

Читать
онлайн
Read
online

Новикова Т.А., Спиринов В.Ф., Старшов А.М.

Показатели функционального состояния системы кровообращения у механизаторов сельского хозяйства

Саратовский медицинский научный центр гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 410022, Саратов, Россия

Введение. Выявление функциональных нарушений и донозологических состояний системы кровообращения в условиях негативных воздействий производственной среды является необходимым звеном в разработке мер профилактики нарушений здоровья работающих.

Материалы и методы. Проведены исследования функциональных показателей гемодинамики, выносливости и экономичности, функциональных резервов системы кровообращения и дисперсионное картирование ЭКГ с применением электрокардиографа для кардиоскрининга «КардиоВизор-06с» у 85 мужчин трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства (механизаторов сельского хозяйства). Средний возраст обследованных составил $42,36 \pm 1,2$ года, средний стаж работы в профессии — $19,61 \pm 1,26$ года.

Результаты. Установлено, что у механизаторов сельского хозяйства, подверженных в процессе работы воздействию факторов рабочей среды, обладающих прогипертензивным действием, выявлены нарушения функционального состояния системы кровообращения и снижение адаптационных возможностей организма, свидетельствующие о проявлении пограничных между нормой и патологией состояний. Между длительностью стажа работы в профессии и уровнем функционирования системы кровообращения установлена статистически значимая корреляционная связь ($r = 0,53$). По данным дисперсионного картирования ЭКГ, индивидуальные значения показателя микроальтернаций «Миокард» у 14,3% обследованных соответствовали пограничному состоянию, близкому к начальной стадии вероятной патологии. Наиболее выраженные изменения, свидетельствующие о нарушении кардиометаболических процессов, были отмечены у работников старше 40 лет. Средние значения индекса «Ритм», характеризующего интегральную составляющую вариальности сердечного ритма, являющегося маркером адаптивных возможностей организма, у всех обследованных находились в пределах 21–35% (при нормальном значении 0–20%), что соответствовало повышенному напряжению регуляторных систем или пограничному состоянию. Повышенные индивидуальные уровни интегрального индикатора «Ритм» (ИР) чаще регистрировались у лиц старше 50 лет.

Ограничения исследования определены областью изучения предмета исследований в одной профессиональной когорте работников.

Заключение. Раннее выявление донозологических изменений показателей системной гемодинамики и адаптации системы кровообращения может быть одним из инструментов выявления группы риска работников, нуждающихся в разработке и внедрении мер профилактики болезней системы кровообращения.

Ключевые слова: механизаторы сельского хозяйства; прогипертензивные производственные факторы; система кровообращения; функциональные показатели; адаптация; профилактика

Соблюдение этических стандартов. Исследования проведены с соблюдением этических норм и принципов, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации пересмотра 2008 г. Перед обследованием в соответствии с требованиями биомедицинской этики было получено добровольное информированное согласие всех участников исследования.

Для цитирования: Новикова Т.А., Спиринов В.Ф., Старшов А.М. Показатели функционального состояния системы кровообращения у механизаторов сельского хозяйства. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(10): 1063–1068. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1063-1068> <https://elibrary.ru/kwaalt>

Для корреспонденции: Новикова Тамара Анатольевна, канд. биол. наук, доцент, зав. лаб. гигиены труда Саратовского МНЦ гигиены, 410022, Саратов. E-mail: novikovata-saratov@yandex.ru

Участие авторов: Новикова Т.А. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка и анализ данных, написание текста, редактирование; Спиринов В.Ф. — редактирование, одобрение окончательной версии; Старшов А.М. — сбор и статистическая обработка данных, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 30.08.2023 / Принята к печати: 26.09.2023 / Опубликована: 20.11.2023

Tamara A. Novikova, Vladimir F. Spirin, Andrey M. Starshov

Indicators of the functional state of the circulatory system among agricultural machine operators

Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Scientific Center of the Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Saratov, 410022, Russian Federation

Introduction. Identification of functional disorders and prenosological conditions of the circulatory system under the conditions of adverse effects of the occupational environment is a necessary link in the development of measures to prevent health disorders in workers.

Materials and methods. The study of functional indicators of hemodynamics, endurance and efficiency, functional reserves of the circulatory system, and ECG dispersion mapping using “Cardiovisor-06s” in eighty five male tractor drivers in agricultural production (agricultural machine operators) was carried out. The average age of the surveyed cases was 42.36 ± 1.2 years, the average work experience in the occupation is 19.61 ± 1.26 years.

Results. Agricultural machine operators, whose working conditions are characterized by the influence of working environment factors with a prohypertensive effect, have been established to reveal changes in the indicators of the functional state of the circulatory system and a decrease in the adaptive capabilities of the body, indicating the manifestation of borderline states between the norm and pathology. Between the duration of work experience in the occupation and the level of functioning of the circulatory system, a statistically significant correlation was established ($r = 0.53$) According to ECG dispersion mapping, individual values of the “Myocardium” microalternation index in 14.3% of the examined cases corresponded to a borderline state close to the initial stage of probable pathology. The most pronounced changes, indicating a violation of cardiometabolic processes, were noted in workers over 40 years. The average values of the “Rhythm” index (RI), which characterizes the integral component of heart rate variability, which is a marker of the adaptive capabilities of the body,

were in the range of 21–35% for all examined persons (with a normal value of 0–20%), which corresponded to an increased tension of regulatory systems or a borderline state. Increased individual levels of RI were more often recorded in people over 50 years.

Limitations on the study are determined by the area of studying the subject of research in one professional cohort of workers.

Conclusion. Early detection of prenosological changes in systemic hemodynamics and adaptation of the circulatory system can be one of the tools to identify the risk group of workers who need to develop and implement measures to prevent diseases of the circulatory system.

Keywords: Agricultural machine operators; prohypertensive production factors; circulatory system; functional indicators; adaptation; prevention

Compliance with ethical standards. The studies were conducted in compliance with the requirements of ethical standards and principles set forth in the 2008 revision of the Declaration of Helsinki by the World Medical Association. Voluntary informed consent of the respondents was obtained to participate in the study. Before the examination, in accordance with the requirements of biomedical ethics, voluntary informed consent was obtained from all participants in the study.

For citation: Novikova T.A., Spirin V.F., Starshov A.M. Indicators of the functional state of the circulatory system among agricultural machine operators. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(10): 1063–1068. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1063-1068> <https://elibrary.ru/kwaalt> (In Russ.)

For correspondence: Tamara A. Novikova, MD, PhD, head of the Laboratory of occupational Health, Saratov Hygiene Medical Research Center, Saratov, 410022, Russian Federation. E-mail: novikovata-saratov@yandex.ru

Information about the authors:

Novikova T.A., <https://orcid.org/0000-0003-1463-0559> Spirin V.F., <https://orcid.org/0000-0002-2987-0099> Starshov A.M., <https://orcid.org/0000-0002-6499-0459>

Contribution: Novikova T.A. – concept and design of the study, text writing, editing; Spirin V.F. – editing, final version approval; Starshov A.M. – collection statistical processing of data, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: August 30, 2023 / Accepted: September 26, 2023 / Published: November 20, 2023

Введение

Болезни системы кровообращения (БСК) являются наиболее часто диагностируемыми хроническими неинфекционными патологиями и одной из причин снижения трудоспособности и преждевременной смертности населения России [1]. Из множества факторов риска возникновения и развития БСК у работающего населения ключевую роль может играть воздействие неблагоприятных факторов рабочей среды [2, 3].

При негативном воздействии факторов происходит повышение уровня функционирования основных систем организма, обеспечивающих гомеостаз, напряжение механизмов адаптации, мобилизующих функциональные ресурсы, активируется пусковой механизм реакции на стресс, реализующийся по схеме: стрессорное воздействие – адаптация – истощение защитных сил организма. Недостаточность компенсаторных механизмов организма может приводить к срыву адаптации и патологическим изменениям [4].

Наиболее ранними признаками донозологических состояний являются нарушения регуляторных механизмов системы кровообращения (СК), поскольку она испытывает большее повреждающее действие стрессорных факторов по сравнению с другими системами, играя ведущую роль в обеспечении защитных приспособительных реакций основных жизненно важных систем и поддержании функционирования организма в целом [5, 6]. К настоящему времени накоплено значительное количество статистических данных, доказывающих связь функциональных нарушений СК с негативным воздействием факторов окружающей, в том числе рабочей, среды [7–9]. Своевременное выявление снижения адаптационных возможностей СК, профилактика донозологических состояний актуальны для разработки превентивных мер, направленных на сохранение здоровья работающих.

Согласно результатам ранее проведённых нами исследований, трактористы-машинисты сельскохозяйственного производства в процессе работы на сельскохозяйственной технике подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов условия труда (классы 3.2–3.4). Так, в период летних полевых работ температура воздуха в кабинах тракторов и сельскохозяйственных машин достигала плюс 44,2 °С, воздух кабин загрязнялся выхлопными газами, содержащими углерода оксид, углеводороды С1–С10, акролеин, оксиды азота, пыль почвенного и растительного происхождения, пестициды и агрохимикаты в концентрациях, нередко превышающих предельно допустимые (ПДУ) в 1–29,7 раза. Шум в кабинах превышал ПДУ на 4–25 дБА,

общая и локальная вибрация – на 6 и 4 дБ соответственно. В процессе работы механизаторы сельского хозяйства длительно (более 80% времени смены) находились в однообразной неудобной рабочей позе, испытывая чрезмерные статико-динамические физические нагрузки, ведущие к функциональному перенапряжению отдельных органов и систем организма, утомлению и снижению работоспособности [10–12].

Известно, что воздействие повышенных температур воздуха в сочетании с его высокой влажностью является фактором, способствующим развитию артериальной гипертензии [13]. Замкнутое пространство и малый объём воздуха в кабине при повышенной влажности и малой его подвижности приводят к нарушению теплообменных процессов и накоплению тепла в организме, проявляясь в повышении температуры тела, учащении пульса, снижении артериального давления. Усиленное потоотделение вызывает потерю жидкости и солей, что сопровождается увеличением вязкости крови, нарушением кровообращения в сосудах микроциркуляторного русла, ослаблением сократительной функции и застойными явлениями в миокарде и может приводить к сердечной недостаточности [14].

Проигертензивным воздействием обладает присутствующий в зоне дыхания механизаторов оксид углерода, образующийся при неполном сгорании дизтоплива. Доказано, что действие оксида углерода усиливается под влиянием высокой температуры воздуха, что связано с нарушением терморегуляции и повышением чувствительности организма [13].

В условиях воздействия локальной вибрации и шума в сочетании со статическими и динамическими физическими нагрузками, неудобными и вынужденными рабочими позами у трактористов-машинистов наблюдались изменения показателей центральной гемодинамики и снижение сократительной способности миокарда [15]. Хроническое воздействие виброакустических факторов приводит к изменениям в СК – развитию нейроциркуляторного синдрома, протекающего с гипертензивными реакциями, свидетельствующими об артериальной гипертензии [16].

Значительная роль в развитии БСК принадлежит психоэмоциональным нагрузкам, связанным у трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства с большим объёмом и плотностью поступающей информации, быстрой её обработкой и выполнением ответных действий [17]. На фоне выраженных шумовых помех и необходимости точного вождения агрегата повышается напряжённость функций внимания, зрительного и слухового анализаторов в связи с необходимостью восприятия дифференцирован-

ных звуковых и световых сигналов [11]. Работа на мобильной сельскохозяйственной технике также характеризуется риском для собственной жизни, ответственностью за безопасность других лиц и материальных ценностей, нерациональным режимом труда и отдыха [10].

Цель исследования – оценка показателей функционально-го состояния, выявление нарушений регуляции системной гемодинамики и адаптации системы кровообращения как ранних маркеров нарушений здоровья трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства.

Материалы и методы

Изучены показатели гемодинамики и функционально-го состояния СК у практически здоровых механизаторов сельского хозяйства (85 мужчин) трудоспособного возраста (30–59 лет, средний возраст $42,36 \pm 1,2$ года) со стажем работы в профессии $19,61 \pm 1,26$ года. Для изучения зависимости изучаемых показателей от возраста и профессионального стажа все обследованные были поделены на четыре группы: группа 1 (средний возраст $26,07 \pm 0,74$ года, средний стаж $5,67 \pm 1,05$ года), группа 2 (соответственно $35,35 \pm 0,45$ года и $13,83 \pm 1,08$ года), группа 3 (соответственно $44,21 \pm 0,58$ года и $19,05 \pm 51,40$ года), группа 4 (соответственно $55,36 \pm 0,6$ года и $31,89 \pm 1,65$ года). Исследования проведены в условиях уборки зерновых культур в хозяйствах Саратовской области за один час до начала работы.

Изучены прямые и расчётные показатели системной гемодинамики в состоянии покоя в положении тела сидя: систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление крови, частота сердечных сокращений (ЧСС), пульсовое давление (ПД), среднее гемодинамическое давление (СДД). Оценка уровней артериального давления осуществлена в соответствии с Клиническими рекомендациями по артериальной гипертензии у взрослых*.

Для оценки функциональных резервов СК были рассчитаны коэффициент выносливости (КВ, усл. ед.) по формуле Кваса [$KB = (ЧСС \cdot 10) / ПД$] и коэффициент экономичности кровообращения (КЭК, усл. ед.) по формуле: $KЭК = (САД - ДАД) \cdot ЧСС$. При оценке уровней показателей учитывали, что увеличение КВ свидетельствует об ослаблении возможностей СК. КЭК характеризовал затра-

* Клинические рекомендации «Артериальная гипертензия у взрослых», 2021. [Электронный ресурс]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/62_2 (дата обращения: 09.07.2023 г.).

ты организма на передвижение крови в сосудистом русле. Считается, что чем больше его значение, тем менее экономичнее происходит расходование резервов СК [18]. Оценка уровня функционирования СК проведена с использованием расчётного индекса адаптационного потенциала (АП, усл. ед.) по Р.М. Баевскому и А.П. Берсеновой [19].

Для выявления доклинических пограничных между нормой и патологией состояний сердца проведено дисперсионное картирование (ДК) ЭКГ с использованием компьютерного скрининг-анализатора экспресс-оценки по ЭКГ-сигналам от конечностей пациента «Кардиовизор-06с» с формированием графического изображения сердца («портрета сердца») [20]. Были оценены характер и степень изменения микроальтернатив микропотенциалов в ЭКГ-сигнале. Анализировали интегральные индикаторы – «Миокард» (ИМ), отражающий площадь зоны нарушений дисперсионных отклонений, и «Ритм» (ИР), характеризующий динамическую интегральную составляющую вариабельности сердечного ритма (ВСР), базирующуюся на расчёте активности регуляторных механизмов сердечного ритма по Р.М. Баевскому. Уровни ИМ менее 15% оценивались как норма, от 15 до 25% – как вероятная патология, 25% и более – как имеющаяся патология. Значения показателя «Ритм» более 20% оценивали как наличие вегетативной дисфункции.

Статистическая обработка результатов проведена с помощью прикладных программ Microsoft и Statistica 10. Вычисляли средние величины показателей (M) и стандартную ошибку среднего ($\pm m$). Статистическую значимость различий между группами оценивали по U -критерию Манна – Уитни, различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для выявления связи между исследуемыми показателями был использован критерий Спирмена (r_s).

Результаты

Анализ показателей системной гемодинамики обследованных механизаторов сельского хозяйства свидетельствовал о превышении границ физиологических норм средних групповых значений САД, ДАД, ПД, СДД, указывая на высокое нормальное АД в возрастной группе 1 и артериальную гипертензию в остальных группах. При этом наиболее высокие уровни регистрировались у лиц группы 4 в возрасте 50–59 лет со стажем работы в профессии 30 и более лет. Уровни САД, ДАД у лиц данной группы статистически значимо отличались от таковых в группе 1 ($p = 0,000464$, $p = 0,000008$ соответственно) (см. таблицу).

Показатели гемодинамики у механизаторов сельского хозяйства в покое, $M \pm m$

Hemodynamic parameters in agricultural mechanizers at rest, $M \pm m$

Показатель Index	Все лица All cases $n = 85$	Группа / Group			
		1-я / 1 st $n = 14$	2-я / 2 nd $n = 24$	3-я / 3 rd $n = 19$	4-я / 4 th $n = 28$
Средний возраст, годы / Average age, years	42.36 ± 1.2	26.07 ± 0.74	35.35 ± 0.45	44.21 ± 0.58	55.36 ± 0.66
Средний стаж, годы / Average experience, years	19.6 ± 1.26	5.67 ± 1.05	13.83 ± 1.08	19.05 ± 1.40	31.89 ± 1.65
САД, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mm Hg	148.03 ± 2.19	136.50 ± 3.66	142.17 ± 2.99	146.16 ± 4.03	$159.96 \pm 4.44^*$
ДАД, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mm Hg	85.01 ± 1.29	75.35 ± 4.06	81.58 ± 1.89	87.73 ± 2.29	$90.93 \pm 1.80^*$
ЧСС, уд. в мин / Heart rate, beats per minute	76.30 ± 1.9	76.86 ± 2.32	77.25 ± 2.41	74.42 ± 1.95	76.50 ± 2.48
ПД, мм рт. ст. / Pulse pressure, mm Hg	63.02 ± 1.87	61.43 ± 5.15	60.58 ± 2.81	58.42 ± 2.75	$69.03 \pm 3.92^*$
СДД, мм рт. ст. / Average dynamic pressure, mm Hg	106.02 ± 1.39	95.83 ± 3.09	101.78 ± 1.90	107.21 ± 2.69	$113.94 \pm 2.31^*$
КВ, усл. ед. / Endurance coefficient, conventional units	13.88 ± 0.34	12.67 ± 0.23	12.89 ± 0.36	14.29 ± 0.21	14.0 ± 0.45
КЭК, усл. ед. / Circulation economy ratio, conventional units	4307.67 ± 22.23	4262.21 ± 20.12	3941.06 ± 19.76	4227.50 ± 21.23	4616.65 ± 23.46
АП, усл. ед. / Adaptation potential, conventional units	3.04 ± 0.005	2.53 ± 0.008	2.84 ± 0.007	$3.016 \pm 0.008^*$	$3.48 \pm 0.007^*$

Примечание. * – статистическая значимость различий в сравнении с 1-й группой (при $p < 0,05$ по U -критерию Манна – Уитни).

Note: * – statistical significance of differences in comparison with group 1 (at $p < 0.05$ significance level according to the Mann – Whitney U -test).

При оценке распределения индивидуальных значений показателей выявлено, что САД, соответствующее норме, регистрировалось у 44,2%, а ДАД – у 59,7% обследованных. Установлено, что в группах 1 и 2 повышенное САД имели по 50% обследованных, при этом в группе 1 преобладало САД в пределах 140–159 мм рт. ст. (у 33%), в группе 2 – 160–179 мм рт. ст. (у 23% обследованных). В группе 3 повышенное САД выявлено у 40%, а в группе 4 – у 89% обследованных.

Средние групповые уровни СДД во всех группах значительно превышали физиологическую норму, указывая на напряжение адаптации циркуляторного аппарата. Уровни СДД и ПД в группах 3 и 4 были статистически выше, чем в группе 1, что свидетельствовало о более выраженных нарушениях регуляции кровообращения.

Установлены статистически значимые положительные корреляционные связи различной силы основных показателей гемодинамики (САД, ДАД, СДД) с профессиональным стажем работы: $r_s = 0,29$; $r_s = 0,36$; $r_s = 0,38$ соответственно.

Оценка функциональных резервов ССС по расчётным коэффициентам позволила выявить у 27,8% обследованных увеличенные значения коэффициента выносливости (КВ) и у 97,6% – коэффициента экономичности кровообращения (КЭК), что может свидетельствовать о повышенном напряжении функциональной адаптации.

При оценке среднegrupпового уровня АП, являющегося комплексным, интегральным показателем, характеризующим уровень функционирования СК, у большинства работников установлено функциональное напряжение механизмов адаптации, 27% обследованных находились в состоянии неудовлетворительной адаптации и 18,8% в состоянии срыва адаптационных возможностей с резким снижением функциональных резервов организма. У работников группы 1 установлено состояние удовлетворительной адаптации (достаточные функциональные возможности), в группе 2 – состояние функционального напряжения механизмов адаптации, в группе 3 – пограничное состояние. Средние групповые значения АП у работников старшей возрастной группы соответствовали неудовлетворительной адаптации – состоянию, близкому к верхней границе адаптационных возможностей. Индивидуальные уровни АП у 42,85% лиц этой группы находились в стадии декомпенсации, когда функционирование организма нарушено, собственные ресурсы истощены (срыв адаптации).

При оценке зависимости показателей адаптации от возраста выявлены статистически значимые различия уровней АП в возрастных группах 3 и 4 по сравнению с группой 1 ($p = 0,004361$, $p = 0,000003$ соответственно).

Установлена прямая средняя силы корреляционная связь ($r_s = 0,53$) между стажем работы в профессии и уровнем напряжённости адаптации.

По данным дисперсионного картирования ЭКГ, среднее групповое значение показателя микроальтернатив ИМ составило $14,8 \pm 0,8\%$, что соответствовало норме ($< 15\%$), но указывало на состояние, близкое к пограничному. Индивидуальные значения данного показателя у 13,3–14,3% обследованных в каждой группе варьировали от 16 до 19% с жёлтой окраской «портрета сердца», что означало пограничное состояние (кратковременное увеличение дисперсионных характеристик) или развитие патологии. Преобладание зелёной окраски на «портрете сердца» зарегистрировано в основном у лиц возрастной группы 1, что свидетельствовало об отсутствии нарушений. У работников групп 3 и 4 установлены более выраженные изменения «портрета сердца» с преобладанием коричневых и красных цветов, сигнализирующих о нарушениях обменных процессов в миокарде.

Средние значения ИР, являющегося маркером адаптивных возможностей организма или аритмии, у всех обследованных находились в пределах 20,13–34,3% с преобладанием жёлтой окраски на «портрете сердца», что соответствовало напряжению регуляторных систем или пограничному состоянию, свидетельствующему о наличии вегетативной дисфункции. При этом повышенные индивидуальные уров-

ни чаще регистрировались у лиц старшей группы (12,2%), реже – первой (2,1%).

Обсуждение

Установлено, что у механизаторов сельского хозяйства, трудящихся в условиях воздействия производственных факторов, обладающих прогипертензивным действием, с увеличением возраста и стажа работы в профессии более 10 лет статистически значимо изменялись уровни системных показателей гемодинамики (САД, ДАД, ПД, СДД). Выявленные изменения свидетельствовали о повышении напряжения механизмов регуляции кровообращения, что может рассматриваться как предпосылка к развитию предпатологических и патологических состояний. Увеличение КВ и КЭК может сигнализировать о снижении резервных возможностей и экономичности расходования резервов системы кровообращения.

При анализе среднего группового уровня функционирования СК у 45,8% обследованных выявлено снижение адаптационных возможностей организма, что является одним из показателей донозологических состояний. В состоянии неудовлетворительной адаптации находились 27% обследованных, в состоянии срыва адаптационных возможностей – 18,8%.

Функциональные возможности СК, соответствующие состоянию физиологической нормы (гомеостаз поддерживался при минимальном напряжении регуляторных систем), были характерны для лиц группы 1 в возрасте до 29 лет с профессиональным стажем до 10 лет. У работников группы 2 (возраст 30–39 лет) и группы 3 (возраст 40–49 лет) установлено состояние функционального напряжения механизмов адаптации (стадия компенсации). У лиц старшей группы (возраст 50 и более лет, стаж работы 30 и более лет) статистически значимо ухудшалось общее состояние здоровья, о чём свидетельствовал срыв адаптационных возможностей почти у 42,85% обследованных.

Полученные данные указывают на возрастную и стажевую динамику адаптационно-компенсаторных механизмов у механизаторов: с увеличением возраста и стажа работы в условиях негативного воздействия стрессогенных факторов активность компенсаторных процессов снижается вплоть до истощения внутренних резервов регуляторных систем и формирования преморбидных состояний, предшествующих развитию патологий [4, 21]. Подобные изменения также могут свидетельствовать об ускорении с возрастом снижения адаптационных возможностей организма [22].

Согласно имеющимся в литературе данным, нарушения функционирования сердца у механизаторов при интенсивном и длительном профессиональном воздействии вредных факторов могут способствовать накоплению недоокисленных продуктов в миокардиоцитах, увеличению ригидности миокарда, что в конечном итоге приводит к срыву адаптационных возможностей [15]. Данная информация согласуется с выявленными нами по результатам дисперсионного картирования ЭКГ предпатологическими нарушениями состояния миокарда, особенно выраженными у лиц старшего возраста со стажем работы в профессии 19 и более лет. Об определённом вкладе длительного воздействия вредных факторов рабочей среды в развитие функциональных нарушений СК также свидетельствует статистически значимая положительная корреляционная связь между профессиональным стажем и уровнем функциональных резервов СК.

Таким образом, увеличение возраста и профессионального стажа трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства способствует нарушению функционального состояния и истощению адаптационных резервов системы кровообращения, что является фактором риска для здоровья этой категории работающих.

По результатам исследований была выделена группа работников, нуждающихся в дополнительном обследовании для исключения или подтверждения нарушений системы кровообращения и разработки мер групповой и индивидуальной профилактики.

Ограничения исследования определены областью изучения предмета исследований в одной профессиональной когорте работников.

Результаты проведённых исследований позволяют заключить, что оценка ранних признаков донозологических состояний системы кровообращения является важным звеном в разработке программ профилактики нарушений здоровья работников, подверженных комплексному воздействию производственных факторов прогипертензивного действия. Показатели дисперсионного картирования, указывающие на доклинические изменения в миокарде, выступают в этом случае как самостоятельный предиктор риска развития сердечно-сосудистых осложнений, которые могут использоваться как маркёры их появления [23].

Заключение

1. Трактористы-машинисты сельскохозяйственного производства в процессе профессиональной деятельности подвержены влиянию комплекса факторов производственной среды и трудового процесса, обладающих проги-

пертензивным воздействием (нагревающий микроклимат, шум, вибрация, физические и психоэмоциональные нагрузки).

2. Выявлены функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы у обследованных работников, указывающие на напряжение регуляторных механизмов вплоть до истощения функциональных резервов системы кровообращения, что может расцениваться как начальное проявление донозологических состояний.

3. Возраст и стаж работы у трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства, испытывающих комплексное воздействие вредных производственных факторов, являются факторами риска функциональных нарушений и развития болезней системы кровообращения.

4. Раннее обнаружение с использованием скрининга функционального состояния сердца методом дисперсионного картирования ЭКГ нарушений регуляции системной гемодинамики и адаптации системы кровообращения может быть инструментом выявления группы риска работников, нуждающихся в разработке и внедрении мер профилактики болезней системы кровообращения.

Литература

(п.п. 3, 9, 12, 21 см. References)

- Иванов Д.О., Орел В.И., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Ломовцева Р.Х. Заболевания сердечно-сосудистой системы как причина смертности в Российской Федерации: пути решения проблемы. *Медицина и организация здравоохранения*. 2019; 4(2): 4–12. <https://elibrary.ru/bqbumg>
- Стрижаков Л.А., Бабанов С.А., Борисова Д.К., Агаркова А.С., Острыкова Н.А., Кирушина Т.М. Профессиональные и производственно-обусловленные поражения сердечно-сосудистой системы: проблемы каузации. *Врач*. 2020; 31(12): 5–11. <https://doi.org/10.29296/25877305-2020-12-01> <https://elibrary.ru/knuqdd>
- Баевский Р.М., Берсенева А.П. *Введение в донозологическую диагностику*. М.: Слово; 2008. <https://elibrary.ru/qlsvnz>
- Малюкова Т.И. Реакция сердечно-сосудистой системы на стрессовые воздействия. *Современные проблемы науки и образования*. 2020; (6): 195. <https://doi.org/10.17513/spno.30248> <https://elibrary.ru/ooavkh>
- Исупов И.Б., Лиходеева В.А. *Функциональные показатели кровообращения человека (Опыт системного типологического анализа)*. Волгоград; 2017. <https://elibrary.ru/zfzxbp>
- Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Сулов В.Л. Влияние усталости и переутомления на общую заболеваемость работников. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(8): 494–500. <https://elibrary.ru/aibynv>
- Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Ходжиев М., Капустина А.В., Форверц А.Ю. Физиологические критерии в совершенствовании классификации напряженности труда для задач оценки профессионального риска. *Анализ риска здоровью*. 2021; (1): 90–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.09> <https://elibrary.ru/qrhkve>
- Данилов А.Н., Безрукова Г.А., Новикова Т.А., Шалашова М.Л. *Условия труда и профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства: современные медико-гигиенические аспекты и тенденции*. Саратов: Амрит; 2019. <https://elibrary.ru/vpleaz>
- Новикова Т.А., Спирин В.Ф., Данилов А.Н. *Гигиена труда и профилактика профессиональной заболеваемости механизаторов сельского хозяйства*. Саратов: Амрит; 2018. <https://elibrary.ru/yvvisl>
- Бабанов С.А., Бараева Р.А. «Профессиональные поражения сердечно-сосудистой системы». *Русский медицинский журнал*. 2015; 23(15): 900–6. <https://elibrary.ru/udxsup>
- Новикова Т.А., Абрамкина С.С., Алешина Ю.Н. Гигиеническое значение нагревающего микроклимата в формировании нарушений здоровья работающих (обзор литературы). *Санитарный врач*. 2021; (11): 55–65. <https://doi.org/10.33920/med-08-2111-05> <https://elibrary.ru/zgjuvt>
- Буянов Е.С. Мониторинг сократительной функции сердца за годовой производственный цикл механизаторов сельского хозяйства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2003; (11): 11–2. <https://elibrary.ru/ouyigon>
- Гурьев А.В., Туков А.Р., Бушманов А.Ю. Распространённость заболеваний непрофессионального генеза у мужчин, имеющих профессиональные заболевания, связанные с производственной вибрацией. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2021; (6): 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-4-8> <https://elibrary.ru/redpgi>
- Концевая А.В., Мырзаматова А.О., Каширин А.К. Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний среди жителей сельской местности по данным эпидемиологических исследований: обзор литературы. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2016; 15(6): 66–71. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-6-66-71> <https://elibrary.ru/xcfior>
- Иванов С.А., Невзорова Е.В., Гулин А.В. Количественная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы. *Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки*. 2017; 22(6–2): 1535–40. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-6-1535-1540> <https://elibrary.ru/yrnttb>
- Баевский Р.М., Берсенева А.П. *Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний*. М.: Медицина; 1997.
- Кательницкая Л.И., Глова С.Е., Хаишева Л.А., Браженский В.Н. *Неинвазивные методы скрининговой диагностики хронических нефункциональных заболеваний*. Ростов-на-Дону; 2008.
- Уварова Ю.Е., Тятенкова Н.Н. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у лиц зрелого возраста. *Современные проблемы науки и образования*. 2018; (4): 236. <https://elibrary.ru/yhbhdf>
- Халаби Г., Чуйко Н.А., Дворников В.Е., Александрова М.Р., Политидис Р.Р., Иванов Г.Г. и др. Анализ отдаленного прогноза показателей дисперсионного картирования у больных с кардиальной патологией. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2015; (4): 40–8. <https://elibrary.ru/uyhawv>

References

- Ivanov D.O., Orel V.I., Aleksandrovich Yu.S., Pshenisnov K.V., Lomovtseva R.Kh. Diseases of the cardiovascular system as the leading cause of death in Russian Federation: ways of problem solution. *Meditsina i organizatsiya zdoravookhraneniya*. 2019; 4(2): 4–12. <https://elibrary.ru/bqbumg> (in Russian)
- Strizhakov L.A., Babanov S.A., Borisova D.K., Agarkova A.S., Ostryakova N.A., Kiryushina T.M. Occupational and work-related lesions of the cardiovascular system: problems of causation. *Vrach*. 2020; 31(12): 5–11. <https://doi.org/10.29296/25877305-2020-12-01> <https://elibrary.ru/knuqdd> (in Russian)
- Kivimäki M., Kawachi I. Work stress as a risk factor for cardiovascular disease. *Curr. Cardiol. Rep.* 2015; 17(9): 630. <https://doi.org/10.1007/s11886-015-0630-8>
- Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Introduction to Prenosological Diagnostics [Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku]*. Moscow: Slovo; 2008. (in Russian)
- Maluykova T.I. Response of the cardiovascular system to stressful influences. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2020; (6): 195. <https://doi.org/10.17513/spno.30248> <https://elibrary.ru/ooavkh> (in Russian)
- Isupov I.B., Likhodeeva V.A. *Functional Indicators of Human Circulation (Experience of Systemic Typological Analysis) [Funksional'nye pokazateli krovoobrashcheniya cheloveka (Opyt sistemnogo tipologicheskogo analiza)]*. Volgograd; 2017. <https://elibrary.ru/zfzxbp> (in Russian)
- Sorokin G.A., Chistyakov N.D., Suslov V.L. Influence of fatigue and overwork on the general morbidity of workers. *Meditsina труда i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(8): 494–500. <https://elibrary.ru/aibynv> (in Russian)
- Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Khodzhev M., Kapustina A.V., Forverts A.Yu. Physiological criteria for improving labor intensity classification used in occupational risks assessment. *A analiz riska zdorov'yu*. 2021; (1): 90–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.09> <https://elibrary.ru/qrhkve>
- Lock A.M., Bonetti D.L., Campbell A.D.K. The psychological and physiological health effects of fatigue. *Occup. Med. (Lond.)*. 2018; 16(68): 502–11. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqy109>

10. Danilov A.N., Bezrukova G.A., Novikova T.A., Shalashova M.L. *Working Conditions and Occupational Morbidity of Agricultural Workers: Modern Medical and Hygienic Aspects [Usloviya truda i professional'naya zabolevaemost' rabotnikov sel'skogo khozyaystva: sovremennye mediko-gigienicheskie aspekty i tendentsii]*. Saratov: Amirit; 2019. <https://elibrary.ru/vpleaz> (in Russian)
11. Novikova T.A., Spirin V.F., Danilov A.N. *Occupational Hygiene and Prevention of Occupational Morbidity of Agricultural Machine Operators [Gigiena truda i profilaktika professional'noy zabolevaemosti mekhanizatorov sel'skogo khozyaystva]*. Saratov: Amirit; 2018. <https://elibrary.ru/yvvisl> (in Russian)
12. Novikova T.A., Raykin S.S., Novikova V.S. Functional disorders and the risk of agricultural machine operators' cardiovascular diseases. In: *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EPSBS*. Krasnoyarsk; 2020: 1595–603. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.10.03.183> <https://elibrary.ru/zeqlwr>
13. Babanov S.A., Baraeva R.A. Occupational lesions of the cardiovascular system. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2015; 23(15): 900–6. <https://elibrary.ru/udxsup> (in Russian)
14. Novikova T.A., Abramkina S.S., Aleshina Yu.N. The hygienic significance of the heating microclimate in the formation of health disorders of workers (review). *Sanitarnyy vrach*. 2021; (11): 55–65. <https://doi.org/10.33920/med-08-2111-05> <https://elibrary.ru/zgjuvt> (in Russian)
15. Buyanov E.S. Monitoring of the contractile function of the heart for the annual production cycle of agricultural machine operators. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2003; (11): 11–2. <https://elibrary.ru/oyigon> (in Russian)
16. Gur'ev A.V., Tukov A.R., Bushmanov A.Yu. Prevalence of nonoccupational disorders in men with occupational vibration disease. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2021; (6): 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-4-8> <https://elibrary.ru/redpgi> (in Russian)
17. Kontsevaya A.V., Myrzamatova A.O., Kashirin A.K. Cardiovascular risk factors among inhabitants of rural areas by the epidemiological data: review article. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2016; 15(6): 66–71. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-6-66-71> <https://elibrary.ru/xcfior> (in Russian)
18. Ivanov S.A., Nevzorova E.V., Gulin A.V. Quantitative evaluation of functional capability of cardio-vascular system. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennyye i tekhnicheskie nauki*. 2017; 22(6–2): 1535–40. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-6-1535-1540> <https://elibrary.ru/yrnttb> (in Russian)
19. Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Assessment of the Adaptive Capabilities of the Body and the Risk of Developing Diseases [Osenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolevaniy]*. Moscow: Meditsina; 1997. (in Russian)
20. Katel'nitskaya L.I., Glova S.E., Khaisheva L.A., Brazhenskiy V.N. *Non-Invasive Methods for Screening Diagnostics of Chronic Non-Communicable Diseases [Neinvazivnye metody skringovoy diagnostiki khronicheskikh neinfektsionnykh zabolevaniy]*. Rostov-na-Donu; 2008. (in Russian)
21. Järvelin-Pasanen S., Sinikallio S., Tarvainen M.P. Heart rate variability and occupational stress-systematic review. *Ind. Health*. 2018; 56(6): 500–11. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2017-0190>
22. Uvarova Yu.E., Tyatenkova N.N. Functional state of the cardiovascular system in adult age persons. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2018; (4): 236. <https://elibrary.ru/ymhbdf> (in Russian)
23. Khalabi G., Chuyko N.A., Dvornikov V.E., Aleksandrova M.R., Politidis R.R., Ivanov G.G., et al. Analysis of long-term prognosis indicators of dispersion mapping in patients with cardiac pathology. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Meditsina*. 2015; (4): 40–8. <https://elibrary.ru/uyhawv> (in Russian)