «26 и более лет». Показатели функционального состояния отражены в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели функционального состояния организма работников в зависимости от стажа трудовой деятельности

Трудовой стаж, лет	Количество сотрудников	A, %	B, %	C, %	D, %	H, %
До 5	66	65	76	63	66	68
6–15	214	63	73	65	66	67
16–25	180	54	65	58	60	59
26 и более	168	47	58	52	55	53

При проведении оценки функционального состояния работников банка было выявлено, что с увеличением стажа работы у работников происходит снижения функционального состояния. Адаптационные возможности организма начинают существенно снижаться в группе лиц «16–25 лет», мы предполагаем, что это связано с естественными физиологическими процессами, связанными с биологическим старением организма. Также нами проведен углубленный анализ показателей variability сердечного ритма, который представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели ВСР у офисных работников в зависимости от стажа трудовой деятельности, Me ( $P_{25}$ ;  $P_{75}$ )

Стаж, лет	ИВР, у.е.	ВПР, у.е.	ПАПР, у.е.	ИН, у.е.
До 5	99,00 [64,50; 154,50]	0,38 [0,32; 0,41]	37,20 [27,50; 46,70]	73,90 [43,50; 117,20]
6–15	113,25 [77,00; 169,50]	0,35 [0,29; 0,41]	41,65 [31,80; 53,80]	78,05 [50,30; 118,90]
16–25	143,00 [106,00; 217,80]	0,31 [0,23; 0,36]	42,35 [33,95; 55,55]	91,85 [68,55; 150,55]
25 и более	185,75 [122,30; 281,10]	0,26 [0,23; 0,37]	47,20 [36,00; 62,85]	117,15 [73,00; 192,20]

Очевиден тот факт, что с увеличением стажа возрастают показатели ИВР и ИН. Данные показатели являются индикаторами повышения тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. Повышение ИВР и ИН свидетельствует о симпатикотонии в высокостажированных группах групп, особенно после 25 лет, что говорит о возрастных физиологических изменениях в организме, связанных с нарушением различных видов регуляции, изменением гомеостаза, обусловленных стрессом.

Изменение показателей функционального состояния организма прямо пропорционально обусловлены возрастом и стажем трудовой деятельности сотрудников, так как тенденции к ухудшению показателей связаны с биологическими причинами (гормональными изменениями, образом жизни, накоплением хронических неинфекционных заболеваний, психоэмоциональным состоянием и др.).

На показатели функционального состояния организма влияет характер трудовой деятельности: худшие показатели имеют лица, работа которых связана с финансовой ответственностью, большими функциональными обязанностями, работой с людьми.

Таким образом, комплексная оценка variability сердечного ритма позволяет проводить диагностику изменений функционального состояния организма. Преобладание активации симпатического звена вегетативной нервной системы могут рассматриваться как неспецифический компонент адаптационной реакции на стресс.

Стресс дезорганизует деятельность человека, нарушает нормальный ход его поведения. Стрессы, особенно если они часты и длительны, оказывают отрицательное влияние не только на психологическое состояние, но и на физическое здоровье человека. Они представляют собой главные «факторы риска» при проявлении и обострении таких заболеваний, как сердечно-сосудистые и заболевания желудочно-кишечного тракта. Пролонгированный стресс, безусловно, отражается на адаптационных резервах и возможностях организма, что сможет способствовать развитию соматической патологии.

Безусловно, огромную роль в здоровьесбережении на предприятии выполняет отдел по работе с персоналом учреждений финансового сектора. Поэтому при формировании плана профилактических мероприятий, способствующих сохранению и улучшению функциональных показателей организма работников финансового сектора наибольшее внимание рекомендуется уделять лицам из категории специалистов по операционно-кассовой работе и руководителям несамостоятельных структурных подразделений и их заместителям: по возможности организовать для данных категорий работников курсы общеоздоровительных мероприятий, проведение восстановительных мероприятий по достижении определенной степени нагрузки и выполнения работы в экстремальных условиях (авральное решение производственных задач) психолого-педагогическими средствами (групповые и индивидуальные тренинги, освоение медитации, расслабляющие процедуры и др.), а также формировать мотивацию к занятиям физической активностью в достаточном количестве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин, Г. А. Работа, утомление и профессиональный риск / Г. А. Сорокин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – С. 244–245.

2. *Gerald, J. S.* Модели несчастного случая: гомеостазис риска // Энциклопедия безопасности труда МОТ, 2004.
3. *Хлопин, Г. В.* Влияние умственного труда на главные физиологические функции организма и, в частности, на газообмен / Г. В. Хлопин // Гигиена труда. – 1923. – № 3–4, – С. 12–18.
4. *Довгуша, В. В.* Отдых на этапах учебно-боевой деятельности подводников / В. В. Довгуша, И. Л. Мызников. – СПб. : ФГУП НИИ промышленной и морской медицины, 2006. – 94 с.
5. Методика контроля за функциональным состоянием моряков. Диагностические индексы и физиологические нагрузочные тесты : пособие для врачей / под общей ред. И. Л. Мызникова. – Мурманск: Север, 2008. – С. 8–10.
6. Оценка функционального состояния системы кровообращения у работников энергетического комплекса / А. Г. Братухин [и др.] // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – № 8. – С. 112–116.
7. *Чуян, Е. М.* Комплексный подход к оценке функционального состояния студентов / Е. М. Чуян, Е. А. Бирюкова, М. Ю. Раваева // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2008. – Т. 21. – № 1. – С. 123–129.
8. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологическая интерпретация и клиническое использование : руководство // *European Heart Journal*. – 1996. – Vol. 17. – P. 354–381.

## **УЧАСТИЕ МЕТАЛЛОТИОНЕИНОВ В РАЗВИТИИ АПОПТОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПО КАСПАЗО-ЗАВИСИМОМУ МЕХАНИЗМУ В ЛИМФОЦИТАХ ПАЦИЕНТОВ С В-ХРОНИЧЕСКИМ ЛИМФОЦИТАРНЫМ ЛЕЙКОЗОМ**

### **ROLE OF METALLOTHIONEINES IN THE DEVELOPMENT OF CASPASE-DEPENDENT APOPTOTIC PROCESSES IN LYMPHOCYTES OF PATIENTS WITH B-CHRONIC LYMPHOCYTIC LEUKEMIA**

***А. В. Тамашевский, Ю. М. Гармаза, Е. И. Белевич, Е. И. Слобожанина***  
***A. Tamashevski, Y. Harmaza, K. Bialevich, E. Slobozhanina***

*Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь  
tayzoe@gmail.com*

*Institute of Biophysics and Cell Engineering of National Academy of Sciences, Minsk, Republic of Belarus*

Проведена оценка активности цистеиновой протеазы – каспазы-3 и уровня экспрессии цистеин-содержащих низкомолекулярных белков металлотиионеинов в лимфоцитах пациентов с В-хроническим лимфоцитарным лейкозом (В-ХЛЛ) до и после модификации их редокс-статуса. В лимфоцитах пациентов при В-ХЛЛ обнаружена повышенная активность каспазы-3 по сравнению с нормальными клетками. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-индуцированный окислительный стресс в лейкоэмических клетках приводил к запуску апоптотических процессов по каспазо-зависимому механизму. Установлено, что основным триггером в этом процессе могут выступать металлотиионеины, которые играют значительную роль в поддержании гомеостаза ионов цинка в лимфоцитах человека, в том числе и при В-ХЛЛ.

The activity of cysteine protease – caspase-3 and the expression of cysteine-containing low molecular weight proteins – metallothioneins in lymphocytes of patients with B-cell chronic lymphocytic leukemia (B-CLL) were evaluated before and after modification of their redox status. An increased caspase-3 activity was detected in lymphocytes of patients with B-CLL compared to normal cells. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced oxidative stress in leukemic cells led to the activation of caspase-dependent apoptotic processes. It has been established that metallothioneins are the main triggers in this process and these proteins play a significant role in maintaining the zinc homeostasis in cells including leukemic.

*Ключевые слова:* хронический лимфоцитарный лейкоз, металлотиионеины, каспаза-3, редокс-статус, цинковый гомеостаз.

*Keywords:* chronic lymphocytic leukemia, metallothioneins, caspase-3, redox-state, zinc homeostasis.

Одним из предполагаемых путей развития устойчивости опухолевых клеток к действию ксенобиотиков является увеличение содержания внутриклеточных тиолов, таких как глутатион и металлотиионеины (MTs), которые связывают компоненты, токсичные для клетки. MTs млекопитающих представляют собой суперсемейство неэнзиматических полипептидов (молекулярная масса 6–7 кДа) с высоким содержанием цистеина, серы и металлов (тиолатные кластеры металлов). Именно благодаря своей уникальной структуре данные белки способны