

**ISSN (online) 3106-5538  
(ISSN-L: 1727-9712)**

**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ ТРУДА  
И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ»**

**ЕҢБЕК ГИГИЕНАСЫ ЖӘНЕ  
МЕДИЦИНАЛЫҚ ЭКОЛОГИЯ**

**ГИГИЕНА ТРУДА  
И МЕДИЦИНСКАЯ  
ЭКОЛОГИЯ**

**№ 1, 2026г.**

**OCCUPATIONAL HYGIENE and  
MEDICAL ECOLOGY**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**КАРАГАНДА**

Журнал «Гигиена труда и медицинская экология» издается с IV квартала 2003 года.

Журнал «Гигиена труда и медицинская экология» поставлен на учет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания в Министерстве культуры и информации Республики Казахстан.(свидетельство № KZ32VPY00103728 от 18 октября 2025 года)

Журнал зарегистрирован Национальной Государственной Книжной палатой Республики Казахстан от 5 июня 2003 года №1727-9712.

26 ноября 2025 года был поучен online ISSN: 3106-5538.

**СОБСТВЕННИК:**

НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний»

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Главный редактор: Отаров Е.Ж., Председатель правления-Директор НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний», доктор медицинских наук, асс.профессор

Заместитель главного редактора: Отарбаева М.Б., доктор медицинских наук, профессор кафедры неврологии, психиатрии и реабилитологии, заведующая курсом повышения квалификации по медицине труда (Республика Казахстан)

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

1. Аманбекова А.У., д.м.н., профессор, главный профпатолог НАО «НЦ ГТПЗ», председатель Ассоциации Республиканского Общественного объединения «Ассоциация врачей-профпатологов» (Республика Казахстан)

2. Бухтияров И.В., заслуженный деятель науки РФ, д.м.н., профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф.Измерова», заведующий кафедрой медицины труда, авиационно-космической и водолазной медицины Институт общественного здоровья им.Эрисмана, Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (Сеченовского университета) (Российская Федерация)

3. Алексеев А.В., доктор PhD, заместитель директора по научной работе, заведующий испытательной лабораторий НАО «НЦ ГТПЗ» (Республика Казахстан)

4. Мусина А.А., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой общественного здоровья и эпидемиологии Медицинского университета Астаны (Республика Казахстан)

5. Мамырбаев А.А., д.м.н., профессор кафедры гигиенических дисциплин и профболезней Западно-Казахстанского медицинского университета, академик НАН, ВШК, АПМ, РАЕН, МАИН, заслуженный работник, почетный профессор Республики Казахстан (Республика Казахстан)

6. Потеряева Е.Л., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой неотложной терапии с эндокринологией и профпатологией факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки врачей ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, проректор по лечебной работе (Новосибирск, Российская Федерация)

7. Агзамова Г.С., д.м.н., профессор, ученый секретарь медико- педагогического факультета Ташкентской медицинской академии (Республика Узбекистан)

8. Бакиров А.Б., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО, Академик АН РБ; Заслуженный врач РФ и РБ; заслуженный деятель науки РБ; Советник директора УФНИИ института медицины труда и экологии человека (Уфа, РБ, Российская Федерация)

9. Гребенева О.В., д.м.н., главный научный сотрудник НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний» (Республика Казахстан)

10. Баттакова Ш.Б., д.м.н., профессор кафедры неврологии, психиатрии и реабилитологии (Республика Казахстан)

11. Койгельдинова Ш.С., д.м.н., профессор кафедры внутренних болезней НАО «КМУ» (Республика Казахстан)

12. Досыбаева Г.Н., д.м.н., ассоциированный профессор, заведующая кафедрой врач общей практики – 2 (ВОП-2) ЮКМА (Республика Казахстан)

13. Малютина Н.Н., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой факультетской терапии №2, профессиональной патологии и клинической лабораторной диагностики Пермского государственного университета им. Академика Е.А. Вагнера, член ИСОН (Российская Федерация)

12. Исмаилова А.А., д.м.н., профессор кафедры общественного здоровья и эпидемиологии Медицинского университета Астаны. Академик Евразийской Международной Академии наук в области экологии и безопасности жизнедеятельности, Академик Европейской Академии естественных наук (Республика Казахстан)

13. Сабиров Ж.Б., доктор PhD, заведующий научно-исследовательской санитарно-гигиенической лабораторией НАО «НЦ ГТПЗ» (Республика Казахстан)

14. Хамракулова М.А., д.м.н., профессор «НИИ санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний» МЗ Республики Узбекистан (Республика Узбекистан).

15. Султанова М.Дж., д.м.н., профессор Азербайджанского медицинского университета, проректор по научной работе. (Республика Азербайджан)

**Электронная версия журнала размещается на сайте <https://nauka.naoncgt.kz/>  
Подписной индекс 76260**

**Адрес редакции журнала:** 100017, г. Караганды, ул. Мустафина, 15  
Тел./факс: 50-68-85  
e-mail: [yertay.otarov@gmail.ru](mailto:yertay.otarov@gmail.ru)

## ИСТОРИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА ГИГИЕНЫ ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

### ГАБДУЛЛА АБДЫКОЖАЕВИЧ КУЛКЫБАЕВ



Габдулла Абдыкожаевич (1940-2006 гг.) академик НАН РК, доктор медицинских наук, профессор, почетный гражданин г.Караганды. После окончания Карагандинского государственного медицинского института работал на кафедре госпитальной терапии.

С 1979-1981гг. директор Казахского НИИ кардиологии;

С 1982-1990гг. – заведующий лабораторией в Институте краевой патологии Минздрава КазССР, заведующий лабораторией и отделением в Научном центре региональных проблем питания АМН СССР.

С 1990-2006гг. - директор Национального центра гигиены труда и профессиональных заболеваний

МЗ РК.

Кулкыбаев Г.А. был избран: членом-корреспондентом НАН РК (1995г.); членом Президиума НАН РК и членом высшего научно-технического Совета МОН РК (1999г.); академиком НАН РК (2003г.); членом Международной ассоциации физиологов; вице-президентом Физиологического научного общества РК (2003г.). С 2005г. по 2006г. член Комиссии по Государственным премиям по науке и технике при Правительстве РК.

Кулкыбаевым Г.А. была разработана крупная научная программа деятельности института до 2005г. «Экология промышленного региона и здоровье трудящихся». В ней были определены новые научные направления, которые нашли воплощение в научных программах, успешно выполненных с 1990 по 2005гг.: «Единство воздействия промышленной, экологической сфер на организм работающего», «Здоровье работающего населения Республики», «Гигиена умственной деятельности», «Ранняя гигиеническая диагностика».

В разработанных программах научных исследований определены актуальные вопросы гигиены в сельском хозяйстве, на транспорте и асбестодобывающей отрасли, а также проблемы сочетанных форм профессиональных заболеваний, экологически обусловленных заболеваний, производственно-обусловленных заболеваний, молекулярно-генетических исследований в гигиене. Результаты выполненных исследований повлияли на развитие направления в области медицинской экологии, гигиены и медицины, промышленной токсикологии научных исследований в Республике и реализуются по настоящее время.

Академик НАН РК Кулкыбаев Г.А. – автор более 400 научных трудов (60 работ опубликовано за рубежом), 24 монографий, 15 патентов и предпатентов России и РК. Под его редакцией опубликовано 19 сборников научных трудов.

Автор научно-популярной книги на казахском языке «Болезни суставов», 30 литературно-критических статей, 10 статей в Энциклопедии Казахстана на казахском языке.

Под руководством Г.А. Кулқыбаева защищены 27 докторских (Поспелов Н.И., Байманова А.М., Мусин Е.М., Жумабекова Б.Х. и др.) и 61 кандидатская диссертация (Баттакова Ж.Е., Аманбекова А.У., Култанов Б.Ж., Койгельдинова Ш.С. и др.).

За заслуги перед Республикой награжден медалями «Аль-Фараби», «10 лет Конституции», «Ветеран труда», знаками «Отличник здравоохранения», «За заслуги в развитии науки Казахстана», почетной грамотой Министерства образования и науки Республики Казахстан, почетной грамотой Республики Казахстан. Почетный гражданин г.Караганды (2001г.), стипендиат «Государственные научные стипендии для ученых и специалистов, внесших выдающийся вклад в развитие науки и техники» (1997-2003гг.).

Кулқыбаев Г.А. выступал с докладами на международных, всесоюзных и республиканских научных конгрессах, съездах, конференциях и симпозиумах (Москва, Загреб, Будапешт, Страсбург, Санкт-Петербург, Хьюстон, Вашингтон, Копенгаген и др.). Под его руководством выполнялись международные проекты по фонду «INTAS» в сотрудничестве с учеными Бельгии и Франции по МНТЦ, по «Ифракос» и другие.

При Габдулле Абдыкожаевиче институт был определен научно-методическим Центром повышения квалификации по гигиене и профпатологии РК.

Кулқыбаев Г.А. являлся председателем совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям «Гигиена» и «Медицина труда». Широкая эрудиция, любовь к делу позволяли ему успешно передавать свои знания молодым ученым, готовить специалистов по «Гигиене» и «Медицине труда».

Габдулла Абдыкожаевич и сейчас образец подражания для многих кто знал его и встречался с ним. Сегодня на него равняются многие, признавая в нем эталон честности и целеустремленности. Любое воспоминание об этом удивительном человеке не имеет ни начала, ни конца. Память о нем бесконечна....

**STUDENT SATISFACTION AND EXPERIENCES WITH DUAL EDUCATION  
IN OCCUPATIONAL HYGIENE**

**Zharylkassyn Zh.<sup>1</sup>, Rogova S.<sup>1</sup>, Abitaev D.<sup>1</sup>, Zhienbekova A.<sup>1</sup>, Zhaketaeva N.<sup>1</sup>,  
Zharylkasynova A.<sup>1</sup>, Nurzhanov S.<sup>1</sup>, Zhamantayev O.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>School of Public Health, Karaganda Medical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan (100012, Republic of Kazakhstan, Karagan-da, 40 Gogol Str., e-mail: info@qmu.kz)

1. Zharylkassyn Zh., professor at the School of Public Health, NJSC "KMU", e-mail: zharylkassyn@qmu.kz
2. Rogova S., e-mail: s.rogova@qmu.kz
3. Abitaev D., e-mail: abitaevd@qmu.kz
4. Zhienbekova A., e-mail: zhienbekova@qmu.kz
5. Zhaketaeva N., e-mail: zhaketaeva@qmu.kz
6. Zharylkasynova A., e-mail: a.zharylkasynova@qmu.kz
7. Nurzhanov S., e-mail: nurzhanovs@qmu.kz
8. Zhamantayev O., e-mail: zhamantayev@qmu.kz

Kazakhstan's higher medical education system has been transitioning toward competency-based learning models that emphasize integration between theoretical instruction and workplace practice. Dual education, which combines academic coursework with structured training at professional sites, represents a promising strategy for developing practical competencies in Public Health programs. However, systematic evaluation of its implementation in medical universities remains limited.

*Key words:* dual education, occupational hygiene, student satisfaction, practice-based learning, public health, competency-based training

**Introduction.** In recent years, Kazakhstan's higher medical education has undergone reforms aligning with the European Higher Education Area principles, emphasizing learning outcomes and practical competencies as per the Bologna Process [1, 2]. Current trends in higher education reform aim to reduce the number of contact hours for classroom teaching while expanding the share of independent student work. At the same time, a competency-based approach to professional education requires shifting the focus

toward practice and workplace-based learning. That is why dual training system has emerged as a strategic tool for bridging theory and practice in medical and public health education [3, 4]. In accordance with the Order of the Minister of Education and Science of the Republic of Kazakhstan “On approval of the Rules for organizing dual education”, dual training is defined as a form of vocational preparation that combines learning in an educational organization with mandatory periods of on-the-job training and professional practice at enterprises, with shared responsibility between the university, the student, and the host organization [5].

In simple words, dual education (also called dual vocational training) integrates formal schooling with on-the-job apprenticeships [6], and usually develops in the form of partnership between education institutions and work facilities. International experience confirms the effectiveness of such partnerships. Studies conducted in 17 European countries (Austria, Germany, Italy and etc.) showed that early exposure to professional environments increases employment rates and job satisfaction among graduates [7]. In the medical sector, dual training supports clinical reasoning and professional identity formation [8]. For example, Swiss nursing “relies on vocational education and training programmes ... reflecting the strong and successful tradition of the dual education system,” combining classroom programs with apprenticeships in health settings [9].

By design, dual programs tie training to real jobs and link graduates with employers. OECD data confirm that young people with vocational credentials typically enjoy higher employment rates than those with purely academic education (about 83% versus 73% employment for 25–34 year-olds in OECD countries) [10].

A distinctive feature of the dual education system is the gradual professional adaptation of students in real-world settings with minimal psychological discomfort. This approach facilitates smoother transitions from learning to employment and enhances students’ social and professional competencies [11, 12]. During dual training, students acquire not only technical skills but also communication and teamwork abilities, as they interact with professionals in real healthcare contexts. The quality of students’ performance under dual education also serves as an indicator of prior theoretical preparation and the effectiveness of curricular alignment [13]. Therefore, the integration of dual education elements into medical and public health training programs corresponds to international pedagogical trends and the national strategy for higher education modernization in Kazakhstan. It enables universities to develop graduates who are competent, adaptive, and ready for real-world professional demands.

This study aimed to explore student perceptions of integrating dual education elements into the Occupational Hygiene course for Public Health students at a leading medical university in Kazakhstan. We examined perceived benefits and systemic limitations of this model, contributing to ongoing discussions on optimizing competency-based education for future preventive medicine specialists.

**Materials and methods.** *Study design and rationale.* We conducted a convergent parallel mixed-methods study to evaluate student experiences with dual education

elements integrated into the Occupational Hygiene course at Karaganda Medical University during the 2023-2024 academic year. By combining structured survey responses with semi-structured interviews (Figure 1), we pursued to measure satisfaction levels across multiple dimensions and identify specific organizational barriers.

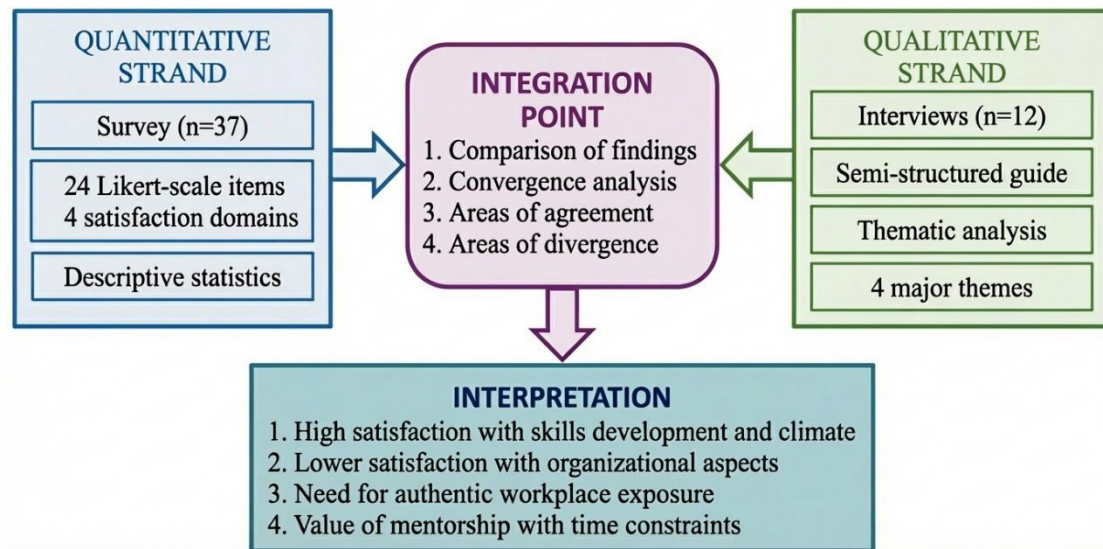


Figure 1. Mixed-methods study flowchart

*Setting and context.* Dual training was implemented at two institutional bases within Karaganda Medical University. The first was the School of Public Health, where theoretical instruction and laboratory exercises took place. The second was the Research Sanitary and Hygienic Laboratory of the Institute of Public and Occupational Health, which provided access to equipment and protocols used in actual sanitary surveillance activities. Selected practical sessions were also conducted at territorial health institutions that had signed formal partnership agreements with the university, though these placements were limited in frequency.

*Participants and sampling.* The study population consisted of all students enrolled in the Occupational Hygiene course during the spring semester of 2024. This included third-year students following the shortened educational program and fourth-year students in the standard program, both groups studying within the Public Health specialty at the School of Public Health. The total enrolled cohort comprised 37 students.

We employed total population sampling because the cohort size was small and we aimed to capture the full range of experiences within this specific educational intervention. Inclusion criteria were current enrollment in the Occupational Hygiene course, participation in at least 75% of dual training activities during the semester, and volun-

tary agreement to participate in the study. Exclusion criteria included students who had taken academic leave during the study period, and students who declined to participate when invited. No students met the exclusion criteria. All 37 enrolled students participated in the quantitative survey phase with a response rate of 100%. For the qualitative phase, we invited students to volunteer for interviews and continued recruitment until thematic saturation was achieved. Twelve students participated in individual interviews.

*Quantitative data collection.* We developed a structured questionnaire to assess student satisfaction with the dual education format. The instrument was constructed through a four-stage process. First, we reviewed published surveys used in studies of dual vocational education, as well as satisfaction scales applied in medical education research. Second, we conducted informal consultative meetings with five students who had completed the previous year's course to identify themes they considered important for evaluation. Third, a preliminary version containing 24 items was drafted by the research team. Fourth, three faculty members with expertise in public health education and survey methodology reviewed the instrument for content validity, suggesting revisions to wording and ensuring alignment with the study objectives.

The final questionnaire consisted of four sections corresponding to key aspects of the dual learning experience: organizational quality (six items addressing scheduling, clarity of expectations, and coordination between university and practice sites), reinforcement of theoretical knowledge (five items examining the extent to which practical activities helped consolidate classroom learning), development of practical skills (seven items evaluating hands-on training in sanitary inspection, laboratory techniques, and risk assessment), and socio-psychological climate (six items measuring comfort, support from mentors, and interpersonal relationships at training sites). Each item used a five-point Likert scale ranging from 1 (completely dissatisfied) to 5 (completely satisfied). Three open-ended questions were included at the end to allow students to describe what they valued most, what could be improved, and whether they would recommend dual training to future cohorts.

We pilot tested the questionnaire with eight students from a parallel specialty who were not part of the study sample but had experienced similar practice-based learning formats. Pilot participants completed the survey and then provided verbal feedback on item clarity and response burden. Minor adjustments were made to two items where students reported ambiguity. Internal consistency was assessed using Cronbach's alpha. The reliability coefficient for the overall scale was 0.84, with subscale values ranging from 0.76 (socio-psychological climate) to 0.88 (practical skills development), indicating acceptable to good internal consistency.

The survey was administered electronically using Google Forms during the final two weeks of the semester, after all dual training activities had been completed but before final examinations. Participation was voluntary and anonymous.

*Qualitative data collection.* Following the survey phase, we conducted individual semi-structured interviews to gain deeper insight into student perspectives. Inter-

view participants were recruited through a voluntary sign-up sheet distributed during class announcements and via email. We aimed for a diverse sample in terms of gender, academic performance level, and prior work experience. Interviews were scheduled at times convenient for students and held in private offices at the School of Public Health to ensure confidentiality. Each interview lasted between 20 and 32 minutes.

The interview guide was developed collaboratively by three members of the research team and organized around five thematic areas: motivations for choosing the Public Health specialty, perceptions of how dual training differed from conventional coursework, specific experiences with mentors and supervisors at practice sites, suggestions for improving the dual model, and reflections on professional readiness. The guide included primary questions with follow-up probes to encourage elaboration. For example, when discussing mentorship, the interviewer would ask students to describe a specific situation where mentor guidance was particularly helpful or, conversely, where they felt additional support would have been beneficial.

All interviews were conducted by two researchers who were not directly involved in teaching the Occupational Hygiene course to reduce potential bias related to evaluator-instructor relationships. Interviewers introduced themselves, explained the study aims, confirmed verbal consent, and emphasized that responses would not affect academic evaluation. Interviews were audio-recorded with participant permission. Recordings were transcribed by a professional transcription service. Transcripts were checked for accuracy by members of the research team and anonymized by removing any identifying details.

*Data analysis.* Descriptive statistics including frequencies, percentages, means, and standard deviations for each survey item and subscale were calculated in SPSS version 26.0. Given the small sample size and ordinal nature of Likert responses, we did not perform inferential statistical tests. Instead, we focused on describing patterns of satisfaction across the four evaluated dimensions. Responses to open-ended questions in the survey were coded inductively to identify recurring themes, and frequency counts were generated for the most common comments.

Qualitative data from interviews were analyzed using thematic analysis, and began with familiarization, during which two researchers independently read all transcripts in full. Next, initial codes were generated to label meaningful segments of text. These codes were applied systematically across the dataset. After coding was completed, the research team met to compare coding decisions, discuss discrepancies, and refine the codebook. Related codes were then grouped into broader themes.

*Ethical considerations.* The study protocol received approval from the Local Ethics Committee of Karaganda Medical University (reference number 2023-09/HE) and adhered to the principles of the Declaration of Helsinki. All participants provided informed consent. For the survey, consent was obtained electronically through an introductory statement requiring participants to confirm their agreement before proceeding to

the questions. For interviews, verbal informed consent was obtained and audio-recorded at the beginning of each session.

**Results.** *Participant characteristics.* All 37 students enrolled in the Occupational Hygiene course during the spring semester of 2024 completed the online satisfaction survey, representing the full cohort and yielding a 100% response rate. The group consisted of 23 students (62.2%) from the fourth-year standard program and 14 students (37.8%) from the third-year shortened program (Table 1). Among respondents, 28 were female (75.7%) and 9 were male (24.3%), reflecting the typical gender distribution in Public Health programs at the institution. The mean age was 21.4 years (standard deviation 1.2 years, range 19 to 24 years). Twelve students volunteered to participate in follow-up interviews. Among interview participants, eight were from the fourth-year cohort and four from the third-year cohort, with nine females and three males. Two interview participants reported having prior work experience in healthcare settings before entering university, while the remaining ten had no previous professional exposure to public health practice.

**Table 1 - Participant characteristics (n=37)**

Characteristic	Survey participants, n (%)	Interview participants, n (%)
<b>Program level</b>		
Fourth-year (standard program)	23 (62.2)	8 (66.7)
Third-year (shortened program)	14 (37.8)	4 (33.3)
<b>Gender</b>		
Female	28 (75.7)	9 (75.0)
Male	9 (24.3)	3 (25.0)
<b>Age, years</b>		
Mean (SD)	21.4 (1.2)	21.6 (1.3)
Range	19-24	20-24
<b>Prior healthcare work experience</b>		
Yes	Not collected	2 (16.7)
No	Not collected	10 (83.3)

*Overall satisfaction with dual education.* When asked to compare the dual learning format with traditional classroom-based instruction, 29 students (78.4%) indicated that dual training was more effective for their professional development. Six students (16.2%) perceived both approaches as equally useful, and two students (5.4%) expressed a preference for conventional teaching methods. Students who favored dual training most frequently cited in open-ended comments the opportunity to see how theoretical concepts apply in realistic settings, the chance to work with equipment and protocols

used in actual sanitary practice, and the motivational effect of engaging with professionals outside the university environment.

The overall mean satisfaction score across all 24 Likert-scale items was 4.21 (standard deviation 0.58), indicating generally high satisfaction with the dual education experience. When examined by the four predefined domains, satisfaction varied in both level and consistency, revealing specific strengths and areas requiring attention (Table 2).

**Table 2 - Mean satisfaction scores by domain**

Domain	Number of items	Mean score (SD)	Range	Cronbach's $\alpha$
Organizational quality	6	3.87 (0.74)	2-5	0.79
Reinforcement of theoretical knowledge	5	4.15 (0.68)	2-5	0.81
Development of practical skills	7	4.38 (0.61)	2-5	0.88
Socio-psychological climate	6	4.41 (0.55)	3-5	0.76
<b>Overall satisfaction</b>	<b>24</b>	<b>4.21 (0.58)</b>	<b>2-5</b>	<b>0.84</b>

Note: Scores based on 5-point Likert scale (1=completely dissatisfied, 5=completely satisfied). SD=standard deviation.

*Organizational quality.* The organizational domain, comprising six items related to scheduling, communication of expectations, coordination between university and practice sites, clarity of learning objectives, adequacy of preparation before practical sessions, and overall logistical management, received a mean satisfaction score of 3.87 (standard deviation 0.74). This was the lowest-scoring domain among the four evaluated areas.

Regarding the location and facilities where practical training occurred, 24 students (64.9%) reported complete satisfaction with the organization of sessions at the university's Research Sanitary and Hygienic Laboratory. These students appreciated the availability of modern equipment, the structured nature of laboratory exercises, and the consistency of supervision. However, 13 students (35.1%) indicated partial satisfaction, specifying in open-ended responses that while the laboratory environment was well organized, they would have preferred more opportunities to conduct practical work in actual industrial or occupational health settings rather than solely within the university infrastructure. Representative comments included observations that laboratory simulations, although useful, did not fully capture the complexity and unpredictability of real workplaces, and that exposure to real industrial environments would better prepare them for post-graduation employment.

When asked specifically about the clarity of expectations and learning objectives for dual training activities, 26 students (70.3%) were completely satisfied, 9 students (24.3%) were moderately satisfied, and 2 students (5.4%) expressed dissatisfaction. The students who reported lower satisfaction mentioned that at the beginning of the

semester, the structure of dual training was not explained thoroughly, leading to initial confusion about what would be expected during practical sessions and how these activities would be assessed.

Satisfaction with the coordination between classroom instruction and practice-based learning was reported as complete by 27 students (73.0%), partial by 8 students (21.6%), and inadequate by 2 students (5.4%).

*Reinforcement of theoretical knowledge.* The second domain assessed whether dual training helped students consolidate and deepen their understanding of theoretical material presented in lectures. This subscale contained five items and yielded a mean satisfaction score of 4.15 (standard deviation 0.68). Twenty-eight students (75.7%) indicated complete satisfaction with how practical activities reinforced classroom learning, while nine students (24.3%) felt their expectations in this area were only partially met. No students reported dissatisfaction. When asked whether dual training improved their ability to apply hygiene standards and regulations in practical contexts, 31 students (83.8%) agreed strongly, 5 students (13.5%) agreed moderately, and 1 student (2.7%) remained neutral.

Satisfaction with the balance between theory and practice was reported as optimal by 30 students (81.1%), while 7 students (18.9%) felt that additional theoretical preparation would have been helpful before some practical sessions. These students suggested that brief pre-session seminars reviewing relevant regulations or methodologies could enhance their confidence and performance during practical activities.

*Development of practical skills.* The practical skills domain contained seven items evaluating training in sanitary inspection techniques, laboratory analysis methods, occupational risk assessment procedures, documentation and reporting skills, use of specialized equipment, interpretation of hygiene measurements, and communication with workplace representatives. This domain received the highest mean satisfaction score of 4.38 (standard deviation 0.61).

Thirty-two students (86.5%) expressed complete satisfaction with the development of practical skills through dual training. Four students (10.8%) reported partial satisfaction, and one student (2.7%) indicated dissatisfaction without providing explanatory comments in the open-ended section. Open-ended responses frequently mentioned gaining confidence in operating instruments such as noise level meters, air sampling devices, and photometric equipment, as well as learning standardized protocols for workplace inspections.

When asked specifically about confidence in performing occupational hygiene procedures independently after completing dual training, 30 students (81.1%) reported feeling confident or very confident, 6 students (16.2%) felt moderately confident, and 1 student (2.7%) remained uncertain. The variation in confidence levels appeared related to the extent of hands-on practice each student received, which depended partly on group size during laboratory sessions and the availability of equipment.

Satisfaction with mentorship and guidance during practical skill development was high, with 33 students (89.2%) expressing complete satisfaction. Students valued the accessibility of laboratory supervisors and their willingness to demonstrate procedures, answer questions, and provide corrective feedback. Four students (10.8%) indicated that while mentors were generally helpful, time constraints sometimes prevented in-depth discussions or personalized instruction, particularly when multiple students needed assistance simultaneously.

*Socio-psychological climate.* The socio-psychological climate domain included six items measuring comfort and sense of belonging at training sites, quality of interpersonal relationships with mentors and peers, emotional support during practical sessions, respect and encouragement from supervisors, overall psychological safety, and willingness to ask questions or admit uncertainty. This domain received a mean score of 4.41 (standard deviation 0.55), nearly equivalent to the practical skills domain.

Thirty-four students (91.9%) rated the socio-psychological climate positively, describing training environments as supportive, respectful, and encouraging. Three students (8.1%) provided neutral ratings but did not elaborate on specific concerns. No students reported negative experiences. Open-ended comments emphasized the importance of friendly and approachable mentors who created an atmosphere where students felt comfortable asking questions, making mistakes, and seeking clarification. One student noted that mentors treated them as junior colleagues rather than merely as students, which enhanced motivation and fostered a sense of professional identity.

When asked whether they would recommend dual training to students in future cohorts, 35 students (94.6%) responded affirmatively, 2 students (5.4%) were undecided, and none responded negatively.

*Thematic analysis of student interviews.* Analysis of the twelve semi-structured interviews produced four major themes (Table 3) that elaborated on the quantitative patterns and provided explanatory depth regarding student experiences with dual education.

**Table 3 - Major themes from qualitative analysis**

Theme	Description	Illustrative Quotation
1	2	3
<b>Motivational value of practice-based learning</b>	Students described enhanced engagement and professional relevance when theoretical knowledge was applied in practical contexts	“When you sit in a classroom and hear about permissible noise levels, it is just numbers on a slide. But when you go to the laboratory and actually measure sound intensity...suddenly those numbers mean something.”
<b>Mentor accessibility and quality of feedback</b>	Quality of mentorship emerged as a key determinant of satisfaction. Students valued patient explanation and professional context but noted time constraints limited individualized attention	“Our supervisor...did not just tell us to follow the protocol step by step. She explained the history of why certain standards were developed...That kind of teaching helps you understand the bigger picture, not just memorize techniques.”

Продолжение таблицы 3

1	2	3
<b>Organizational challenges related to scheduling and site availability</b>	Students recognized logistical complexity but noted scheduling conflicts and limited external placements as areas requiring improvement	“We had a laboratory session scheduled on the same afternoon as an important seminar by visiting professor, so I had to choose which one to attend. That should not happen because both are important.”
<b>Tension between laboratory-based and industrial field experiences</b>	Students desire more exposure to authentic workplace environments with inherent unpredictability	“The university laboratory is excellent for learning basic techniques, but it is still a controlled academic environment. Real factories...have different dynamics...”

### Theme 1: Motivational value of practice-based learning

Students consistently described dual training as more engaging and motivating than conventional lectures. They explained that seeing the practical application of theoretical knowledge made the subject matter feel relevant and worthwhile. One fourth-year student stated, “When you sit in a classroom and hear about permissible noise levels, it is just numbers on a slide. But when you go to the laboratory and actually measure sound intensity, adjust the equipment, and see how different environments produce different readings, suddenly those numbers mean something. You understand why the regulations exist and what happens if they are ignored”.

Several students mentioned that dual training helped them confirm their career choice. A third-year student who had been uncertain about specializing in occupational health explained, “I was not sure if this field was right for me because it seemed very bureaucratic and dry. But during the practical sessions I realized that the work is actually quite dynamic. It made me more confident about my future in this profession”.

The motivational effect extended beyond interest in the subject matter. Students reported feeling more responsible for their own learning when they knew they would need to apply knowledge in practical contexts. One student described preparing more thoroughly for practical sessions than for traditional exams, explaining, “If you do not understand the procedure correctly, you cannot just memorize an answer. You have to actually do something, and if you do it wrong, it is obvious. That made me study more carefully because I did not want to look incompetent in front of the mentor or my groupmates”.

### Theme 2: Mentor accessibility and quality of feedback

The quality of mentorship emerged as a determining factor in student satisfaction. Students highly valued mentors who were patient, approachable, and willing to explain not only how to perform procedures but also why particular methods were preferred and what factors influenced decision-making in professional practice.

One student described an exemplary mentoring interaction: “Our supervisor at the laboratory did not just tell us to follow the protocol step by step. She explained the

history of why certain standards were developed, what mistakes people made in the past that led to those standards, and what can go wrong if you cut corners. She also encouraged us to ask questions even if they seemed basic. That kind of teaching helps you understand the bigger picture, not just memorize techniques”.

However, students also identified limitations. Several mentioned that while mentors were knowledgeable and supportive, the time allocated for each practical session was often insufficient for meaningful dialogue. One student explained, “We had three hours for the laboratory session, but with a group of eight students and only one mentor, each of us could only get a few minutes of individual attention. If you wanted to discuss something in depth or needed help troubleshooting a problem, you had to wait, and sometimes we ran out of time before everyone got their questions answered”.

Students expressed a desire for structured debriefing sessions following practical activities where they could reflect on what they learned, discuss challenging situations, and receive personalized feedback on their performance. One student suggested, “It would help if after every practical session we had thirty minutes to sit down with the mentor and talk through what we did, what went well, what we struggled with, and what we should focus on improving next time. Right now, we finish the tasks and then move on to the next class without really processing the experience”.

### Theme 3: Organizational challenges related to scheduling and site availability

Students recognized that implementing dual training required significant logistical coordination, and while they appreciated the effort, they also noted organizational difficulties. Scheduling was a common concern. Several students mentioned that practical sessions sometimes conflicted with other courses or were scheduled at inconvenient times, making it difficult to fully participate. One student noted, “We had a laboratory session scheduled on the same afternoon as an important seminar by visiting professor, so I had to choose which one to attend. That should not happen because both are important”.

The limited availability of external practice sites was another recurring issue. Students understood that arranging placements at industrial enterprises involved negotiating access, ensuring safety, and coordinating with workplace supervisors who had their own responsibilities. However, they felt that the lack of field-based training was a significant gap. One student explained, “The university laboratory is excellent for learning basic techniques, but it is still a controlled academic environment. Real factories, construction sites, or healthcare facilities have different dynamics. There are time pressures, budget constraints, equipment that is not always properly maintained, and workers who may not cooperate with inspections. We need exposure to those realities”.

Another student mentioned the contrast between dual training in their program and experiences described by peers in other specialties: “My friend who studies in Italy told me that her dual program includes several weeks per semester working full-time at a partner company. She gets to see how the organization actually operates, builds relationships with her supervisor, and contributes to real projects. Our version of dual

training feels more like enhanced practical classes rather than genuine integration into a workplace”.

#### Theme 4: Tension between laboratory-based and industrial field experiences

Students expressed ambivalence about the balance between university-based laboratory training and external field placements. On one hand, they valued the safety, structure, and pedagogical intentionality of laboratory sessions. One student noted, “In the laboratory, the mentor can control the conditions, demonstrate techniques clearly, and make sure everyone gets hands-on practice. If we went to a busy factory, there might not be enough time or space for everyone to participate, and we might just end up observing rather than doing”.

On the other hand, students felt that excessive reliance on laboratory simulations limited the authenticity of their learning. A fourth-year student reflected, “When we conduct a workplace risk assessment in the laboratory, we are evaluating a scenario that was designed for teaching. The hazards are obvious, the documentation is organized, and everything follows the textbook procedure. But in a real workplace, you have to identify hazards that are not immediately visible, deal with incomplete information, and navigate situations where the employer might be defensive or uncooperative. Those are the skills we really need, and we cannot learn them in a university laboratory”.

Students also recognized the resource constraints that limited external placements. One student acknowledged, “I understand that the university cannot easily arrange for all of us to visit factories regularly. It requires permissions, insurance, transportation, and coordination with busy professionals. But maybe even two or three field visits per semester would make a big difference in how prepared we feel for our future work”.

**Discussion.** This study provides empirical evidence that introducing dual education elements into the Occupational Hygiene curriculum can enhance student satisfaction and perceived readiness for professional practice in Public Health programs. The majority of participating students rated the dual learning format as superior to conventional classroom instruction, with particularly high satisfaction regarding practical skill development and the supportive learning environment at training sites. These findings align with broader literature demonstrating that work-integrated learning approaches improve motivation and self-assessed competence among health professions students.

Our findings are consistent with international studies examining dual and cooperative education models in health professions training. Research conducted across European vocational education systems has consistently demonstrated that students who participate in workplace-based learning report higher employment readiness and smoother transitions into professional roles compared to those receiving exclusively classroom-based instruction. A comprehensive analysis of dual training outcomes in Germany, Austria, and Switzerland found that graduates from programs incorporating substantial workplace components achieved employment within three months of graduation at rates exceeding 85%, compared to approximately 65% for conventional

program graduates [14]. While our study did not measure actual employment outcomes, the high student satisfaction and self-reported confidence suggest that similar benefits may accrue in the Kazakhstan context.

The motivational advantages of practice-based learning observed in our study parallel findings from medical education research. Yardley and colleagues conducted a systematic review of early clinical exposure programs and found that students who engaged with clinical environments during preclinical years demonstrated increased motivation, clearer understanding of professional roles, and better integration of basic science knowledge with clinical reasoning [15]. Although our study focused on public health rather than clinical medicine, the underlying mechanism appears similar. When students observe how occupational hygiene principles protect worker health in real settings, the relevance of their studies becomes immediately apparent rather than remaining an abstract future possibility.

The importance of mentor quality emerged strongly in both our quantitative and qualitative data. This finding aligns with extensive literature on clinical supervision and workplace learning. Dornan and colleagues examined the characteristics of effective clinical learning environments and identified supervisor enthusiasm, availability, and willingness to explain reasoning as key determinants of student learning outcomes [16]. Their work emphasized that learning in authentic professional settings depends heavily on the social and relational dimensions of practice, not merely on physical presence in workplaces. Students in our study echoed these themes when describing how mentors who contextualized procedures within broader professional frameworks enhanced their understanding beyond what protocol memorization alone could achieve.

However, our students also reported time constraints that limited opportunities for individualized feedback and reflective discussion. This challenge reflects a common tension in workplace-based education documented across multiple health professions. There are arguments that busy clinical or public health practitioners often struggle to balance their service obligations with teaching responsibilities, leading to supervision that emphasizes task completion over deep learning [17]. They propose structured debriefing as an essential but frequently neglected component of workplace learning, allowing students to articulate what they observed, question assumptions, and develop metacognitive awareness of their developing competence. Our findings suggest that even in well-organized dual training programs, dedicated time for such reflection must be explicitly planned and protected rather than assumed to occur spontaneously.

The desire for more exposure to genuine industrial environments rather than university laboratories represents a noteworthy finding. While laboratory-based simulation offers obvious advantages in terms of safety, control, and pedagogical intentionality, students recognized that authentic workplaces present complexity that cannot be fully replicated in academic settings. This observation aligns with Billett's research on workplace learning, which distinguishes between "rehearsal" environments designed primarily for learning and genuine work settings where production demands,

interpersonal dynamics, and resource constraints introduce authentic challenges [18]. Simulated settings allow repeated practice and error correction without consequences, while authentic workplaces require students to develop adaptive expertise by responding to unpredictable situations. Our findings suggest that optimal dual education models should incorporate both, sequencing laboratory practice before workplace immersion to ensure students arrive at external sites with sufficient foundational competence to benefit from authentic exposure.

The organizational challenges identified by students reflect systemic barriers that affect dual education implementation in many countries. Research examining workplace-based learning across multiple European vocational education systems has consistently identified securing adequate external placements as one of the most significant obstacles to successful dual training programs [19]. In healthcare and public health specifically, workplace learning partnerships face additional complexity because host organizations must balance service delivery obligations with educational responsibilities while maintaining patient safety and data confidentiality. Research on clinical education has documented that workplace supervisors frequently experience role conflict between their professional duties and teaching commitments, leading to variable quality of student supervision depending on workload pressures [20]. In the occupational hygiene context, many enterprises operate with lean public health staff who may not have capacity to accommodate student learners regularly. Additionally, organizations may be reluctant to allow students access to production areas due to concerns about proprietary information, compliance with safety regulations, or potential liability if students are injured during workplace activities. These practical realities mean that universities cannot simply mandate increased workplace exposure without substantial effort to build partnerships, negotiate formal agreements addressing liability and confidentiality, provide training and support to workplace supervisors, and potentially offer financial or other incentives to offset the costs organizations incur when hosting students.

**Conclusions.** This study provides evidence that incorporating dual education elements into Public Health curricula can enhance student engagement, satisfaction, and perceived professional readiness. Students participating in the modified Occupational Hygiene course valued opportunities to apply theoretical knowledge in practice-based contexts, appreciated supportive mentorship from workplace supervisors, and reported increased confidence in performing professional tasks. These positive outcomes occurred despite organizational limitations including restricted access to authentic industrial settings and insufficient time for reflective learning. The findings suggest that dual education represents a viable approach for addressing the persistent theory-practice gap in health professions education. However, realizing its full potential requires substantial institutional commitment extending beyond pedagogical enthusiasm to include strategic partnership development, mentor preparation, curriculum redesign allocating adequate time for workplace learning and reflection, and sustainable resource allocation. Universities cannot simply append workplace experiences to existing programs and expect

transformation. Rather, dual education demands systemic changes in how institutions conceptualize their educational mission, structure their relationships with the professional community, and allocate their resources.

### References

1. Shamuratova GY. Synergetic approach as a form of multivariance in the educational process // *Young Scientist*. 2017; 22(156): 203–205.
2. Narbaev T, Amirbekova D, Bakdaulet A. A decade of transformation in higher education and science in Kazakhstan: a literature and scientometric review of national projects and research trends // *Publications*. 2025; 13(3): 35. doi:10.3390/publications13030035
3. Mubarakov AM. Learning within the framework of the dual education system [Internet]. 2014 [cited 2025 Dec 23]. Available from: [http://www.rusnauka.com/40\\_OINBG\\_2014/Pedagogica/5\\_183404.doc.htm](http://www.rusnauka.com/40_OINBG_2014/Pedagogica/5_183404.doc.htm)
4. European School Education Platform. Apprenticeships: a key vocational education and training (VET) pathway [Internet]. 2024 [cited 2025 Dec 23]. Available from: <https://school-education.ec.europa.eu/en/discover/news/apprenticeships-vet-pathway>
5. Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Order No. 50 “On approval of the Rules for organizing dual education” [Internet]. 2016 [cited 2025 Dec 23]. Available from: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600013422>
6. Institute for Employment Research (IAB). The dual apprenticeship system in Germany: an interview with IAB Director Joachim Möller [Internet]. Nuremberg: IAB-Forum; 2020 [cited 2025 Dec 23]. Available from: <https://iab-forum.de/en/the-dual-apprenticeship-system-in-gremany-an-interview-with-iab-director-joachim-moeller/>
7. Mühleck K, Jühlke R, Köppen L, Peter F, et al. Careers, competences and values of European higher education graduates in 2022 – EUROGRADUATE 2022: comparative synthesis report. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2025. doi:10.2766/5393637
8. Frenk J, Chen L, Bhutta ZA, et al. Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world // *Lancet*. 2010; 376(9756): 1923–1958. doi:10.1016/S0140-6736(10)61854-5
9. Schwendimann R, Ausserhofer D, Schubert M, et al. Switzerland. In: Rafferty AM, Busse R, Zander-Jentsch B, et al., editors. Strengthening health systems through nursing: evidence from 14 European countries [Internet]. Copenhagen: European Observatory on Health Systems and Policies; 2019 [cited 2025 Dec 23]. (Health Policy Series; No. 52). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545726/>
10. OECD. Spotlight on vocational education and training: findings from Education at a Glance 2023 [Internet]. Paris: OECD; 2023 [cited 2025 Dec 23].

Available from: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/09/spotlight-on-vocational-education-and-training\\_9a3571d6/acff263d-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/09/spotlight-on-vocational-education-and-training_9a3571d6/acff263d-en.pdf)

11. Yarov DV. Dual system of training competent graduates demanded by the labor market [Internet]. 2020 [cited 2025 Dec 23]. Available from: <https://nsportal.ru/npo-spo/obrazovanie-i-pedagogika/library/2020/01/12/dualnaya-model-obucheniya>

12. Muratbayeva S, Nurabayeva L, Ilmikhanova L, Tatarinova G, Aizhanova G, Lepeshev D. Dual education of developed countries: trends, concept, future // *Research Journal of Applied Sciences*. 2020; 15(12): 477–482.

13. Решетников Д.Л. Организация дуальной системы обучения: региональный аспект. Тольятти; 2017. 34 с.

Reshetnikov DL. Organizatsiya dual'noy sistemy obucheniya: regional'nyy aspekt. Tolyatti; 2017. 34 p.

14. Hoffman N, Schwartz R. Gold standard: the Swiss vocational education and training system [Internet]. Washington DC: National Center on Education and the Economy; 2015 [cited 2025 Dec 23]. Available from: <https://ncee.org/quick-read/gold-standard-the-swiss-vocational-education-and-training-system/>

15. Yardley S, Teunissen PW, Dornan T. Experiential learning: transforming theory into practice // *Med Teach*. 2012; 34(2): 161–164. doi:10.3109/0142159X.2012.643264

16. Dornan T, Boshuizen H, King N, Scherpbier A. Experience-based learning: a model linking the processes and outcomes of medical students' workplace learning // *Med Educ*. 2007; 41(1): 84–91. doi:10.1111/j.1365-2929.2006.02652.x

17. Dornan T, Mann K, Scherpbier A, Spencer J. *Medical education: theory and practice*. Edinburgh: Elsevier Health Sciences; 2011.

18. Billett S. Learning through health care work: premises, contributions and practices // *Med Educ*. 2016; 50(1): 124–131. doi:10.1111/medu.12848

19. Vila A, Calvet L, Prieto J, Juan AA. Vocational education and training in the European Union: a data-driven comparative analysis // *Information*. 2025; 16(12): 1037. doi:10.3390/info16121037

20. Kilminster S, Cottrell D, Grant J, Jolly B. AMEE Guide No. 27: effective educational and clinical supervision // *Med Teach*. 2007; 29(1): 2–19. doi:10.1080/01421590701210907

## ЕҢБЕК ГИГИЕНАСЫ БОЙЫНША ДУАЛЬДЫ БІЛІМ БЕРУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ СТУДЕНТТЕРДІҢ ҚАНАҒАТТАНУЫ МЕН ОҚУ ТӘЖІРИБЕСІ

**Жарылқасын Ж.<sup>1</sup>, Рогова С.<sup>1</sup>, Абитаев Д.<sup>1</sup>, Жиенбекова А.<sup>1</sup>, Жакетаева Н.<sup>1</sup>,  
Жарылқасынова А.<sup>1</sup>, Нұржанов С.<sup>1</sup>, Жамантаев О.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Қоғамдық денсаулық сақтау мектебі, «Қарағанды медицина университеті» КеАҚ,  
(100012, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ., Гоголь көшесі, 40, e-mail:  
info@qmu.kz)

1. Жарылқасын Ж., «ҚМУ» КеАҚ Қоғамдық денсаулық сақтау мектебінің профессоры, e-mail: zharylkassyn@qmu.kz
2. Рогова С., e-mail: s.rogova@qmu.kz
3. Абитаев Д., e-mail: abitaevd@qmu.kz
4. Жиенбекова А., e-mail: zhienbekova@qmu.kz
5. Жакетаева Н., e-mail: zhaketaeva@qmu.kz
6. Жарылқасынова А., e-mail: a.zharylkasynova@qmu.kz
7. Нұржанов С., e-mail: nurzhanovs@qmu.kz
8. Жамантаев О., e-mail: zhamantaev@qmu.kz

### **Тұжырым**

Қазақстандағы жоғары медициналық білім беру жүйесі құзыреттілікке негізделген және теориялық дайындықты жұмыс орнындағы практикалық қызметпен ұштастыруға бағытталған оқыту үлгілеріне кезең-кезеңімен көшуде. Академиялық оқытуды кәсіби базалардағы құрылымдалған тәжірибемен біріктіретін дуальды білім беру қоғамдық денсаулық сақтау бағдарламаларында қолданбалы дағдыларды қалыптастырудың тиімді жолы ретінде қарастырылады. Соған қарамастан, медициналық университеттерде бұл тәсілді енгізу нәтижелеріне жүйелі баға беру әлі де шектеулі деңгейде қалып отыр.

*Түйінді сөздер:* дуальды білім беру, еңбек гигиенасы, студенттердің қанағаттануы, практикаға негізделген оқыту, қоғамдық денсаулық сақтау, құзыреттілікке негізделген дайындық

## УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ СТУДЕНТОВ И ИХ ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИГИЕНА ТРУДА» В УСЛОВИЯХ ДУАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Жарылкасын Ж.<sup>1</sup>, Рогова С.<sup>1</sup>, Абитаев Д.<sup>1</sup>, Жиенбекова А.<sup>1</sup>, Жакетаева Н.<sup>1</sup>,  
Жарылкасынова А.<sup>1</sup>, Нуржанов С.<sup>1</sup>, Жамантаев О.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Школа общественного здравоохранения, НАО «Медицинский университет Караганды» (100012, Республика Казахстан, г.Караганда, Гоголя 40, e-mail: info@qmu.kz)

- 1.Жарылкасын Ж., «КМУ» профессор школы общественного здоровья НАО «КМУ», e-mail: zharylkassyn@qmu.kz
- 2.Рогова С., e-mail: s.rogova@qmu.kz
- 3.Абитаев Д., e-mail: abitaevd@qmu.kz
- 4.Жиенбекова А., e-mail: zhienbekova@qmu.kz
- 5.Жакетаева Н., e-mail: zhaketaeva@qmu.kz
- 6.Жарылкасынова А., e-mail: a.zharylkasynova@qmu.kz
- 7.Нуржанов С., e-mail: nurzhanovs@qmu.kz
- 8.Жамантаев О., e-mail: zhamantaev@qmu.kz

### Резюме

Система высшего медицинского образования Казахстана находится в процессе перехода к моделям обучения, основанным на формировании компетенций и ориентированным на интеграцию теоретической подготовки с практической деятельностью на рабочих местах. Дуальное образование, сочетающее академическое обучение со структурированной практической подготовкой на профессиональных базах, рассматривается как перспективный подход к развитию прикладных компетенций в программах по общественному здравоохранению. При этом остается ограниченной систематическая оценка внедрения данного подхода в медицинских университетах.

*Ключевые слова:* дуальное образование, профессиональная гигиена, удовлетворенность студентов, практико-ориентированное обучение, общественное здравоохранение, компетентностная подготовка

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
(НА УРОВНЕ 1,5 ПДК, ПДУ) НА УСКОРЕННОЕ СТАРЕНИЕ  
МОДЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХРОНИЧЕСКОГО  
ЭКСПЕРИМЕНТА)**

**Савченко О.А.<sup>1</sup>, Чуенко Н.Ф.<sup>1</sup>, Плотникова О.В.<sup>2</sup>, Савченко О.А.<sup>2</sup>,  
Савченко О.О.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора (630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7).

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (640099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, 12)

1.Савченко О.А., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, e-mail: Savchenkoaa1969@mail.ru

2.Чуенко Наталья Фёдоровна, e-mail:natali26.01.1983@yandex.ru

3.Плотникова Ольга, e-mail: olga.plotnikova7@mail.ru

4.Савченко Ольга Анатольевна, e-mail: Olgasav1978@mail.ru

5.Савченко Оксана Олеговна, e-mail: savchenkooh@yandex.ru

В 180-суточном эксперименте на 120 крысах линии Wistar изучено влияние изолированного воздействия вибрации, шума (81,5-85,3 дБА) и 4-компонентной смеси углеводов (1,5 ПДК). Установлено, что длительное воздействие данных факторов на уровне 1,5 ПДК/ПДУ приводит к ускоренному старению, что проявляется достоверным укорочением теломер, полиморфными патологическими изменениями в двух и более внутренних органах, снижением поведенческой активности и внешними сенильными признаками. Полученные результаты подтверждают роль производственных факторов как индукторов преждевременного старения и обосновывают необходимость усиления профилактических мер у трудового контингента, работающего в подобных условиях.

*Ключевые слова:* эксперимент, вибрация, шум, химические вещества, 1,5 ПДК/ПДУ, модельные организмы, ускоренное старение, укорочение теломер

**Введение.** Охрана здоровья населения и безопасные условия труда являются приоритетами государственной политики РФ [1]. Здоровье – ключевой фактор

реализации трудового и интеллектуального потенциала [2]. Вредные факторы производственной среды (физические и химические), действуя длительно, даже на уровне, близком к предельно допустимому (ПДК, ПДУ), могут вызывать хронический стресс, приводящий к ускоренному старению организма и развитию патологии связанной с неблагоприятным воздействием факторов производственной среды [3-9]. Преждевременное старение рассматривается как результат комплексного воздействия стрессоров на фоне индивидуальных адаптационных возможностей организма [6, 10]. Несмотря на актуальность, количественный вклад изолированных факторов и их влияние на молекулярно-клеточные механизмы старения требуют углубленного изучения [6-17].

**Цель исследования:** оценить влияние физических и химических факторов на уровне 1,5 ПДК/ПДУ на развитие ускоренного старения модельных организмов, установить первичные изменения и биомаркеры данного процесса.

**Материал и методы.** Исследование выполнено на 120 половозрелых крысах-самцах и самках линии Wistar. Животных разделили на 4 группы (n=30 в каждой): 1-я – интактный контроль; 2-я – воздействие локальной вибрацией (30 мин/день); 3-я – воздействие широкополосным шумом 81,5-85,3 дБА (30 мин/день); 4-я – воздействие 4-компонентной смесью углеводородов (диметилбензол, бензин-растворитель, метилбензол, пропан-2-он) в концентрации 1,5 суммарной ПДК (30 мин/день). Эксперимент длился 180 суток. Оценку проводили на 1-е (фон), 60-е, 120-е и 180-е сутки.

Методы: гигиеническая диагностика, тест «Открытое поле» для оценки поведенческих реакций [16], взвешивание, термометрия. Через каждые 60 дней часть животных выводили из эксперимента. Некropsию проводили с забором образцов сердца, печени, легких, почек, селезенки для гистологического исследования (окраска гематоксилином и эозином) и скелетной мускулатуры бедра для генетического анализа. Относительную длину теломер (ОДТ) определяли методом количественной ПЦР в реальном времени [18, 19]. Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0 с использованием критерия Манна-Уитни, различия считали значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** К 180-м суткам эксперимента у животных всех опытных групп, по сравнению с контролем, отмечалось статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение горизонтальной и вертикальной двигательной активности, исследовательской активности (норковый рефлекс) и увеличение эмоциональной реактивности в тесте «Открытое поле». Наблюдались внешние признаки ускоренного старения: алопеция, тусклая шерсть, снижение массы тела, уменьшение общей активности.

Морфогистологический анализ выявил развитие полиморфных патологических изменений в двух и более органах у животных опытных групп уже к 60-м суткам, с прогрессированием к 120-180-м суткам. Выявлены: в миокарде – дистрофия кардиомиоцитов, очаговая лимфоидная инфильтрация; в печени –

полнокровие, дистрофия гепатоцитов; в легких – утолщение межальвеолярных перегородок, полнокровие; в почках – дистрофия эпителия канальцев; в селезенке – гиперплазия лимфоидной ткани [21, 22]. Генетический анализ показал достоверное укорочение относительной длины теломер (ОДТ) в клетках мышечной ткани у животных опытных групп на 120-е и 180-е сутки по сравнению с контролем и исходными значениями ( $p < 0,05$ ), что является ключевым клеточным маркером старения [23, 24]. Полученные данные согласуются с результатами других исследований, подтверждающими роль хронического стресса в ускорении клеточного старения через укорочение теломер и системное воспаление [10, 12]. Комбинированное действие факторов, даже на уровне 1,5 ПДК/ПДУ, оказывает выраженное негативное влияние, запуская каскад реакций, ведущих к преждевременному изнашиванию органов и систем [6, 9, 11].

**Выводы:**

1) Длительное (180 суток) изолированное воздействие физических (вибрация, шум) и химических (смесь углеводов) факторов на уровне 1,5 ПДК/ПДУ индуцирует у модельных организмов (крысы Wistar) комплекс признаков ускоренного старения.

2) Биомаркерами ускоренного старения, вызванного данными факторами, являются: укорочение относительной длины теломер в соматических клетках, развитие полиморфных патологических изменений в двух и более внутренних органах, а также снижение поведенческой активности и появление внешних сенильных признаков.

3) Результаты исследования подтверждают необходимость усиления гигиенического контроля за условиями труда, разработки и строгого соблюдения комплекса профилактических мероприятий, включая использование СИЗ и регулярный медицинский мониторинг у работающих в условиях воздействия вредных факторов производственной среды, для профилактики преждевременного старения и достижения трудового долголетия.

**Заключение.** Проведенное исследование позволит глубже понять процессы, приводящие к развитию ускоренного старения, непосредственно влияющего на состояние показателей здоровья и продолжительности жизни. В исследовании определена ведущая роль здоровьесберегающих мер в предупреждении развития ускоренного старения, что, несомненно, будет способствовать увеличению продолжительности жизни.

## Литература

1. Костюк И.И., Василина А.А., Кискина Л.Г., Савченко О.А., Ступа С.С. Стратегия безопасности охраны здоровья населения - приоритет национальной безопасности Российской Федерации // Наука и военная безопасность. – 2023. – № 1(32). – С. 145-149.

Kostyuk I.I., Vasilina A.A., Kiskina L.G., Savchenko O.A., Stupa S.S. Strategiya bezopasnosti okhrany zdorov'ya naseleniya - prioritet natsional'noi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii [Health safety strategy is a priority of national security of the Russian Federation] // Nauka i voennaya bezopasnost'. – 2023. – № 1(32). – P. 145-149. (In Russ.).

2. Савченко О.А., Разгонов Ф.И., Савченко О.А. О роли военного образования в сохранении и укреплении здоровья курсантов на этапе получения профессионального образования // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2016. – № 1(23). – С. 147-156.

Savchenko O.A., Razgonov F.I., Savchenko O.A. O roli voennogo obrazovaniya v sokhranении i ukreplenii zdorov'ya kursantov na etape polucheniya professional'nogo obrazovaniya [On the role of military education in preserving and strengthening the health of cadets at the stage of obtaining professional education] // Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya. – 2016. – № 1(23). – P. 147-156. (In Russ.).

3. Савченко О.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Кузнецов С.М., Плотникова О.В., Савченко О.А. Гигиеническая оценка влияния производственных факторов малой интенсивности на показатели состояния здоровья экспериментальных животных // Национальные приоритеты России. – 2024. – № 3(54). – С. 53-67.

Savchenko O.A., Novikova I.I., Chuenko N.F. et al. Gigenicheskaya otsenka vliyaniya proizvodstvennykh faktorov maloi intensivnosti na pokazateli sostoyaniya zdorov'ya eksperimental'nykh zhivotnykh [Hygienic assessment of the influence of low-intensity production factors on the health indicators of experimental animals] // Natsional'nye priority Rossii. – 2024. – № 3(54). – P. 53-67. (In Russ.).

4. Савченко О.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Савченко О.А. Оценка влияния производственных факторов на физиологические показатели, поведенческие реакции и ускоренное старение лабораторных животных в условиях хронического эксперимента // Санитарный врач. – 2024. – № 11. – С. 780-793.

Savchenko O.A., Novikova I.I., Chuenko N.F., Savchenko O.A. Otsenka vliyaniya proizvodstvennykh faktorov na fiziologicheskie pokazateli, povedencheskie reaktsii i uskorennoe starenie laboratornykh zhivotnykh v usloviyakh khronicheskogo eksperimenta [Evaluation of the influence of production factors on physiological parameters, behavioral reactions and accelerated aging of laboratory animals in a chronic experiment] // Sanitarnyi vrach. – 2024. – № 11. – P. 780-793. (In Russ.).

5. Baudin C., Lefèvre M., Champelovier P. et al. Self-rated health status in relation to aircraft noise exposure, noise annoyance or noise sensitivity // BMC Public Health. – 2021. – Vol. 21, № 1. – P. 116.

6. Zhang H., Li H., Peng Z. et al. Meta-analysis of the effect of low-level occupational benzene exposure on human peripheral blood leukocyte counts in China // J Environ Sci (China). – 2022. – Vol. 114. – P. 204-210.

7. Савченко О.А., Новикова И.И., Плотникова О.В. О производственных факторах и преждевременном старении (обзор литературы) // Сибирский научный медицинский журнал. – 2024. – Т. 44, № 3. – С. 41–48.

Savchenko O.A., Novikova I.I., Plotnikova O.V. O proizvodstvennykh faktorakh i prezhdevremennom starenii (obzor literatury) [On occupational factors and premature aging (literature review)] // Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal. – 2024. – Vol. 44, № 3. – P. 41–48. (In Russ.).

8. Révész D., Verhoeven J.E., Milaneschi Y. et al. Dysregulated physiological stress systems and accelerated cellular aging // *Neurobiol Aging*. – 2014. – Vol. 35, № 6. – P. 1422-30.

9. Descatha A. Retirement, arduousness, premature aging: the role of occupational health practitioners and physicians // *Arch Maladies Prof Environnement*. – 2023. – Vol. 84, № 2. – P. 101807.

10. Савченко О.А., Чуенко Н.Ф., Плотникова О.В. и др. Факторы и биомаркеры, связанные с ускоренным старением // Национальные приоритеты России. – 2024. – № 3(54). – С. 45-52.

Savchenko O.A., Chuenko N.F., Plotnikova O.V. et al. Faktory i biomarkery, svyazannye s uskorennym starenie [Factors and biomarkers associated with accelerated aging] // *Natsional'nye priority Rossii*. – 2024. – № 3(54). – P. 45-52. (In Russ.).

11. Савченко О.А., Огудов А.С., Новикова И.И. и др. Оценка воздействия физических и химических факторов производственной среды на морфологическое состояние органов-мишеней в эксперименте на животных // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 114-121.

Savchenko O.A., Ogudov A.S., Novikova I.I. et al. Otsenka vozdeistviya fizicheskikh i khimicheskikh faktorov proizvodstvennoi sredy na morfologicheskoe sostoyanie organov-mishenei v eksperimente na zhivotnykh [Assessment of the impact of physical and chemical factors of the industrial environment on the morphological state of target organs in an experiment on animals] // *Samarskii nauchnyi vestnik*. – 2023. – Vol. 12, № 4. – P. 114-121. (In Russ.).

12. Савченко О.А., Новикова И.И. Оценка влияния производственных факторов на состояние внутренних органов модельных животных в 180-дневном эксперименте // Сибирский научный медицинский журнал. – 2025. – Т. 45, № 1. – С. 109-121.

Savchenko O.A., Novikova I.I. Otsenka vliyaniya proizvodstvennykh faktorov na sostoyanie vnutrennikh organov model'nykh zhivotnykh v 180-dnevnom eksperimente [Assessment of the influence of production factors on the state of internal organs of model animals in a 180-day experiment] // *Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal*. – 2025. – Vol. 45, № 1. – P. 109-121. (In Russ.).

13. Савченко О.А., Свечкарь П.Е., Новикова И.И. Влияние производственных факторов на относительную длину теломер мышечной ICR // Сибирский научный медицинский журнал. – 2024. – Т. 44, № 4. – С. 113-118.

Savchenko O.A., Svechkar P.E., Novikova I.I. Vliyanie proizvodstvennykh faktorov na otnositel'nyuyu dlinu telomer myshei ICR [Influence of production factors on the relative telomere length of ICR mice] // Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal. – 2024. – Vol. 44, № 4. – P. 113-118. (In Russ.).

14. Savchenko O.A., Svechkar P.E., Novikova I.I. Effect of Production Factors on the Relative Telomere Length of ICR Mice // Cell and Tissue Biology. – 2025. – Vol. 19, No. 2. – P. 161-165.

15. Lee R.S., Zandi P.P., Santos A. et al. Cross-species Association Between Telomere Length and Glucocorticoid Exposure // J Clin Endocrinol Metab. – 2021. – Vol. 106, № 12. – P. 5124-e5135.

### **ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ (1,5 ПДК, ПДУ ДЕҢГЕЙІНДЕ) МОДЕЛДІ ОРГАНИЗМДЕРДІҢ ЖЫЛДАМДАТЫЛҒАН ҚАРТАЮЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ (ХРОНИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТ НӘТИЖЕЛЕРІ БОЙЫНША)**

**Савченко О.А.<sup>1</sup>, Чуенко Н.Ф.<sup>1</sup>, Плотникова О.В.<sup>2</sup>, Савченко О.А.<sup>2</sup>,  
Савченко О.О.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФБУН «Новосибирск гигиеналық ғылыми-зерттеу институты» Роспотребнадзор (630108, Ресей, Новосибирск қ., Пархоменко к-сі, 7)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Омск мемлекеттік медициналық университеті» Ресей Федерациясы Денсаулық сақтау министрлігі (640099, Ресей, Омск қ., Ленина к-сі, 12)

1.Савченко О.А., биология ғылымдарының кандидаты, ФМҚА «Новосібір Гигиена ҒЗИ» Роспотребнадзордың жетекші ғылыми қызметкері, e-mail: Savchenkoaa1969@mail.ru

2.Чуенко Н.Ф., natali26.01.1983@yandex.ru.

3.Плотникова О.В., e-mail: olga.plotnikova7@mail.ru.

4.Савченко О.А., e-mail: Olgasav1978@mail.ru.

5.Савченко О.О., e-mail: savchenkooh@yandex.ru

### **Тұжырым**

180 күндік тәжірибеде Wistar тұқымдас 120 егеуқұйрықта тек вибрацияның, шуылдың (81,5-85,3 дБА) және 4-компоненттік көмірсутек қоспасының (1,5 ПДК) әсері зерттелді. Белгіленгендей, аталған факторлардың ұзақ уақыт әсері 1,5 ПДК/ПДУ деңгейінде қартаю процесін жеделдетеді, бұл теломерлердің сенімді қысқаруымен, екі немесе одан да көп ішкі ағзаларда полиморфты патологиялық өзгерістермен, мінез-құлық белсенділігінің төмендеуімен және сыртқы қартаю белгілерімен көрінеді. Алынған нәтижелер өндіріс факторларының ерте қартаю-

дың индукциялауындағы рөлін растап, осындай жағдайларда жұмыс істейтін еңбек контингентінде алдын алу шараларын күшейтудің қажет екенін дәлелдейді.

*Түйінді сөздер:* тәжірибе, вибрация, шуыл, химиялық заттар, 1,5 ПДК/ПДУ, модельдік организмдер, жедел қартаю, теломерлерді қысқарту

**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF PHYSICAL AND CHEMICAL FACTORS (AT THE LEVEL OF 1.5 MAC, MPC) ON ACCELERATED AGING OF MODEL ORGANISMS (BASED ON THE RESULTS OF A CHRONIC EXPERIMENT)**

**Savchenko O.A.<sup>1</sup>, Chuyenko N.F.<sup>1</sup>, Plotnikova O.V.<sup>2</sup>, Savchenko O.A.<sup>2</sup>, Savchenko O.O.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>FSBI "Novosibirsk Research Institute of Hygien" of Rospotrebnadzor (630108, Russia, Novosibirsk, 7 Parkhomenko St.).

<sup>2</sup>FSBEI HE "Omsk State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation (640099, Russia, Omsk, 12 Lenina St.)

1.Savchenko O.A., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Federal Budgetary Scientific Institution 'Novosibirsk Research Institute of Hygiene' of Rospotrebnadzor, e-mail: Savchenkooa1969@mail.ru

2.Chuyenko N.F., e-mail: natali26.01.1983@yandex.ru

3.Plotnikova O.V., e-mail: olga.plotnikova7@mail.ru

4.Savchenko O.A., e-mail: Olgasav1978@mail.ru

5.Savchenko O.O., e-mail: savchenkoox@yandex.ru

### Summary

In a 180-day experiment on 120 Wistar rats, the effects of isolated exposure to vibration, noise (81.5–85.3 dBA), and a 4-component mixture of hydrocarbons (1.5 MAC) were studied. It was found that prolonged exposure to these factors at a level of 1.5 MAC/POC leads to accelerated aging, manifested by a significant shortening of telomeres, polymorphic pathological changes in two or more internal organs, reduced behavioral activity, and external signs of senility. The results confirm the role of occupational factors as inducers of premature aging and justify the need to strengthen preventive measures for workers operating under such conditions.

*Key words:* experiment, vibration, noise, chemicals, 1.5 MAC/POC, model organisms, accelerated aging, telomere shortening

DOI 10.65491/3106-5538-2026-1-31-36

УДК 613.6:551.58:614.2

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Абитаев Д.С.

<sup>1</sup>НАО «Медицинский университет Караганды» (100012, Республика Казахстан, г.Караганда, Гоголя 40, e-mail: info@qmu.kz)

1.Абитаев Д.С., к.м.н., ассоциированный профессор кафедры общественного здоровья, НАО «Медицинский университет Караганды», г. Караганда, e-mail: abitaevd@qmu.kz

Статья посвящена исследованию влияния климатических и метеорологических факторов на показатели заболеваемости и смертности населения промышленного региона Республики Казахстан. Проведен комплексный анализ динамики температурных показателей, частоты экстремальных погодных явлений, уровня атмосферного загрязнения и их взаимосвязи с показателями общей, сердечно-сосудистой и респираторной смертности. Установлены статистически значимые корреляционные связи между ростом среднесуточной температуры воздуха, концентрацией мелкодисперсных частиц и ухудшением медико-демографических характеристик. Обоснована необходимость разработки адаптационных мер в сфере общественного здравоохранения и гигиены труда.

*Ключевые слова:* изменение климата, промышленный регион, метеорологические факторы, атмосферное загрязнение, смертность, заболеваемость, профессиональные риски.

**Введение.** Глобальные климатические изменения рассматриваются как один из ведущих факторов риска для здоровья населения в XXI веке. Повышение среднегодовой температуры, учащение тепловых волн, изменение структуры осадков и усиление атмосферной нестабильности формируют новые гигиенические и эпидемиологические вызовы. По данным международных исследований, рост температуры окружающей среды ассоциирован с увеличением смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также с ростом обращаемости за медицинской помощью в периоды экстремальной жары.

Промышленные регионы Республики Казахстан характеризуются высокой концентрацией металлургических, угледобывающих и энергетических предприятий, формирующих значительную антропогенную нагрузку на атмосферный воз-

дух. В сочетании с изменением климатических параметров это создает синергетический эффект воздействия на здоровье населения.

В условиях урбанизации формируется феномен «городского теплового острова», усиливающий температурную нагрузку. Одновременно температурные инверсии в холодный период способствуют накоплению загрязняющих веществ. Таким образом, климатические изменения реализуются через сложную систему прямых и опосредованных воздействий.

**Цель исследования:** оценить влияние климатических и метеорологических факторов на показатели заболеваемости и смертности населения промышленного региона Центрального Казахстана за период 2010

**Материалы и методы.**

Объект исследования: Население г.Караганды и прилегающих промышленных территорий.

Период наблюдения: 2010г..

Источники информации: данные РГП «Казгидромет» о температуре, влажности, скорости ветра и количестве осадков; сведения мониторинга атмосферного воздуха (PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>); официальная медицинская статистика о смертности и заболеваемости; данные о временной нетрудоспособности работников промышленных предприятий.

Методы анализа: анализ временных рядов; корреляционный анализ Пирсона; множественная линейная регрессия; расчет относительного риска (RR) и доверительных интервалов; стандартизация показателей по возрасту; сравнительный анализ периодов тепловых волн. Статистическая значимость принималась при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования.** Динамика климатических показателей. Среднегодовая температура воздуха за исследуемый период увеличилась на 1,4°C. Количество дней с температурой выше +30°C увеличилось более чем в два раза. Частота экстремально холодных дней снизилась, однако сохраняется выраженная континентальность климата.

Загрязнение атмосферного воздуха. Отмечено превышение ПДК по PM10 в 1,3–1,8 раза в отдельные годы. В периоды температурных инверсий фиксировалось накопление диоксида азота и серы. Корреляционный анализ выявил положительную связь между температурой и концентрацией PM2.5 ( $r=0,44$ ;  $p < 0,05$ ).

Смертность. В годы с аномально жарким летом наблюдался рост общей смертности на 6–9%. Смертность от болезней системы кровообращения увеличилась в среднем на 11% в периоды тепловых волн. Относительный риск смертности в жаркие дни составил  $RR=1,18$  (95% ДИ: 1,05–1,32).

Заболеваемость органов дыхания. В периоды повышенной концентрации взвешенных частиц госпитализация по поводу хронического бронхита возрасала на 14%, бронхиальной астмы - на 12%. У детей выявлена более выраженная чувствительность к изменению качества воздуха.

Профессиональные аспекты. Повышение температуры воздуха сопровождалось ростом случаев теплового перенапряжения у работников металлургических предприятий. Зафиксировано снижение производительности труда на 5–8% в периоды экстремальной жары.

**Обсуждение.** Полученные данные подтверждают многофакторный характер влияния климатических изменений на здоровье населения. В промышленном регионе температурные колебания усиливают негативное воздействие загрязняющих веществ. Сочетание теплового стресса и аэрогенного загрязнения создает дополнительную нагрузку на адаптационные механизмы организма.

Результаты сопоставимы с международными исследованиями, демонстрирующими рост смертности в условиях тепловых волн и высокого уровня PM<sub>2.5</sub>. Особую обеспокоенность вызывает воздействие на уязвимые группы населения и работников, занятых в условиях повышенных температур.

Практические рекомендации

1. Внедрение региональных программ реагирования на тепловые волны.
2. Совершенствование мониторинга атмосферного воздуха.
3. Оптимизация микроклимата производственных помещений.
4. Проведение профилактических медицинских осмотров.
5. Разработка образовательных программ по адаптации к климатическим изменениям.

**Заключение.** Установлена статистически значимая связь между ростом температуры воздуха, увеличением концентрации мелкодисперсных частиц и ухудшением показателей здоровья населения промышленного региона. Климатические изменения усиливают негативное воздействие антропогенных факторов и требуют разработки комплексных профилактических мероприятий.

## Литература

1. World Health Organization. Climate change and health. Geneva: WHO; 2023. 6 p. (Summary document).
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press; 2021. –
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press; 2022.
4. Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. National Climate Report of Kazakhstan. Astana; 2022. –
5. РГП «Казгидромет». Бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана за 2022 год. Астана; 2023. (Количество страниц официально не указано в источнике, считается как автономный бюллетень)
- RGP «Kazgidromet». Byulleten monitoringa izmeneniya klimata Kazakhstana za 2022 god. Astana; 2023.

6.РГП «Казгидромет». Состояние атмосферного воздуха в Республике Казахстан: национальный доклад. Астана; 2023.

RGP «Kazgidromet». Sostoyanie atmosfernogo vozdukha v Respublike Kazakhstan: natsional'nyu doklad. Astana; 2023.

7.Министерство здравоохранения Республики Казахстан. Статистический ежегодник здоровья населения. Астана; 2023.

Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan. Statisticheskiy ezhegodnik zdorov'ya naseleniya. Astana; 2023.

8.Ревич Б.А. Изменение климата и здоровье населения России // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98 (5). С. 473–478.

Revich B.A. Izmenenie klimata i zdorov'e naseleniya Rossii // Gigena i sanitariya. 2019. Vol. 98 (5). P. 473–478.

9.Новиков С.М. Оценка риска для здоровья при воздействии атмосферных загрязнений // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97 (4). С. 321–326.

Novikov S.M. Otsenka riska dlya zdorov'ya pri vozdeystvii atmosferykh zagryazneniy // Gigena i sanitariya. 2018. Vol. 97 (4). P. 321–326.

10.Haines A., Ebi K. The imperative for climate action to protect health // N Engl J Med. 2019. Vol. 380. P. 263–273.

11.Gasparrini A. et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature // Lancet. 2015. Vol. 386. P. 369–375.

12.Vicedo-Cabrera A.M. et al. Temperature-related mortality impacts // Lancet Planet Health. 2021. Vol. 5. P. e415–e425.

13.Romanello M. et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change // Lancet. 2023. Vol. 402. P. 2346–2394.

14.World Health Organization. Heat and health in the WHO European Region. Copenhagen: WHO; 2022. –

15.Kjellstrom T. et al. Heat, human performance and occupational health // Ind Health. 2016. Vol. 54. P. 91–101.

16.Xiang J. et al. Association between ambient temperature and occupational injuries // Environ Res. 2014. Vol. 133. P. 17–24.

17.Liu C. et al. Ambient particulate air pollution and mortality // N Engl J Med. 2019. Vol. 381. P. 705–715.

18.Chen R. et al. Fine particulate air pollution and daily mortality // Environ Health Perspect. 2017. Vol. 125. P. 117007.

19.Shaposhnikov D. et al. Mortality related to air pollution // Environ Health. 2018. Vol. 17. P. 10.

20.Ebi K.L. Adaptation to climate change and health // Curr Environ Health Rep. 2018. Vol. 5. P. 231–238.

21.Министерство труда и социальной защиты Республики Казахстан. Охрана труда в условиях изменения климата. Астана; 2022.

Ministerstvo truda i sotsial'noy zashchity Respubliki Kazakhstan. Okhrana truda v usloviyakh izmeneniya klimata. Astana; 2022.

22. United Nations Environment Programme. Adaptation Gap Report 2023. Nairobi: UNEP; 2023. 126 p. (UNEP reports typically include pagination but specific page number not always indicated).

23. Казахстанский научный центр гигиены труда. Микроклимат производственных помещений. Караганда; 2021.

Kazakhstanskiy nauchnyy tsentr gigieny truda. Mikroklimat proizvodstvennykh pomeshcheniy. Karaganda; 2021.

24. Medina-Ramon M., Schwartz J. Temperature and mortality // Occup Environ Med. 2007. Vol. 64. P. 827–833.

25. Bruce-Low S.S. et al. Heat stress and cardiovascular strain // Aviat Space Environ Med. 2006. Vol. 77. P. 915–920.

## **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ӨНЕРКӘСІПТІК АЙМАҒЫНДАҒЫ ХАЛЫҚ ДЕНСАУЛЫҒЫ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ КЛИМАТТЫҚ ЖӘНЕ МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

**Абитаев Д.С.**

<sup>1</sup>«Қарағанды медицина университеті» КеАҚ, (100012, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ., Гоголь көшесі, 40, e-mail: info@qmu.kz)

1. Абитаев Д.С., м.ғ.к., қоғамдық денсаулық сақтау кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Қарағанды медицина университеті» КеАҚ, Қарағанды қ., e-mail: abitaevd@qmu.kz

### **Тұжырым**

Зерттеу нәтижелері климаттық өзгерістердің өнеркәсіптік аймақта халық денсаулығына елеулі әсер ететінін көрсетті. Ауа температурасының жоғарылауы мен атмосфералық ауаның ластануы жүрек-қан тамыр және тыныс алу жүйесі ауруларының өсуімен байланысты екені анықталды.

*Түйінді сөздер:* климаттың өзгеруі, өнеркәсіптік аймақ, атмосфералық ластану, халық денсаулығы.

**THE IMPACT OF CLIMATIC AND METEOROLOGICAL FACTORS ON  
POPULATION HEALTH INDICATORS IN AN INDUSTRIAL REGION OF  
THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Abitaev D.S.**

<sup>1</sup>NC JSC «Karaganda Medical University» (100012, Republic of Kazakhstan, Karaganda, 40 Gogol Str., e-mail: info@qmu.kz)

1.Abitayev D.S., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Health, Medical University of Karaganda", Karaganda, e-mail: abitaevd@qmu.kz

**Summary**

The study demonstrated a statistically significant association between increasing ambient temperature, air pollution levels, and adverse public health indicators in an industrial region of Kazakhstan. Climate change enhances the negative impact of anthropogenic factors and requires integrated preventive strategies in occupational and environmental health.

*Key words:* climate change, industrial region, air pollution, mortality, occupational health.

**КАЧЕСТВО ЖИЗНИ У ГОРНОРАБОЧИХ С СОЧЕТАННОЙ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ****Отарбаева М.Б.**

<sup>1</sup>НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний» (100017, Республика Казахстан, г.Караганда, ул.Мустафина 15, e-mail: info@nao.ncgt.kz)

1.Отарбаева М.Б., д.м.н., профессор НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний», e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

В последние годы качество жизни рассматривается как один из ключевых интегральных показателей состояния здоровья при хронических профессиональных заболеваниях. Целью исследования явилась оценка качества жизни у горнорабочих с сочетанной профессиональной патологией: хронической поясничной радикулопатией и вибрационной болезнью. Обследовано 124 горнорабочих, разделённых на группы в зависимости от нозологической формы заболевания. Установлено, что наиболее выраженное снижение качества жизни отмечается у пациентов с сочетанной профессиональной патологией, что обусловлено выраженностью болевого синдрома и психоэмоциональных нарушений. Полученные данные подтверждают необходимость комплексного медико-социального подхода к реабилитации данной категории работников.

*Ключевые слова:* качество жизни, профессиональные заболевания, горнорабочие, радикулопатия, вибрационная болезнь.

**Актуальность.** В течение последнего десятилетия значительно возрос интерес к изучению качества жизни (КЖ) при хронических заболеваниях как интегрального показателя, отражающего наиболее значимые аспекты функционирования человека и позволяющего проводить комплексный, многоплановый анализ изменений его физического, психического и социального состояния, включая эмоциональный компонент [1]. Первоначально термин «качество жизни» использовался преимущественно в социальных науках, однако в настоящее время он широко применяется и в клинической медицине. Медицинские аспекты КЖ включают влияние клинических проявлений заболевания, а также применяемых методов лечения на повседневную жизнедеятельность пациента. Выявлены риски боли в пояснице у горняков, связанные с вибрацией на рабочем месте [1,2]. Понятие

«собственно качество жизни» определяется, прежде всего, субъективной оценкой больного и включает его жалобы, функциональные возможности, восприятие изменений, связанных с заболеванием, уровень общего благополучия и степень удовлетворённости жизнью. Изучение КЖ предполагает оценку практически всех сторон жизнедеятельности человека, включая симптомы, которые в наибольшей степени влияют на физическую, психическую, социальную и эмоциональную сферы повседневной активности [3]. Установлено, что показатели качества жизни существенно ухудшаются по мере увеличения длительности заболевания. При продолжительности болезни более 10 лет и развитии необратимых изменений в суставах отмечается выраженное снижение ролевого физического функционирования, что, в свою очередь, приводит к ухудшению общего состояния здоровья, в том числе у лиц с СПП. Описаны эргономические методы оценки условий труда и связанной со здоровьем функции у шахтёров [4]. Важно отметить, что хроническое заболевание обуславливает не только снижение физического здоровья вследствие стойкого болевого синдрома и нарушения функции суставов, но и оказывает значительное влияние на психологическое состояние пациентов, способствуя развитию тревожно-депрессивных расстройств и снижению психоэмоционального благополучия, автономные нарушения у шахтёров с вибрационной болезнью. Исследована распространённость болей в пояснице и влияния условий труда на здоровье горняков, дана оценка качества жизни у пациентов с поясничной радикулопатией с динамикой после лечения [5]. Следует подчеркнуть, что трактовка понятия «качество жизни» остаётся неоднозначной. Ряд исследователей рассматривает его как способность индивида функционировать в обществе в соответствии со своим социальным положением и получать удовлетворение от жизни. Другие авторы определяют качество жизни как субъективную оценку совокупности условий физического, психического и социального благополучия человека так, как они воспринимаются самим индивидом [6]. Результаты исследования у пациентов с сочетанной профессиональной патологией, хронической поясничной патологией и вибрационной болезнью выявили значимые различия в оценке качества жизни, что подчёркивает сложный и многокомпонентный характер влияния профессиональных факторов и хронических заболеваний на показатели КЖ.

#### **Материалы и методы исследования.**

Было обследовано 298 горнорабочих с сочетанной профессиональной патологией (хроническая поясничная радикулопатия и вибрационная болезнь) по АО «АрселорМиттал Темиртау», которые проходили обследование и лечение в РГП на ПХВ «Национальном центре гигиены труда и профессиональных заболеваний МЗ РК г.Караганды за период 2007-2009г., средний возраст которых составил  $47,7 \pm 12,4$  года, стаж  $21,4 \pm 2,43$ , которые длительное время работали в неблагоприятных производственных условиях.

Углубленные гигиенические, клинко-нейрофизиологические и анкетирование исследования были проведены 124 горнорабочим, которые были разделены на следующие группы:

1 группа - практически здоровые шахтеры-угольщики группа «К» - 25 чел. (26,3%);

2 группа – горнорабочие с сочетанной профессиональной патологией (СПП - вертеброгенная патология с умеренно-выраженным болевым синдромом и вибрационная болезнь II ст.) - 28 чел. (29,4%);

3 группа - хроническая профессиональная радикулопатия (ХПР) с умеренно-выраженным болевым синдромом 25 чел. (26,3%);

4 группа - вибрационная болезнь (ВБ) II ст. 22чел. (23,1%).

Для изучения самооценки качества жизни использовали опросник качества жизни, разработанный в Научно-исследовательском центре профилактической медицины (ВНИЦ ПИ; программа ЭСКИЗ – экспертная система коррекции индивидуального здоровья), (г.Санкт-Петербург) [7]. Он включал 15 вопросов, касающейся различных параметров качества жизни. Оценка качества здоровья производится с позиций единства физических, психических и социальных составляющих, поэтому используется метод трех шкал – физической, психической и социальной удовлетворенности. Обработка и интерпретация результатов – подсчитывается средний балл для каждой шкалы (15 шкал) и заносится в таблицу. Каждый из 15 пунктов подразделяется на подпункты с целью детализации каждого вопроса. В зависимости от ответа для каждой шкалы выделяется уровень качества жизни:

- от 61 до 100 баллов – нормальное качество жизни;
- от 31 до 60 баллов – снижение качества жизни;
- от 0 до 30 баллов – низкое качество жизни.

Подсчитывается средний балл всех параметров качества жизни.

Статистическая обработка данных проводилась по стандартным методикам с использованием специализированных программ для статистического анализа – табличный процессор «Microsoft Excel» и программа «STATISTICA 6.0» (фирмы StatSoft, США).

#### **Результаты исследования.**

Анализ средних результатов оценки качества жизни в 3 группах выявил следующее: наиболее удовлетворены качеством своей жизни больные в группе с диагнозом вибрационная болезнь ( $51,4 \pm 2,4$ ). В остальных группах СПП ( $30,7 \pm 1,4$ ) и ХПР ( $34,6 \pm 2,5$ ) качество жизни оценивается как сниженное, что указывает на недовольство больных большинством аспектов своей жизни. В группе ВБ пациенты удовлетворены следующими составляющими своей жизни: благосостояние своей семьи  $60,1 \pm 6,5$ ; климатическими условиями района проживания  $60,6 \pm 2,7$ ; бытовыми условиями в районе проживания  $68,5 \pm 3,0$ ; отношениями с коллегами по работе  $61,5 \pm 2,0$ ; здоровьем детей. Низкую оценку дают по такому параметру

как недовольство личным заработком  $30,4 \pm 1,6$ ; возможность профессионального роста  $15,6 \pm 1,2$ . В целом в данной группе оценивают свою жизнь как удовлетворительная ( $51,4 \pm 2,4$ ).

В группе больных с диагнозом ХПР отношение к конкретным аспектам жизни выглядит следующим образом: оценка качества жизни расценивается как удовлетворительное по таким параметрам: довольны размерами своей жилплощади  $51,4 \pm 2,4$ ; довольны питанием и количеством потребляемой пищи ( $60,3 \pm 4,3$ ;  $66,2 \pm 6,4$ ). Проявляет недовольство, т.е. дает низкую оценку качества данная группа больных по таким параметрам как недовольство личным заработком  $35,2 \pm 4,6$ ; возможность профессионального роста  $18,4 \pm 1,3$ . По остальным параметрам качества жизни в целом оценивается как сниженное.

У лиц с СПП удовлетворены следующими составляющими качества жизни: считают свою семейную жизнь счастливой  $77,03 \pm 3,5$ ; довольны количеством потребляемой пищи  $67,8 \pm 4,9$ ; довольны здоровьем своих детей  $70,0 \pm 4,9$ . Выражают недовольство и неудовлетворены такими параметрами как: возможность профессионального роста  $15,9 \pm 1,1$ ; сексуальной жизнью  $30,6 \pm 2,7$ ; суточным сном  $30,9 \pm 2,5$ ; работой  $30,5 \pm 5,4$ .

Низкое качество жизни у лиц с СПП определили такие параметры как «оценка состояния своего здоровья» ( $26,9 \pm 1,5$ ), эти же параметры у лиц с ХПР и ВБ определены как сниженное качество жизни и составили  $34,6 \pm 3,2$  и соответственно; низкая «оценка своего душевного состояния в последнее время» у лиц с СПП ( $27,6 \pm 1,6$ ), несколько выше этот параметр и расценивался как сниженное качество жизни у лиц с ХПР и ВБ и составил  $32,5 \pm 2,8$  и  $48,7 \pm 4,0$  соответственно; низко оценивают «свою жизнь в целом» лица с СП ( $30,7 \pm 1,4$ ), у лиц с ХПР и ВБ этот параметр оказался сниженным и составил  $34,6 \pm 2,5$  и  $51,4 \pm 2,4$  соответственно (таблица 1). Таким образом, у лиц с сочетанной профессиональной патологией выявлено статистически значимое снижение всех ключевых параметров качества жизни по сравнению с контрольной группой и пациентами с изолированными формами профессиональных заболеваний.

**Таблица 1 - Оценка параметров качества жизни у лиц с сочетанной профессиональной патологией, хронической профессиональной радикулопатией, вибрационной болезнью (M±m)**

Параметры	Группа «К» n=25	СП n=28	ХПР n=25	ВБ n=22
1	2	3	4	5
<b>1. Деньги, материальный достаток</b>				
1.1 Довольны ли вы благосостоянием вашей семьи	$58,7 \pm 3,5$	$49,6 \pm 1,8^{***\wedge}$ $\wedge\wedge$	$51,4 \pm 6,1^{**}$ *	$60,1 \pm 6,5$
1.2 Довольны ли вы своим личным заработком	$34,0 \pm 4,5$	$32,2 \pm 3,2^{##}$	$35,2 \pm 4,6^{\wedge\wedge}$ $\wedge$	$30,4 \pm 1,6^{**}$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
<b>2. Квартира, жилищные условия</b>				
2.1 Довольны ли вы размерами жилой площади	53,3±7,7	53,7±5,3	64,2±5,4*** ###	54,5±4,2
2.2 Довольны ли вы благоустроенностью квартиры (мебель, бытовые приборы и т.д.)	60,4±1,5	43,5±3,6** *^^^	49,3±3,8***	54,2±4,2***
<b>3. Экология, быт в районе проживания</b>				
3.1 Довольны ли вы климатическими условиями в месте проживания (ветер, влажность, температура и т.д.)	42,7±1,3	41,1±2,5## #^^^	45,4±6,6*	60,6±2,7***
3.2 Довольны ли вы экологическими условиями в месте проживания (шум, пыль и т.д.)	43,6±1,7	34,1±5,5** *###^^^	38,4±3,7***	54,5±4,2***
3.3 Довольны ли вы бытовыми условиями в месте проживания (магазины, услуги и т.д.)	59,3±5,1	47,4±3,6** *^^^	45,3±3,6***	68,5±3,0***
<b>4. Семья</b>				
4.1 Насколько вы считаете свою семейную жизнь счастливой	67,3±3,2	77,03±3,5* **###^^^	58,4±4,3***	62,4±4,4***
<b>5. Питание</b>				
5.1. Довольны ли вы разнообразием потребляемых продуктов питания	63,3±3,6	44,8±3,4** * ### ^^^	60,3±4,3**	57,4±3,4***
5.2. Довольны ли вы количеством пищи, потребляемой за сутки	69,3±2,8	67,8±4,9^^	66,2±6,4**	58,3±5,0***
<b>6. Сексуальная жизнь</b>				
6.1 Довольны ли вы своей сексуальной жизнью	69,7±6,8	30,6±2,7** *###^^^	54,6±6,5***	54,3±6,8***
<b>7. Развлечения, отдых, спортивные занятия</b>				
7.1 Довольны ли вы своим суточным сном	65,0±6,4	30,9±2,5** *###^^^	62,6±4,4	58,7±5,8**
7.2 Довольны ли своей физической активностью	44,7±3,6	43,7±3,3## #	42,7±3,6	37,8±1,4**
<b>8. Положение в обществе</b>				
8.1 Довольны ли своим положением в обществе	64,7±4,4	47,4±2,2** *##	50,4±3,4***	47,4±2,4***
<b>9. Работа</b>				
9.1 Отношения с руководителем	66,7±3,8	52,6±7,7* **###	60,3±5,4** *	54,8±4,2** *

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
9.2 Отношения с коллегами по работе	65,3±3,2	71,1±5,3** *###^^^	66,4±6,4	61,5±2,0**
9.3 Возможность профессионального роста или продвижения по службе	68,7±3,8	15,9±1,1** *	18,4±1,3***	15,6±1,2***
9.4 Удовлетворенность своей работой	58,7±2,7	30,5±5,4** *###^^^	35,6±4,5***	41,6±2,3***
<b>10. Духовные потребности</b>				
10.1 Считаете ли вы свою жизнь духовно богатой (литература, искусство, природа и т.д.)	51,3±2,3	42,2±6,0** *###^^^	50,4±6,5	47,6±3,1**
<b>11. Социальная поддержка</b>				
11.1 В случае серьезных неприятностей можете ли вы рассчитывать на поддержку семьи, родственников, друзей?	81,3±3,1	41,5±3,1** *###^^^	56,4±24,8** *	46,7±2,8***
<b>12. Здоровье, благополучие родственников близких</b>				
12.1 Здоровье детей	59,3±4,2	70,0±4,9** *###^^^	53,4±7,1	66,8±4,1
12.2 Здоровье жены/мужа	52,7±4,1	54,4±2,7## #^^^	62,5±4,8***	60,3±2,5***
<b>13. Оцените состояние своего здоровья</b>				
13.1	58,7±6,7	26,9±1,5** *###^^^	32,6±4,1***	34,6±3,2***
<b>14. Оцените свое душевное состояние в последнее время</b>				
14.1	56,0±3,1	27,6±1,6** *###^^^	32,5±2,8***	48,7±4,0***
<b>15. Оцените в целом, как складывается ваша жизнь</b>				
15.1	67,3±5,2	30,7±1,4** *##^^^	34,6±2,5***	51,4±2,4***
Примечание - достоверность: **<0,01; ***<0,001 между группой лиц с СПП с группой «К»; ##<0,01; ###<0,001 между группой лиц с СП и группой лиц с ХПР; ^^<0,01; ^^<0,001 между группой лиц с СПП и группой лиц с ВБ				

В «целом» (15 шкала) у лиц с СПП и лиц с ХПР «оценка качества жизни» расценивается как «низкое» в сравнении с лицами контрольной группой на 54,4% и 48,6%, тогда как у лиц с ВБ она определена как «сниженное качество жизни» и снижено по сравнению с лицами контрольной группы на 23,7%. Обусловленность оценки качества жизни в целом как «низкое», у лиц с СПП и ХПР явилось более широкая представленность коморбидных расстройств (в данном случае болевой синдром), чем у лиц с ВБ. Выраженное снижение интегрального показателя качества жизни отмечено у пациентов с сочетанной профессиональной патологией, что

свидетельствует о значительном влиянии коморбидных нарушений и хронического болевого синдрома на физическое и психоэмоциональное функционирование (рисунок 1).

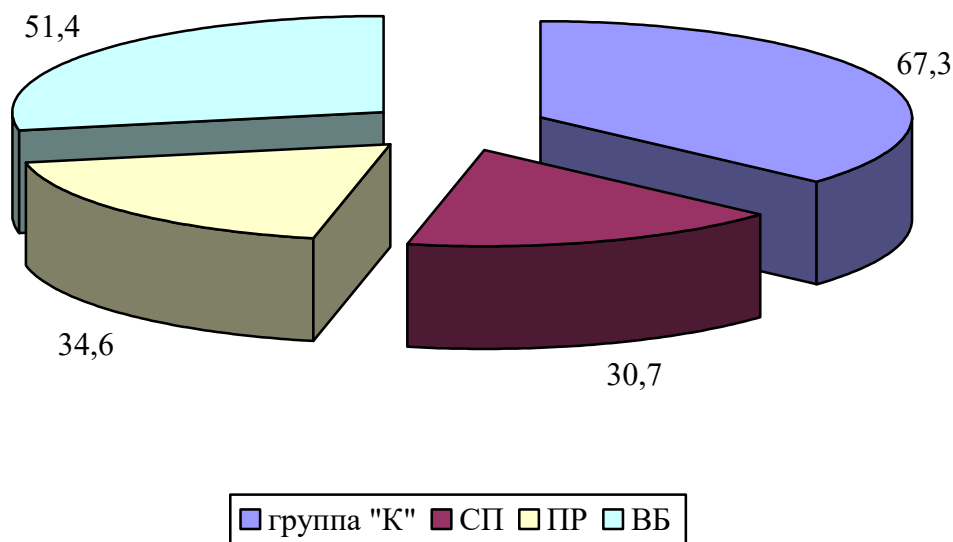


Рисунок 1 – Интегральная оценка качества жизни у обследованных групп

Обобщая результаты, надо отметить, что все группы удовлетворены материальным достатком, жилищными условиями, районом проживания, семьей, питанием, духовными потребностями, здоровьем близких. Всеми группами оцениваются как неудовлетворительные такие параметры качества жизни, как оценка состояния своего здоровья, профессиональный рост, личный заработок, душевное состояние, которые наиболее ярко выражены у лиц с СПП. Комплексный анализ динамики параметров КЖ, являющееся в настоящее время перспективным направлением в развитии практической медицины, позволил адекватно и своевременно оценить происходящие изменения в состоянии обследуемых и определить наиболее целесообразный метод коррекции.

#### Выводы:

1. Сочетанная профессиональная патология у горнорабочих сопровождается выраженным снижением качества жизни.
2. Хронический болевой синдром является ключевым фактором ухудшения физического и психоэмоционального состояния пациентов.
3. Оценка качества жизни должна использоваться как обязательный компонент комплексного обследования и реабилитации лиц с профессиональными заболеваниями.

## Литература

1. Danilov I.P., Vlakh N.I., Paneva N.Y., Semenova E.A. Emotional component of the quality of life in miners with dust lung pathology // Hygiene and Sanitation. – 2025. – Vol. 104, № 7. – P. 839–843.
2. Occupational whole-body vibration exposure and low back pain: epidemiological insights from Indian coal mining // Discover Public Health. – 2025. – Vol. 22. – P. 773.
3. Systematic literature review of ergonomic evaluation methods in the mining sector (2015–2024) // Journal of Safety Science and Resilience. – 2025. – Vol. 6, № 4. – Article 100215.
4. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Мартынов И.Д. Оценка вегетативных расстройств у шахтеров с вибрационной болезнью // Гигиена и санитария. – 2023. – Т. 102, № 7. – С. 664–669.
5. Kumbirai P.Z., Rathebe P.C., Moto T.P., et al. Prevalence of lower back pain and associated workplace and ergonomic factors among mineworkers in a nickel mine, Zimbabwe // Safety. – 2024. – Vol. 10, № 3. – Article 81.
6. Mahmutović D., et al. Quality of life and functional status of patients with lumbar radiculopathy. – Novi Pazar: Special Hospital for Progressive Muscular and Neuromuscular Diseases, 2024.
7. Новик А.А., Ионова Т.Н. Руководство по исследованию качества жизни в медицине. – СПб.: Нева, 2002. – 57 с.

## ҚОСАРЛАНҒАН КӘСІБИ ПАТОЛОГИЯСЫ БАР КЕНШІЛЕРДІҢ ӨМІР САПАСЫ

**Отарбаева М.Б.**

<sup>1</sup>«Еңбек гигиенасы және кәсіптік аурулар ұлттық орталығы» КеАҚ (100017, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ., Мұстафин к. 15, e-mail: info@nao.ncgt.kz)

1.Отарбаева М.Б., м.ғ.д., профессор «Еңбек гигиенасы және кәсіптік аурулар ұлттық орталығы» КеАҚ, e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

## Тұжырым

Соңғы жылдары созылмалы кәсіби аурулары бар науқастардың денсаулық жағдайын бағалауда өмір сүру сапасы маңызды интегралды көрсеткіш ретінде қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – созылмалы бел радикулопатиясы мен вибрациялық ауруы бар тау-кен жұмысшыларының өмір сүру сапасын бағалау. Зерттеу нәтижелері аралас кәсіби патологиясы бар науқастарда өмір сүру

сапасының айқын төмендейтінін көрсетті. Бұл жағдай ауырсыну синдромының және психоэмоционалдық бұзылыстардың айқындылығымен байланысты.

*Түйінді сөздер:* өмір сапасы, кәсіби аурулар, кеншілер, радикулопатия, вибрациялық ауру.

## **QUALITY OF LIFE IN MINERS WITH COMBINED OCCUPATIONAL PATHOLOGY**

**Otarbaeva M.B.**

<sup>1</sup>NC JSC «National Centre Occupational Health and Diseases» (100017, Republic of Kazakhstan, Karaganda, Mustafina str. 15, e-mail: info@naoncgt.kz)

1.Otarbaeva M.B., MD, Professor, NC JSC «National Centre Occupational Health and Diseases», e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

### **Summary**

In recent years, quality of life has been considered an important integral indicator in patients with chronic occupational diseases. The aim of this study was to assess the quality of life of miners with combined occupational pathology, including chronic lumbar radiculopathy and vibration disease. The results demonstrated a significant decrease in quality of life in patients with combined pathology, mainly due to chronic pain and psycho-emotional disorders, highlighting the need for a comprehensive rehabilitation approach.

*Key words:* quality of life, occupational diseases, miners, radiculopathy, vibration disease.

DOI 10.65491/3106-5538-2026-1-46-75

УДК 616.832-009.7-07

**ТОРАКАЛГИЯ: НЕРАСКРЫТЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИАГНОСТИКИ И  
НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В ПОНИМАНИИ БОЛИ В ГРУДНОМ ОТДЕЛЕ  
ПОЗВОНОЧНИКА**

**Нуралиева А.Е.<sup>1</sup>, Отарбаева М.Б.<sup>1</sup>, Баттакова Ш.Б.<sup>1</sup> Григолашвили М.А.<sup>1</sup>,  
Калыбаева У.А.<sup>1</sup>, Болат Н.Б.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Кафедра неврологии, психиатрии и реабилитологии, НАО «Медицинский университет Караганды» (100012, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Гоголя, 40; e-mail: info@qmu.kz)

1.Нуралиева А.Е, НАО «Медицинский университет Караганды», e-mail: nuraliyeva.9898@mail.ru

2.Отарбаева М.Б., e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

3.Баттакова Ш.Б., e-mail: sharbanu\_battakova@mail.ru

4.Григолашвили М.А., e-mail: Grigolashvili@qmu.kz

5.Калыбаева У.А., e-mail: info@qmu.kz

6.Болат Н.Б., e-mail: info@qmu.kz

Представлен всесторонний обзор современных методов диагностики торакалгии, начиная от традиционных рентгенологических исследований и заканчивая инновационными нейровизуализационными техниками. В статье подчеркивается важность ранней и точной диагностики для определения этиологии боли и выбора оптимального лечения. Особое значение придается соматосенсорным вызванным потенциалам и мультимодальному нейрофизиологическому мониторингу, которые позволяют выявить нарушения проводимости нервных импульсов и позволяют предотвратить повреждение нервных структур во время операций. Обсуждаются перспективы использования нейровизуализации, включая функциональную МРТ, позитронно-эмиссионную томографию и магнитно-резонансную спектроскопию, для выявления биомаркеров боли и разработки персонализированных подходов к лечению. Статья представляет собой ценный ресурс для врачей и исследователей, занимающихся диагностикой и лечением торакалгии и подчеркивает важность комплексного подхода, сочетающего традиционные и инновационные методы, для достижения наилучших результатов в лечении пациентов с этой распространенной проблемой.

*Ключевые слова:* торакалгия; боль в грудном отделе позвоночника; диагностика; инновационные методы; дифференциальная диагностика

**Актуальность.** Боль в грудном отделе позвоночника (торакалгия) представляет собой сложную мультифакторную клиническую проблему, характеризующуюся сравнительно меньшей распространённостью (13%) по сравнению с поясничным (43%) и шейным (32%) отделами, но значительным клинико-диагностическим разнообразием. Несмотря на анатомическую стабильность грудного отдела, обусловленную ригидностью грудной клетки, патологические процессы различного генеза (дегенеративные, воспалительные, неопластические) остаются актуальной причиной болевого синдрома. Ключевой проблемой является низкая корреляция между визуализационными изменениями и клинической симптоматикой, что подтверждается высокой частотой бессимптомных дегенеративных изменений (до 20%) [1-4]. Это обуславливает риск гипердиагностики и экономически неэффективных вмешательств (стоимость лечения одного эпизода радикулита - до 53 595 USD) [9]. Таким образом, современная парадигма диагностики требует перехода от структурной к функционально-интегративной модели, включающей нейровизуализацию, биомаркеры и алгоритмы искусственного интеллекта.

Причины торакалгии: комплексный взгляд на проблему

Торакалгия может быть вызвана различными причинами, как вертеброгенными, так и невертеброгенными [2]. К вертеброгенным причинам относятся дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, такие как остеохондроз, спондилез, спондилоартроз, грыжи межпозвоночных дисков, а также травмы позвоночника (переломы, вывихи, растяжения связок и мышц), воспалительные заболевания (спондилит, болезнь Бехтерева), опухоли позвоночника (первичные и метастатические) и врожденные аномалии развития позвоночника. Дегенеративные изменения позвоночника, в частности спондилез, спондилолистез, грыжа межпозвоночного диска и стеноз позвоночного канала, также могут быть значимыми причинами торакалгии. Спондилез поражает межпозвоночные диски, суставные отростки, связки и соединительную ткань позвонков, в то время как спондилолистез характеризуется смещением одного позвонка относительно другого, что может сдавливать нервные корешки и вызывать боль [5, 6]. Грыжа межпозвоночного диска возникает при разрыве внутреннего ядра диска и его выходе за пределы внешнего кольца, что оказывает давление на окружающие нервы [6]. Стеноз позвоночного канала, вызывающий сужение позвоночного канала и возможное сдавливание спинного мозга или нервных корешков, становится более распространенным с возрастом, достигая примерно 19,4% среди лиц в возрасте 60-69 лет [5]. Кроме того, травмы позвоночника, такие как переломы позвонков, также могут вызывать торакалгию [7]. Исследование Parenteau et al. (2021) показало, что рентгенологические переломы грудных позвонков часто встречаются при COVID-19 и позволяют прогнозировать исходы заболевания [8].

Невертеброгенные причины торакалгии включают заболевания внутренних органов (сердца, легких, желудочно-кишечного тракта), психогенные факторы

(стресс, депрессия), инфекционные заболевания (опоясывающий лишай), а также заболевания ребер и межреберных нервов [2]. Понимание причин торакалгии является ключевым фактором для разработки эффективных методов диагностики и лечения. Остеоартрит фасеточных суставов также играет значительную роль в развитии торакалгии. Воспаление и дегенерация суставных поверхностей приводят к боли, скованности и ограничению подвижности грудного отдела позвоночника. Миофасциальный болевой синдром представляет собой еще одну распространенную причину торакалгии [9]. Триггерные точки в мышцах и фасциях могут вызывать локальную и отраженную боль, что затрудняет диагностику и лечение. Стеноз позвоночного канала в грудном отделе встречается реже, чем в поясничном, но все же может быть причиной торакалгии [10]. Сужение позвоночного канала приводит к сдавлению нервных корешков и спинного мозга, вызывая боль, онемение, слабость и другие неврологические симптомы. Другие причины торакалгии включают инфекции (остеомиелит, спондилит), опухоли (первичные и метастатические), воспалительные заболевания (болезнь Бехтерева, ревматоидный артрит) и висцеральные заболевания (заболевания сердца, легких, желудочно-кишечного тракта) [10, 11].

Несмотря на то, что в литературе описаны основные причины торакалгии, эпидемиология и факторы риска этого состояния остаются недостаточно изученными [12]. Развитие инновационных методов диагностики, таких как функциональная МРТ, диффузионно-тензорная визуализация и позитронно-эмиссионная томография, позволяет более точно визуализировать структурные и функциональные изменения в позвоночнике и окружающих тканях [13]. Это может помочь в дифференциальной диагностике торакалгии и выборе оптимального лечения для каждого пациента.

В дополнение к диагностике, инновационные подходы к управлению болью, такие как радиочастотная абляция, нейромодуляция и применение новых фармакологических препаратов, предлагают новые возможности для облегчения боли и улучшения качества жизни пациентов с торакалгией [13, 14].

Торакалгия является сложной проблемой с множеством возможных причин. Для эффективной диагностики и лечения необходимо учитывать все возможные факторы, включая дегенеративные изменения, воспалительные процессы, травмы и другие состояния. Дальнейшие исследования в этой области помогут разработать более целенаправленные и эффективные стратегии профилактики и лечения торакалгии.

Роль ранней и точной диагностики в успешном лечении торакалгии

Ранняя и точная диагностика играет ключевую роль в успешном лечении торакалгии, боли в грудном отделе позвоночника. Своевременное выявление основной причины боли позволяет разработать персонализированный план лечения, что в конечном итоге приводит к улучшению результатов лечения пациентов [15]. Более того, точная диагностика помогает избежать ненужных вмешательств

и потенциальных осложнений, которые могут возникнуть при неправильном или несвоевременном лечении [16].

Например, у пациентов с цервикальной спондилотической миелопатией (CSM) раннее распознавание симптомов, таких как неуклюжесть рук или походки, может привести к своевременной визуализации и хирургическому вмешательству, предотвращая дальнейшее неврологическое ухудшение [17]. В другом случае, у пациента с острой болью в грудном отделе рентгенологическое исследование и МРТ могут выявить тяжелый стеноз шейного отдела позвоночника, что приведет к хирургической декомпрессии и предотвращению необратимого повреждения спинного мозга [17].

Ранняя диагностика инфекционных причин торакалгии, таких как первичный эпидуральный абсцесс позвоночника, имеет решающее значение для своевременного хирургического вмешательства и антибактериальной терапии, что снижает риск необратимого неврологического дефицита и смертности [18].

Точная диагностика также важна при выявлении фибромиалгии, состояния, характеризующегося хронической распространенной болью и другими симптомами. Раннее распознавание фибромиалгии позволяет начать соответствующее лечение, включая медикаментозную терапию, физиотерапию и когнитивно-поведенческую терапию, что может улучшить качество жизни пациентов [19].

Инновационные методы визуализации, такие как магнитно-резонансная томография (МРТ) и компьютерная томография (КТ), а также электродиагностические исследования, играют важную роль в ранней и точной диагностике торакалгии [15]. Эти методы позволяют врачам детально визуализировать структуры позвоночника, выявлять патологические изменения и определять источник боли.

Таким образом, ранняя и точная диагностика торакалгии является краеугольным камнем эффективного лечения. Она позволяет разработать индивидуальный план лечения, избежать ненужных вмешательств, предотвратить осложнения и улучшить прогноз для пациентов.

В последние годы наблюдается значительный прогресс в разработке инновационных методов диагностики торакалгии, что открывает новые перспективы для более точного и персонализированного лечения пациентов. Эти методы расширяют возможности традиционных подходов, таких как рентген, КТ и МРТ, предоставляя более детальную информацию о состоянии позвоночника и нервной системы. Одним из таких инновационных подходов является использование клинических алгоритмов для диагностики нейрогенной торакальной дистонии, что позволяет выявить пациентов, которым может потребоваться хирургическое вмешательство [20]. Кроме того, новые технологии, такие как Spine-GAN, автоматизируют процесс сегментации и классификации структур позвоночника, что способствует ранней диагностике и лечению спинальных заболеваний [21].

Современные методы визуализации, включая флюороскопически-управляемую чрескожную транспедикулярную биопсию, предоставляют врачам возможность получать биопсийный материал с высокой точностью и минимальной инвазивностью [22]. Электрофизиологические методы, такие как соматосенсорные вызванные потенциалы (SSEP) и мультимодальный нейрофизиологический мониторинг, играют важную роль в оценке функции спинного мозга и нервных корешков во время операций на позвоночнике, что способствует предотвращению осложнений [23, 24].

Нейровизуализация, в свою очередь, открывает новые возможности для идентификации биомаркеров боли, предоставляя объективную информацию о структурных и функциональных изменениях мозга, связанных с болевым синдромом [25, 26]. Кроме того, МРТ позволяет количественно оценить зоны абляции при лечении хронической боли в позвоночнике, что помогает оптимизировать процедуры и повысить их эффективность [27, 28].

В совокупности, эти инновационные методы диагностики торакалгии предоставляют врачам мощный инструментарий для более точного определения причин боли, выбора оптимального лечения и мониторинга эффективности терапии. В следующих разделах мы более подробно рассмотрим каждый из этих методов, их преимущества и ограничения, а также их потенциальное влияние на клиническую практику.

**Целью** настоящей работы является оценка эффективности инновационных методов диагностики торакалгии и их роли в повышении точности дифференциальной диагностики.

Стандартные методы диагностики торакалгии: обзор и ограничения

Традиционные методы визуализации, такие как рентгенография (СХР), компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), играют важную роль в диагностике торакалгии, предоставляя ценную информацию о состоянии позвоночника и окружающих тканей [29 - 31].

Рентгенография (СХР) является наиболее доступным и широко используемым методом визуализации. Она позволяет выявить грубые структурные изменения позвоночника, такие как переломы, деформации и дегенеративные изменения [29, 30]. Однако, рентгенография имеет ограниченную чувствительность к мягкотканым структурам, таким как межпозвонковые диски, связки и мышцы, которые часто вовлечены в патогенез торакалгии.

Компьютерная томография (КТ) предоставляет более детальную информацию о костных структурах позвоночника и может быть полезна для выявления патологий, таких как стеноз позвоночного канала, спондилолистез и опухоли [31, 32]. Тем не менее, КТ также имеет ограниченную способность визуализировать мягкие ткани и связана с воздействием ионизирующего излучения.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) считается золотым стандартом визуализации мягких тканей позвоночника. Она позволяет детально оценить

состояние межпозвоноковых дисков, связок, спинного мозга и нервных корешков [33]. МРТ особенно полезна для диагностики грыж дисков, протрузий, воспалительных процессов и других патологий, которые могут вызывать торакалгию.

Несмотря на свою полезность, стандартные методы диагностики имеют ряд ограничений. Рентгенография может не выявить тонкие изменения в мягких тканях, а КТ связана с лучевой нагрузкой. МРТ, хотя и является высокоинформативным методом, может быть недоступна для некоторых пациентов из-за высокой стоимости или наличия противопоказаний, таких как металлические имплантаты.

**Необходимость инновационных методов**

Ограничения стандартных методов диагностики подчеркивают необходимость разработки и внедрения инновационных подходов, которые могли бы преодолеть эти недостатки. Такие методы, как функциональная МРТ, диффузионно-тензорная визуализация и позитронно-эмиссионная томография, предоставляют новые возможности для оценки функционального состояния позвоночника и нервной системы, что может быть полезно для диагностики и лечения торакалгии [32].

**Материалы и методы. Методология**

Для написания данной обзорной статьи был проведен поиск и анализ научной литературы в базах данных PubMed, Google Scholar и Web of Science. В качестве ключевых слов использовались: "торакалгия", "боль в грудном отделе позвоночника", "диагностика", "инновационные методы", "нейровизуализация", "дифференциальная диагностика". Были отобраны статьи, опубликованные за последние 5 лет (2019-2024 гг.), посвященные различным аспектам диагностики торакалгии, включая традиционные и инновационные методы. Особое внимание было уделено статьям, описывающим новые технологии и подходы к диагностике, а также исследованиям, посвященным изучению биомаркеров боли и разработке персонализированных подходов к лечению. В обзор были включены как оригинальные исследования, так и обзоры литературы, мета-анализы и клинические рекомендации. Статьи, не соответствующие тематике обзора, опубликованные на языках, отличных от английского и русского, а также статьи с низким уровнем доказательности были исключены.

**Результаты.**

**I. Инновационный подход к диагностике нейрогенного синдрома грудного выхода**

Синдром грудного выхода (СГО) - это совокупность симптомов, возникающих из-за сдавления нервов и/или кровеносных сосудов в области грудного выхода. Эта область расположена между ключицей и первым ребром, и через нее проходят нервы и сосуды, идущие от шеи к руке. Сдавление может быть вызвано различными факторами, включая аномалии костей (например, шейное ребро), мышц (например, гипертрофия лестничных мышц) или соединительной ткани (например, фиброзные тяжи). Инновационный метод диагностики, представлен-

ный в исследовании Hwang et al. (2021), основан на использовании клинического алгоритма, который учитывает специфику симптомов и результаты физикального обследования. Алгоритм включает в себя анализ характерных симптомов, таких как боль, онемение, покалывание и слабость в руке, особенно в области 4-5 пальцев. Также учитываются результаты провокационных тестов, таких как тесты Райта, Адсона и Эдсона, которые помогают выявить наличие компрессии нервных или сосудистых структур в области грудного выхода. Наличие аномалий развития, таких как шейные ребра, добавочные мышцы или фиброзные тяжи, также учитывается при диагностике. Кроме того, алгоритм может включать данные электромиографии (ЭМГ), которая позволяет оценить функцию нервов и мышц руки. На основе анализа этих данных алгоритм классифицирует пациентов на три группы: "истинный" нейрогенный СГО, "симптоматический" СГО и "маловероятный" СГО, что помогает определить наиболее подходящий метод лечения, включая хирургическое вмешательство при необходимости [34, 35].

## II. Инновационные методы КТ

Торакалгия, или боль в грудном отделе позвоночника, представляет собой распространенную проблему, которая может значительно снизить качество жизни пациентов [36]. В связи с этим, разработка и внедрение инновационных методов диагностики торакалгии является актуальной задачей современной неврологии. В данном разделе мы рассмотрим два таких метода: компьютерную томографию (КТ) и КТ в сочетании с однофотонной эмиссионной компьютерной томографией (ОФЭКТ), или КТ-СПЕКТ, а также обсудим перспективы использования ОФЭКТ/СПЕКТ в диагностике хронических болей в грудном отделе позвоночника.

### Алгоритм Spine-GAN

КТ давно зарекомендовала себя как важный инструмент в диагностике заболеваний позвоночника, особенно при переломах и параплегии [36]. Детальные изображения, получаемые с помощью КТ, позволяют врачам точно оценить степень повреждения и выбрать оптимальный метод лечения [36].

В последние годы наблюдается значительный прогресс в разработке инновационных методов анализа КТ-изображений. Одним из таких методов является Spine-GAN - инновационная методика анализа КТ-изображений позвоночника, основанная на применении генеративно-сопоставительных сетей (GAN). GAN представляет собой тип алгоритма машинного обучения, состоящий из двух нейронных сетей: генератора и дискриминатора. Генератор создает изображения, а дискриминатор пытается отличить сгенерированные изображения от реальных. В процессе обучения обе сети совершенствуются, и генератор учится создавать изображения, которые дискриминатор не может отличить от реальных [21, 36].

В контексте анализа КТ-изображений позвоночника, Spine-GAN использует этот принцип для автоматической сегментации и классификации различных структур позвоночника, таких как межпозвоночные диски, позвонки и нейрофорамина. Сегментация представляет собой процесс выделения определенных облас-

тей на изображении, а классификация - процесс определения типа объекта. Spine-GAN обучается на большом наборе КТ-изображений позвоночника с ручными аннотациями, где эксперты выделяют и классифицируют различные структуры.

После обучения Spine-GAN может автоматически сегментировать и классифицировать структуры позвоночника на новых КТ-изображениях. Это позволяет значительно ускорить и упростить процесс анализа изображений, а также повысить его точность. Spine-GAN может быть использован для выявления различных патологий позвоночника, таких как грыжи дисков, спондилолистез, стеноз позвоночного канала и другие дегенеративные изменения, которые часто являются причиной хронической боли в спине. Это открывает новые возможности для более точной диагностики и выявления патологических изменений, что особенно важно при хронической боли в спине, часто связанной с дегенеративными изменениями позвоночника [36].

#### КТ-СПЕКТ

КТ-СПЕКТ (компьютерная томография в сочетании с однофотонной эмиссионной компьютерной томографией) - это гибридный метод визуализации, объединяющий возможности компьютерной томографии (КТ) и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ). Этот метод позволяет получить детальную информацию о структуре костей и тканей (КТ), а также визуализировать метаболическую активность клеток (ОФЭКТ). КТ-СПЕКТ особенно полезен при диагностике торакалгии, так как позволяет выявить источники боли, связанные с воспалительными или дегенеративными процессами в позвоночнике. Физические основы метода КТ-СПЕКТ заключаются во введении пациенту радиофармпрепарата, который избирательно накапливается в областях с повышенным метаболизмом. Затем проводятся два сканирования: ОФЭКТ для визуализации распределения радиофармпрепарата и КТ для получения детального изображения анатомических структур. Полученные изображения совмещаются, что позволяет точно локализовать области повышенной метаболической активности на анатомических структурах [36]. На ранних стадиях дегенеративных заболеваний позвоночника КТ-СПЕКТ может выявить повышенное накопление радиофармпрепарата в пораженных областях еще до появления значительных структурных изменений на КТ [36]. Это позволяет начать лечение на ранней стадии и замедлить прогрессирование заболевания. На поздних стадиях, когда уже имеются выраженные структурные изменения, КТ-СПЕКТ помогает оценить степень активности воспалительного процесса и определить наиболее подходящую стратегию лечения [37].

Перспективы ОФЭКТ/СПЕКТ в диагностике хронических болей в грудном отделе позвоночника

Осевая боль в спине представляет собой серьезную проблему здравоохранения, имеющую значительные социально-экономические последствия [37 - 39]. Точная диагностика источников боли является критически важной для выбора оптимальной стратегии лечения, будь то хирургическое вмешательство или кон-

сервативная терапия [40]. Хотя в настоящее время существует ограниченное количество доказательств, подтверждающих эффективность ОФЭКТ/СПЕКТ при болях в грудном отделе позвоночника, мы видим большой потенциал для использования этой технологии в будущем. ОФЭКТ/СПЕКТ может быть особенно полезен при диагностике патологии крестцово-подвздошного сочленения, а также в случаях диагностической неопределенности у пациентов с преимущественно осевыми симптомами и/или наличием в анамнезе предшествующего хирургического вмешательства на позвоночнике [41].

Усовершенствования технологий визуализации, такие как ОФЭКТ/СПЕКТ, открывают новые возможности для раннего выявления и более точной диагностики заболеваний позвоночника, включая хроническую боль в грудном отделе [42 - 47]. Мы уверены, что дальнейшие исследования в этой области приведут к разработке новых диагностических алгоритмов и улучшению результатов лечения пациентов с хронической болью в грудном отделе позвоночника.

Чрескожная транспедикулярная биопсия позвоночника под флюороскопическим контролем

Чрескожная транспедикулярная биопсия позвоночника под флюороскопическим контролем - это минимально инвазивный метод получения образцов тканей из позвонков для диагностики различных заболеваний позвоночника. Во время процедуры тонкая игла вводится через кожу в позвонок под контролем флюороскопии, что обеспечивает визуализацию в реальном времени. Это позволяет врачу точно направить иглу к пораженному участку и получить образец ткани для дальнейшего анализа.

Процедура основана на анатомических особенностях позвоночника, состоящего из тела, дуги и отростков. Транспедикулярный доступ означает, что игла вводится через ножку дуги позвонка, что обеспечивает безопасный и эффективный путь к телу позвонка. Флюороскопия, использующая рентгеновское излучение, позволяет визуализировать костные структуры позвоночника в реальном времени, помогая врачу контролировать положение иглы и избегать повреждения нервов и кровеносных сосудов. Чрескожная транспедикулярная биопсия позвоночника позволяет выявить различные патологии на ранних и поздних стадиях. На ранних стадиях биопсия может обнаружить воспалительные процессы, инфекции или опухоли до появления значительных структурных изменений на КТ. Это позволяет начать лечение на ранней стадии и улучшить прогноз заболевания. На поздних стадиях, когда уже имеются значительные структурные изменения, биопсия помогает уточнить диагноз, определить степень злокачественности опухоли и выбрать оптимальную стратегию лечения. Чрескожная транспедикулярная биопсия позвоночника под флюороскопическим контролем стала ценным инструментом в диагностике заболеваний позвоночника. Этот метод позволяет получать образцы тканей из позвонков с высокой точностью и относительно низким риском осложнений [48, 49]. В отличие от традиционной открытой биопсии, чрескожная

биопсия не требует больших разрезов, что приводит к меньшей кровопотере и более короткому периоду восстановления [49].

Флюороскопический контроль обеспечивает визуализацию в реальном времени во время процедуры, что позволяет точно направить иглу для биопсии к поражению [48, 49]. Это особенно важно при поражениях, расположенных в труднодоступных местах позвоночника. Кроме того, флюороскопия позволяет проводить непрерывный мониторинг, уменьшая риск повреждения окружающих структур, таких как нервные корешки и кровеносные сосуды [48].

Чрескожная трансспедикулярная биопсия позвоночника оказалась особенно полезной при диагностике различных патологий позвоночника, включая опухоли, инфекции и воспалительные заболевания [48, 49]. Возможность получения образцов тканей позволяет провести гистопатологический и микробиологический анализ, что имеет решающее значение для точного диагноза и выбора соответствующего лечения [48]. В последние годы проводятся исследования, направленные на изучение эффективности этой процедуры по сравнению с другими методами визуализации, такими как компьютерная томография [49]. Также разрабатываются новые конструкции систем чрескожной трансспедикулярной биопсии для повышения безопасности и эффективности процедуры [50, 51].

Несмотря на многочисленные преимущества, чрескожная трансспедикулярная биопсия позвоночника имеет свои ограничения [52]. Процедура может быть затруднена у пациентов с тяжелыми деформациями позвоночника или обширным рубцеванием тканей [53]. Размер и расположение поражения могут ограничивать возможность получения адекватного образца ткани. Для решения этой проблемы исследователи изучают использование игл для кифопластики с широким просветом, которые позволяют получать образцы большего размера и повышают диагностическую точность [54].

В заключение, чрескожная трансспедикулярная биопсия позвоночника под флюороскопическим контролем произвела революцию в диагностике заболеваний позвоночника. Ее минимально инвазивный характер, высокая точность и способность получать образцы тканей для окончательного диагноза делают ее ценным инструментом в арсенале врачей [48]. С дальнейшим развитием этой технологии можно ожидать совершенствования и расширения ее применения в диагностике и лечении заболеваний позвоночника.

### III. Применение соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП)

Соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП) - это метод исследования нервной системы, основанный на регистрации электрических ответов головного мозга на стимуляцию периферических нервов [55 - 57]. Этот метод позволяет оценить функциональную целостность соматосенсорных путей, передающих информацию от рецепторов кожи, мышц и суставов к головному мозгу.

При проведении ССВП электрический стимул подается на периферический нерв, например, на нерв руки или ноги. Этот стимул вызывает распространение

электрического импульса по нервным волокнам, который в конечном итоге достигает головного мозга. Электрическая активность мозга, возникающая в ответ на этот стимул, регистрируется с помощью электродов, размещенных на коже головы. Полученные сигналы обрабатываются и анализируются с помощью специального программного обеспечения, оцениваются такие параметры, как латентность (время от момента стимуляции до появления ответа) и амплитуда (величина ответа). Изменения этих параметров могут свидетельствовать о нарушении проводимости нервных импульсов, что может быть связано с различными патологиями нервной системы, включая торакалгию.

На ранних стадиях заболеваний, вызывающих торакалгию, ССВП могут выявить незначительные изменения в проводимости нервных импульсов, которые еще не проявляются клинически. Например, при начальных стадиях компрессии нервных корешков может наблюдаться увеличение латентности ССВП, что свидетельствует о замедлении проведения импульса. На поздних стадиях заболеваний ССВП могут выявить более выраженные изменения, такие как снижение амплитуды или полное отсутствие ответа, что указывает на значительное повреждение нервных волокон или нарушение передачи нервных импульсов в головном мозге.

ССВП также могут быть использованы для оценки эффективности лечения. В современной неврологической практике наблюдается повышенный интерес к использованию ССВП в диагностике и прогнозировании различных неврологических состояний, включая торакалгию [55 - 57]. Применение ССВП может быть особенно полезным, когда другие методы. Улучшение показателей ССВП после лечения может свидетельствовать о восстановлении функции нервной системы и эффективности выбранной терапии [58]. обследования (например, МРТ или КТ) не выявляют структурных изменений, но пациент продолжает испытывать болевой синдром. В таких случаях ССВП могут помочь выявить нарушения в проведении нервных импульсов, связанные с повреждением нервных корешков, спинного мозга или других структур нервной системы.

Несмотря на то, что ССВП являются относительно старым методом, в последние годы наблюдается развитие новых подходов к их применению. Например, исследователи изучают возможность использования ССВП для прогнозирования неврологических исходов после операций на позвоночнике, а также для оценки влияния различных факторов (например, осанки) на соматосенсорную обработку [59, 60]. В целом, применение ССВП в диагностике торакалгии представляет собой перспективное направление, которое может улучшить понимание патофизиологических механизмов этого состояния и оптимизировать подходы к его лечению.

#### IV. Мультимодальный нейрофизиологический мониторинг

Мультимодальный нейрофизиологический мониторинг (МНФМ) – это метод, используемый во время операций на позвоночнике для оценки функционального состояния нервной системы в режиме реального времени [61]. Он объединяет

ет несколько электрофизиологических методов, таких как соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП), транскраниальные электрические моторные вызванные потенциалы (ТЭС-МВП) и электромиография (ЭМГ) [61, 62, 63]. Эти методы оценивают различные аспекты функции нервной системы: ССВП - сенсорные проводящие пути, ТЭС-МВП - моторные проводящие пути, а ЭМГ - активность нервных корешков [61, 64, 65].

МНФМ позволяет выявить изменения в функции нервной системы на ранних и поздних стадиях заболеваний. На ранних стадиях он может обнаружить даже незначительные изменения, которые могут быть связаны с начальными стадиями повреждения спинного мозга или нервных корешков. На поздних стадиях МНФМ может выявить более серьезные нарушения, такие как полное отсутствие вызванных потенциалов или выраженные изменения ЭМГ-активности, что свидетельствует о значительном повреждении нервных структур [61].

Внедрение МНФМ в хирургию грудного отдела позвоночника, особенно в лечении туберкулеза позвоночника, значительно снижает риск повреждения нервных структур во время сложных процедур [61, 66]. Раннее выявление признаков повреждения нервов позволяет хирургам принимать корректирующие меры во время операции, что приводит к лучшим результатам для пациентов [61].

Недавние исследования показали, что МНФМ является эффективным инструментом в хирургии туберкулеза позвоночника [61, 62, 63, 67]. Он не только снижает риск неврологических осложнений, но и улучшает общее качество хирургического вмешательства и позволяет проводить более точную оценку состояния пациента после операции, что способствует разработке индивидуальных реабилитационных программ [61].

#### V. Нейровизуализация

Торакалгия или боль в грудном отделе позвоночника – распространенная проблема, существенно снижающая качество жизни пациентов [68]. Нейровизуализация – одно из перспективных направлений в диагностике этого состояния.

Функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) – метод нейровизуализации, основанный на измерении изменений кровотока в мозге, связанных с нейронной активностью. Когда нейроны активируются, потребление кислорода увеличивается, что приводит к локальному увеличению кровотока. фМРТ обнаруживает эти изменения и создает карту активности мозга, показывая, какие области активны во время выполнения определенной задачи или в ответ на определенный стимул [69].

Этот метод используется для диагностики торакалгии, выявляя изменения в активности областей мозга, связанных с обработкой боли, что может свидетельствовать о наличии хронической или нейропатической боли [69, 70]. На ранних стадиях торакалгии фМРТ может выявить изменения в активности мозга, связанные с болью, даже если структурные изменения в позвоночнике еще не выявлены другими методами визуализации, такими как КТ или МРТ [69, 70]. На поздних

стадиях фМРТ может быть использована для оценки эффективности лечения, например, уменьшение активности в областях мозга, связанных с болью, после лечения может свидетельствовать об эффективности терапии [71]. Кроме того, фМРТ может помочь выявить изменения в мозге, связанные с хронической болью, такие как реорганизация соматосенсорной коры или снижение активности в областях, ответственных за подавление боли [69, 70].

Помимо фМРТ, для диагностики торакалгии могут быть использованы позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и магнитно-резонансная спектроскопия (МРС) [71, 72]. ПЭТ позволяет оценить метаболизм и нейрохимические процессы в мозге, а МРС – измерить уровень различных метаболитов, таких как глутамат и ГАМК, которые играют важную роль в передаче болевых сигналов [72].

В последние годы наблюдается значительный прогресс в разработке биомаркеров для диагностики хронической боли [74, 75]. Martins et al. (2022) представили потенциальный нейровизуализационный биомаркер для обнаружения функциональных изменений, связанных с нейротрансмиссией, и прогнозирования ответа на фармакологическое обезболивание при хронической боли [74]. Zhang et al. (2022) рассмотрели различные биомаркеры нейровизуализации для хронической боли, подчеркнув важность интеграции различных методов для достижения более точной и персонализированной диагностики [75].

Инновационные методы диагностики торакалгии, основанные на нейровизуализации, открывают новые возможности для более точного определения причин боли и разработки персонализированных подходов к лечению, что имеет большой потенциал для улучшения качества жизни пациентов [73].

#### Визуализация зон абляции

Радиочастотная абляция (РЧА) – это минимально инвазивный метод лечения боли, при котором используется радиочастотная энергия для нагревания и разрушения нервной ткани, передающей болевые сигналы [27]. Охлаждаемая РЧА (охл. РЧА) – это модификация метода, при которой используется охлаждение для защиты окружающих тканей и увеличения зоны абляции [76]. Физические основы РЧА заключаются в использовании переменного электрического тока высокой частоты, который генерируется радиочастотным генератором. Этот ток подается на электрод, который вводится в ткани под контролем визуализации (например, МРТ или КТ). При прохождении тока через ткани происходит их нагревание за счет трения ионов. В случае охл. РЧА, электрод охлаждается с помощью циркуляции жидкости, что позволяет увеличить зону абляции и снизить риск повреждения окружающих тканей [76].

В исследовании Desai и Safriel (2022) было проведено первое проспективное количественное исследование зон абляции, созданных с помощью охл. РЧА, с использованием МРТ [27]. Ученые обнаружили, что на размер и форму зоны абляции влияет тип зонда РЧА, расположение зонда относительно кости и структурные особенности окружающих тканей [27]. Это исследование подчеркивает важ-

ность МРТ в понимании того, как различные факторы могут влиять на эффективность РЧА.

МРТ позволяет визуализировать зону абляции, созданную РЧА, что важно для оценки эффективности процедуры [27]. На ранних стадиях после РЧА МРТ может показать отек и воспаление в области абляции, что является нормальной реакцией на процедуру. По мере заживления тканей зона абляции уменьшается в размерах и становится менее заметной на МРТ. На поздних стадиях, через несколько месяцев после РЧА, МРТ может показать полное исчезновение зоны абляции или образование рубцовой ткани. Отсутствие уменьшения зоны абляции или ее увеличение может свидетельствовать о неэффективности процедуры или рецидиве боли [27].

Davis et al. (2019) разработали новый перфузионно-охлаждаемый электрод, который эффективно увеличивает размер зоны абляции в печени по сравнению с монополярным охлаждаемым электродом [76]. Этот инновационный подход может быть применен и к лечению торакалгии, потенциально повышая эффективность процедуры.

Использование МРТ для оценки зон абляции после РЧА – это многообещающая инновация в диагностике и лечении торакалгии. Визуализируя зону абляции, врачи могут лучше понять, насколько эффективно процедура воздействовала на нервные ткани, ответственные за боль. Это позволяет им принимать обоснованные решения о необходимости дальнейшего лечения или корректировки текущего плана лечения.

Потенциальное влияние МРТ на лечение торакалгии выходит за рамки простой оценки зон абляции. Исследования Lee et al. (2021) показали, что МРТ может быть использована для оценки эффективности РЧА в печени, что свидетельствует о ее потенциальном применении в других областях, таких как лечение торакалгии [71]. Кроме того, Davis et al. (2019) и Kapural et al. (2022) успешно использовали охлаждаемую РЧА для лечения боли, что указывает на возможность применения этой технологии в сочетании с МРТ для лечения торакалгии [77, 78].

#### Дальнейшие исследования

Хотя МРТ уже зарекомендовала себя как ценный инструмент, необходимы дальнейшие исследования для изучения ее полного потенциала в лечении торакалгии. В частности, необходимы исследования для определения оптимальных параметров МРТ для визуализации зон абляции в грудном отделе позвоночника, а также для оценки долгосрочной эффективности РЧА при торакалгии с использованием МРТ в качестве инструмента оценки

VI. Дифференциальная диагностика причин болей при торакалгии с использованием инновационных методов

Торакалгия может быть вызвана различными причинами, и точная диагностика является ключевым фактором для эффективного лечения. Инновационные

методы диагностики предлагают новые возможности для более точного определения источника боли и выбора оптимального лечения.

Инновационный подход к диагностике нейрогенного синдрома грудного выхода (СГО), предложенный Hwang et al. (2021), основан на использовании клинического алгоритма, который учитывает специфические симптомы и результаты физикального обследования [34]. Этот алгоритм позволяет дифференцировать пациентов с нейрогенным СГО от пациентов с другими причинами торакалгии.

Дифференциация нейрогенного СГО от других причин торакалгии [34, 35]:

- Истинный нейрогенный СГО: Пациенты с характерными симптомами (боль, онемение, слабость в руке) и положительными результатами провокационных тестов (например, тест Райта, тест Адсона).
- Симптоматический СГО: Пациенты с характерными симптомами, но отрицательными результатами провокационных тестов. У этих пациентов могут быть другие причины боли, такие как миофасциальный синдром или синдром верхней апертуры грудной клетки.
- Маловероятный СГО: Пациенты с нетипичными симптомами или отсутствием симптомов со стороны руки. У этих пациентов, скорее всего, есть другие причины боли, такие как заболевания позвоночника, ребер или внутренних органов.

Преимущества использования клинического алгоритма:

- Повышение точности диагностики: Алгоритм помогает исключить другие возможные причины боли и подтвердить диагноз нейрогенного СГО.
- Раннее выявление пациентов, нуждающихся в хирургическом лечении: Это позволяет своевременно провести операцию и улучшить результаты лечения.
- Снижение риска осложнений: более точная диагностика помогает избежать ненужных операций и связанных с ними рисков.

Ограничения:

- Субъективность: Алгоритм основан на клинических данных, которые могут быть субъективными.
- Необходимость дальнейших исследований: требуется проведение дополнительных исследований для подтверждения эффективности алгоритма в различных популяциях пациентов.

Клинический алгоритм, предложенный Hwang et al. (2021), представляет собой перспективный инструмент для дифференциальной диагностики нейрогенного СГО. Этот метод может помочь врачам принимать более обоснованные решения о лечении пациентов с торакалгией.

Компьютерная томография (КТ)

Инновационные методы компьютерной томографии (КТ), такие как КТ-СПЕКТ и Spine-GAN, играют важную роль в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника, помогая различать различные нозологии и определять оптимальные стратегии лечения [21, 34, 35, 36, 37].

КТ-СПЕКТ комбинирует анатомическую информацию КТ с функциональной информацией однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭ КТ). Это позволяет выявить области повышенной метаболической активности, которые могут свидетельствовать о воспалительных процессах, инфекциях, опухолях или переломах. Например, при подозрении на спондилит (воспаление позвонков) КТ-СПЕКТ может выявить характерное повышенное накопление радиофармпрепарата в пораженных позвонках, что подтверждает диагноз и помогает определить степень активности процесса [37, 38, 39].

Spine-GAN, основанный на алгоритмах искусственного интеллекта, позволяет автоматизировать анализ КТ-изображений позвоночника. Это помогает выявить тонкие изменения, которые могут быть пропущены при визуальной оценке, такие как начальные стадии дегенеративных заболеваний, небольшие грыжи дисков или компрессия нервных корешков. Например, при дифференциальной диагностике между миофасциальным болевым синдромом и дискогенной болью, Spine-GAN может помочь выявить наличие протрузии или грыжи диска, что указывает на дискогенную природу боли [35 - 37].

Комбинация КТ, КТ-СПЕКТ и Spine-GAN предоставляет врачам мощный инструмент для дифференциальной диагностики болей в грудном отделе позвоночника. КТ позволяет визуализировать костные структуры, КТ-СПЕКТ - оценить метаболическую активность, а Spine-GAN - выявить тонкие изменения и автоматизировать анализ изображений. Это позволяет более точно определить причину боли и выбрать наиболее эффективное лечение, будь то консервативная терапия, хирургическое вмешательство или комбинация методов [35 - 39].

#### Чрескожная транспедикулярная биопсия позвоночника

Чрескожная транспедикулярная биопсия позвоночника под флюороскопическим контролем играет важную роль в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника, особенно когда другие методы визуализации не дают однозначного ответа или требуется подтверждение диагноза. Эта методика позволяет получить образцы тканей для гистологического и микробиологического анализа, что помогает различать различные патологии [48 - 51].

#### Дифференциация инфекционных и опухолевых процессов [52 - 54]:

- Инфекции (спондилит, остеомиелит): биопсия позволяет выявить возбудителя инфекции и определить его чувствительность к антибиотикам, что помогает выбрать оптимальную терапию.
- Опухоли (первичные, метастатические): гистологическое исследование биоптата позволяет определить тип опухоли, степень ее злокачественности и выбрать наиболее эффективное лечение (хирургическое вмешательство, химиотерапия, лучевая терапия).

#### Дифференциация воспалительных заболеваний:

- Анкилозирующий спондилит: биопсия может выявить характерные воспалительные изменения в костной ткани, что помогает подтвердить диагноз.

- Ревматоидный артрит: биопсия может выявить наличие ревматоидных узелков в позвоночнике, что указывает на вовлечение позвоночника в патологический процесс.

Дифференциация других патологий:

- Остеопороз: биопсия может помочь оценить плотность костной ткани и подтвердить диагноз остеопороза, который может быть причиной патологических переломов позвонков.
- Метаболические заболевания костей: биопсия позволяет выявить наличие специфических изменений в костной ткани, характерных для различных метаболических заболеваний.

Преимущества чрескожной трансспедикулярной биопсии:

- Минимальная инвазивность: процедура выполняется под местной анестезией и не требует больших разрезов.
- Высокая точность: флюороскопический контроль обеспечивает точное наведение иглы к поражению.
- Быстрое восстановление: пациенты обычно могут вернуться к обычной активности в течение нескольких дней.

Чрескожная трансспедикулярная биопсия позвоночника является ценным инструментом в диагностике болей в грудном отделе позвоночника, позволяя точно определить причину боли и выбрать наиболее эффективное лечение.

Соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП):

Соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП) играют важную роль в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника, особенно когда клиническая картина неясна или результаты других исследований неоднозначны. Этот метод позволяет оценить функциональную целостность проводящих путей от периферических нервов до коры головного мозга, что может помочь в дифференциации между различными нозологиями [55 - 57].

Дифференциация радикулопатии и миелопатии:

- Радикулопатия: при поражении нервных корешков (например, при грыже диска) ССВП могут выявить замедление или блокирование проведения импульсов на уровне пораженного сегмента. Это помогает определить локализацию патологии и выбрать оптимальный метод лечения (консервативное лечение, хирургическое вмешательство) [58 - 60].
- Миелопатия: при поражении спинного мозга (например, при стенозе позвоночного канала) ССВП могут выявить замедление проведения импульсов на протяжении всего спинного мозга. Это свидетельствует о более серьезной патологии, требующей немедленного лечения (хирургическая декомпрессия) [58 - 60].

Дифференциация центральной и периферической нейропатической боли:

- Центральная нейропатическая боль: при поражении центральной нервной системы (например, при рассеянном склерозе) ССВП могут выявить изменения в ответах на уровне коры головного мозга. Это помогает отличить центральную

нейропатическую боль от периферической и выбрать соответствующее лечение (фармакотерапия, физиотерапия) [58 - 60].

- Периферическая нейропатическая боль: при поражении периферических нервов (например, при диабетической нейропатии) ССВП могут выявить замедление или блокирование проведения импульсов на уровне пораженного нерва. Это помогает подтвердить диагноз и оценить степень повреждения нерва.

Преимущества ССВП [58 - 60]:

- Неинвазивность: Метод не требует введения контрастных веществ или воздействия ионизирующего излучения.
- Объективность: Результаты ССВП не зависят от субъективных ощущений пациента.
- Чувствительность: Метод может выявить нарушения проводимости даже при отсутствии структурных изменений на МРТ или КТ.

Ограничения ССВП:

- Неспецифичность: изменения ССВП могут наблюдаться при различных патологиях, что затрудняет дифференциальную диагностику.
- Зависимость от опыта специалиста: интерпретация результатов ССВП требует высокой квалификации врача.

В целом, ССВП являются ценным инструментом в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника, особенно в сочетании с другими методами исследования.

Мультимодальный нейрофизиологический мониторинг (МНФМ)

Мультимодальный нейрофизиологический мониторинг (МНФМ) играет важную роль в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника, особенно во время хирургических вмешательств. Он позволяет в режиме реального времени оценить функциональное состояние спинного мозга и нервных корешков, что помогает предотвратить их повреждение и провести дифференциацию между различными патологиями [61 - 63].

Дифференциация компрессионных и некомпрессионных синдромов:

- Компрессионные синдромы (грыжа диска, стеноз позвоночного канала): МНФМ позволяет выявить изменения в проводимости нервных импульсов, вызванные сдавлением нервных структур. Это помогает определить уровень и степень компрессии, что важно для выбора оптимальной хирургической тактики (декомпрессия, стабилизация).
- Некомпрессионные синдромы (воспаление, ишемия): МНФМ может выявить изменения в функции нервных волокон, не связанные с компрессией, что указывает на наличие воспалительного или ишемического процесса. Это помогает выбрать соответствующее лечение (противовоспалительная терапия, улучшение кровоснабжения).

Дифференциация уровня поражения:

- Поражение нервных корешков: МНФМ позволяет определить уровень поражения нервных корешков, что помогает выбрать оптимальный уровень хирургического вмешательства.
- Поражение спинного мозга: МНФМ может выявить изменения в проводимости импульсов по спинному мозгу, что свидетельствует о его поражении и требует особого внимания во время операции.

#### Преимущества МНФМ:

- Высокая чувствительность и специфичность: позволяет выявить даже незначительные изменения в функции нервной системы.
- Возможность мониторинга в реальном времени: позволяет хирургу немедленно реагировать на изменения в состоянии нервных структур во время операции.
- Безопасность: Метод неинвазивен и не представляет опасности для пациента.

#### Ограничения МНФМ:

- Технические сложности: требует специального оборудования и квалифицированного персонала.
- Стоимость: может быть дорогим методом исследования.

В целом, МНФМ является ценным инструментом в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника, особенно в сочетании с другими методами исследования (МРТ, КТ). Он позволяет проводить более точную диагностику и выбирать наиболее эффективное лечение, что способствует улучшению прогноза для пациентов [64, 65].

#### Нейровизуализация:

Нейровизуализация, включающая функциональную магнитно-резонансную томографию (фМРТ), позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ) и магнитно-резонансную спектроскопию (МРС), играет важную роль в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника, особенно в случаях, когда традиционные методы визуализации не дают однозначной картины. Эти методы позволяют исследовать функциональные и метаболические изменения в головном и спинном мозге, что может помочь в дифференциации различных нозологий [68, 69, 70].

ФМРТ позволяет оценить активность различных областей мозга в ответ на болевые стимулы. Это может быть полезно для дифференциации между ноцицептивной (связанной с повреждением тканей) и нейропатической (связанной с повреждением нервной системы) болью. Например, при нейропатической боли может наблюдаться повышенная активность в областях мозга, ответственных за обработку болевых сигналов, даже при отсутствии явного повреждения тканей [71 - 75].

ПЭТ позволяет визуализировать метаболическую активность тканей, включая воспалительные процессы. Это может быть полезно для дифференциации между воспалительными заболеваниями позвоночника (например, спондилит) и другими причинами боли. ПЭТ также может быть использована для оценки эф-

фективности лечения, например, для определения степени подавления воспалительного процесса после терапии [71 - 75].

МРС позволяет измерять концентрацию различных метаболитов в тканях, таких как нейротрансмиттеры и продукты их распада. Это может быть полезно для дифференциации между различными типами нейропатической боли, а также для оценки эффективности лечения, направленного на восстановление нормального баланса нейротрансмиттеров [71 - 73].

Преимущества нейровизуализации:

- Неинвазивность: методы не требуют введения контрастных веществ или проведения инвазивных процедур.
- Чувствительность: позволяют выявить тонкие изменения в мозге и спинном мозге, которые могут быть не видны на обычных снимках.
- Возможность оценки функциональных изменений: позволяют оценить не только структурные, но и функциональные изменения, что важно для понимания механизмов боли и выбора оптимального лечения.

Ограничения нейровизуализации [71 - 73]:

- Высокая стоимость: Методы являются дорогостоящими и не всегда доступны.
- Необходимость специальной подготовки: требуется специальное оборудование и квалифицированный персонал для проведения и интерпретации результатов.

В целом, нейровизуализация представляет собой перспективное направление в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника. Эти методы могут помочь в выявлении причин боли, выборе оптимального лечения и оценке его эффективности.

Биомаркеры:

В контексте дифференциальной диагностики болей в грудном отделе позвоночника биомаркеры могут сыграть важную роль, особенно с учетом развития нейровизуализации. В статье не указаны конкретные биомаркеры для торакалгии, можно предположить их потенциальное применение, основываясь на исследованиях в области хронической боли.

Потенциальные биомаркеры для дифференциальной диагностики [74, 75]:

- Воспалительные маркеры: Повышенные уровни С-реактивного белка (СРБ), интерлейкина-6 (ИЛ-6) и других воспалительных молекул могут указывать на воспалительные заболевания позвоночника (спондилит, артрит) или системные воспалительные заболевания с вовлечением позвоночника.
- Нейродегенеративные маркеры: Повышенные уровни нейрофиламентов легкой цепи (NFL), тау-белка и других маркеров нейродегенерации могут свидетельствовать о нейропатической природе боли, связанной с повреждением нервных волокон.
- Метаболические маркеры: Изменения уровня глюкозы, лактата и других метаболитов в спинномозговой жидкости или тканях позвоночника могут указывать

на наличие опухолей или метаболических нарушений, влияющих на костную ткань.

Нейровизуализация и биомаркеры:

- Функциональная МРТ (фМРТ): может выявить изменения в активности мозга, связанные с различными типами боли, что помогает в дифференциальной диагностике. Например, нейропатическая боль может быть связана с изменениями в активности определенных областей мозга, ответственных за обработку болевых сигналов.
- Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ): может использоваться для визуализации воспалительных процессов в позвоночнике с помощью специфических радиофармпрепаратов. Это может помочь в дифференциации между воспалительными и невоспалительными заболеваниями.
- Магнитно-резонансная спектроскопия (МРС): позволяет оценить метаболические изменения в тканях позвоночника, что может быть полезно для диагностики опухолей и метаболических заболеваний.

Перспективы [74, 75]:

Разработка новых биомаркеров и их интеграция с методами нейровизуализации открывает новые перспективы для более точной и ранней диагностики болей в грудном отделе позвоночника. Это может привести к более эффективному лечению и улучшению прогноза для пациентов.

МРТ в оценке эффективности радиочастотной абляции:

МРТ в оценке эффективности радиочастотной абляции (РЧА) играет важную, но косвенную роль в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника. Хотя МРТ не позволяет напрямую различать нозологии, она помогает оценить эффективность РЧА, что может быть полезным для косвенной дифференциации причин боли [27, 71, 76, 77, 78].

Оценка эффективности РЧА и косвенная дифференциация [27, 71, 76, 77, 78]:

- Успешное уменьшение зоны абляции: если после РЧА наблюдается уменьшение зоны абляции на МРТ, это свидетельствует об эффективности процедуры. Уменьшение боли после РЧА может указывать на то, что причиной боли было воспаление или дисфункция фасеточных суставов, которые были успешно обработаны.
- Отсутствие изменений или увеличение зоны абляции: если зона абляции не уменьшается или даже увеличивается после РЧА, это может свидетельствовать о неэффективности процедуры. В этом случае, возможно, причина боли кроется в другой патологии, такой как грыжа диска, стеноз позвоночного канала или опухоль.

Дополнительная информация:

- Визуализация анатомических структур: МРТ позволяет детально визуализировать анатомические структуры позвоночника, что помогает исключить другие воз-

возможные причины боли, такие как переломы, опухоли или инфекции. Оценка состояния мягких тканей: МРТ позволяет оценить состояние межпозвоночных дисков, связок и мышц, что может быть полезно для дифференциации между дискогенной болью, миофасциальным болевым синдромом и другими патологиями.

Ограничения [27, 71, 76, 77, 78]:

Необходимость дополнительных исследований: МРТ в сочетании с РЧА не является самостоятельным методом дифференциальной диагностики и требует дополнительных исследований, таких как клинический осмотр, анамнез и другие методы визуализации.

В целом, МРТ в оценке эффективности РЧА является ценным инструментом, который может косвенно помочь в дифференциальной диагностике болей в грудном отделе позвоночника. Этот метод позволяет оценить эффективность лечения и определить необходимость дополнительных исследований для уточнения диагноза.

### **Обсуждение.**

Дифференциальная диагностика торакалгии представляет собой сложную задачу, требующую комплексного подхода с использованием различных методов исследования. Инновационные методы, описанные в статье, значительно расширяют возможности врачей в этой области [22]. Клинический алгоритм для диагностики нейрогенного синдрома грудного выхода (СГО), предложенный Hwang et al. (2021) [34], позволяет более точно дифференцировать пациентов с истинным нейрогенным СГО от пациентов с другими причинами боли в грудной клетке. Это особенно важно, поскольку только пациенты с истинным нейрогенным СГО могут получить пользу от хирургического лечения. Компьютерная томография (КТ) и КТ-СПЕКТ играют важную роль в выявлении структурных изменений позвоночника, таких как переломы [7, 21], опухоли и дегенеративные изменения [8], которые могут быть причиной торакалгии. КТ-СПЕКТ, в свою очередь, позволяет оценить метаболическую активность костной ткани [36, 41], что может указывать на наличие воспалительных или инфекционных процессов [18]. Алгоритм Spine-GAN, основанный на искусственном интеллекте, автоматизирует анализ КТ-изображений, что повышает точность и скорость диагностики. Чрескожная транспедикулярная биопсия позвоночника [48, 49, 50, 51, 52, 53, 54] позволяет получить образцы тканей для гистологического и микробиологического анализа, что является решающим фактором в дифференциальной диагностике инфекционных, опухолевых и воспалительных заболеваний позвоночника [16]. Соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП) [55, 56, 57, 58, 59, 60] и мультимодальный нейрофизиологический мониторинг (МНФМ) [24, 25, 61, 62] позволяют оценить функциональное состояние нервной системы, что помогает дифференцировать между радикулопатией, миелопатией и другими неврологическими причинами боли. МНФМ особенно полезен во время операций на позвоночнике, так

как позволяет в режиме реального времени контролировать состояние нервных структур и предотвращать их повреждение. Нейровизуализация, включая фМРТ, ПЭТ и МРС [26, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75], позволяет исследовать функциональные и метаболические изменения в головном и спинном мозге, что может быть полезно для дифференциации между различными типами боли (например, ноцицептивной и нейропатической) и оценки эффективности лечения.

Биомаркеры, хотя и не упоминаются конкретно в контексте торакалгии в статье, могут стать перспективным инструментом для дифференциальной диагностики в будущем [68]. Например, воспалительные маркеры могут указывать на воспалительные заболевания, нейродегенеративные маркеры - на нейропатическую боль [69, 70, 71, 72, 73, 74, 75], а метаболические маркеры - на опухоли или метаболические нарушения. МРТ в оценке эффективности радиочастотной абляции [27, 76, 77, 78] позволяет косвенно дифференцировать причины боли, оценивая эффективность лечения. Уменьшение боли после РЧА может указывать на то, что причиной боли было воспаление или дисфункция фасеточных суставов [14], в то время как отсутствие эффекта может свидетельствовать о другой патологии. Инновационные методы диагностики торакалгии, такие как клинические алгоритмы, КТ-СПЕКТ, Spine-GAN, чрескожная биопсия, ССВП, МНФМ и нейровизуализация, не заменяют, а дополняют традиционные методы, такие как рентген, КТ и МРТ [29, 30, 31, 32, 33]. Комплексный подход, сочетающий различные методы, позволяет получить наиболее полную картину заболевания и выбрать оптимальную стратегию лечения [35]. Важно отметить, что инновационные методы диагностики торакалгии открывают путь к персонализированной медицине. Например, нейровизуализация может помочь определить, какой тип лечения боли будет наиболее эффективен для конкретного пациента, учитывая индивидуальные особенности его нервной системы. Хотя некоторые инновационные методы могут быть дорогостоящими, их использование может привести к снижению затрат на лечение в долгосрочной перспективе [39, 40]. Более точная диагностика позволяет избежать ненужных процедур и сократить время до начала эффективного лечения, что в конечном итоге может снизить общие расходы на здравоохранение. Применение новых технологий всегда связано с этическими вопросами. Например, использование искусственного интеллекта в диагностике, такого как Spine-GAN, может вызвать вопросы о конфиденциальности данных и ответственности за принятие решений. Важно обеспечить прозрачность и этичность использования этих технологий, чтобы гарантировать защиту прав и интересов пациентов. Несмотря на значительный прогресс, инновационные методы диагностики торакалгии находятся на стадии активного развития. Дальнейшие исследования необходимы для уточнения их диагностической ценности, определения оптимальных алгоритмов использования и разработки новых методов лечения, основанных на полученных данных. Особое внимание следует уделить разработке новых биомаркеров боли, которые могут быть использованы в сочетании с

нейровизуализацией для еще более точной диагностики и персонализированного подхода к лечению пациентов с торакалгией.

### **Выводы.**

Торакалгия представляет собой сложную медицинскую проблему с разнообразными причинами, включая дегенеративные [8], воспалительные [1], инфекционные [16, 18] и опухолевые процессы [3]. Традиционные методы диагностики, такие как рентген, КТ и МРТ [29, 30, 31, 32, 33], остаются важными инструментами, но имеют свои ограничения [22]. Инновационные методы, такие как клинические алгоритмы, КТ-СПЕКТ, Spine-GAN, чрескожная биопсия, ССВП, МНФМ и нейровизуализация, предлагают новые возможности для более точной диагностики и персонализированного лечения [19, 20]. Эти методы позволяют выявить тонкие изменения в структуре и функции позвоночника [5, 6], определить источник боли [11, 12] и оценить эффективность лечения [24, 27]. Например, клинические алгоритмы помогают дифференцировать нейрогенный синдром грудного выхода [34], КТ-СПЕКТ выявляет воспалительные процессы [36, 41], а нейровизуализация позволяет оценить активность мозга в ответ на боль [26]. Однако, инновационные методы также имеют свои ограничения, такие как высокая стоимость и необходимость специальной подготовки. Кроме того, они не заменяют, а дополняют традиционные методы. Поэтому важно использовать комплексный подход, сочетающий различные методы диагностики, для получения наиболее полной картины заболевания [35]. Несмотря на существующие ограничения, инновационные методы диагностики торакалгии представляют собой значительный прорыв в медицине. Они открывают новые перспективы для более точной диагностики, персонализированного лечения [9, 10, 13, 14, 15, 17] и улучшения качества жизни пациентов. Дальнейшие исследования в этой области помогут разработать еще более эффективные и доступные методы диагностики и лечения торакалгии.

### **Литература**

1. Manchikanti L., Knezevic N.N., Navani A. и др. Epidural interventions in the management of chronic spinal pain // *Pain Physician*. 2021. Vol. 24 (S1). P. S27–S208.
2. Leboeuf-Yde C., Nielsen J., Kyvik K.O., Fejer R., Hartvigsen J. Pain in spinal regions // *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2009. Vol. 10. P. 47.
3. Boden S.D. и др. Cervical spine MRI abnormalities // *J Bone Joint Surg Am*. 1990. Vol. 72 (7). P. 1178–1184.
4. Wood K.B. и др. Thoracic spine MRI // *J Bone Joint Surg Am*. 1995. Vol. 77 (11). P. 1631–1638.
5. Chen G. и др. Thoracic stenosis review // *Eur Spine J*. 2020. Vol. 29. P. 2164–2172.
6. Aoki Y. и др. Lumbar spondylolysis // *Sci Rep*. 2020. Vol. 10. P. 6739.

7. Di Filippo L. и др. Vertebral fractures in COVID-19 // *J Clin Endocrinol Metab.* 2021. Vol. 106 (2). P. e602–e614.
8. Parenteau C.S. и др. Spine degeneration epidemiology // *Sci Rep.* 2021. Vol. 11. P. 5389.
9. Manchikanti L. и др. Chronic spinal pain guidelines // *Pain Physician.* 2013. Vol. 16. P. S49–S283.
10. Chen G. и др. Thoracic stenosis // *Eur Spine J.* 2020. Vol. 29. P. 2164–2172.
11. Maselli F. и др. Red flags in thoracolumbar pain // *Disabil Rehabil.* 2022. Vol. 44 (8). P. 1190–1206.
12. Ota Y. и др. Mechanisms of spinal pain // *Radiographics.* 2020. Vol. 40 (4). P. 1163–1181.
13. Marshall K., McLaughlin K. Thoracic pain management // *Thorac Surg Clin.* 2020. Vol. 30 (3). P. 339–346.
14. Manchikanti L. и др. Facet joint guidelines // *Pain Physician.* 2020. Vol. 23 (3S). P. S1–S127.
15. Christelis N. и др. Persistent spinal pain syndrome // *Pain Med.* 2021. Vol. 22 (4). P. 807–818.
16. Schwab J.H., Shah A.A. Spinal epidural abscess // *JAAOS.* 2020. Vol. 28 (21). P. e929–e938.
17. Price M. и др. Cervical myelopathy case // *J Bodyw Mov Ther.* 2021. Vol. 26. P. 315–319.
18. Ma C. и др. Spinal epidural abscess // *Beijing Da Xue Xue Bao.* 2019. Vol. 51 (4). P. 574–580.
19. Sarzi-Puttini P. и др. Fibromyalgia // *Nat Rev Rheumatol.* 2020. Vol. 16 (11). P. 645–660.
20. Hwang J. и др. Thoracic outlet syndrome // *Ann Vasc Surg.* 2021. Vol. 76. P. 454–462.
21. Jia P. и др. CT spinal fractures // *J Healthc Eng.* 2021. Vol. 2021. P. 1–8.
22. Kim G.-U. и др. Spine diagnostics // *Asian Spine J.* 2022. Vol. 16. P. 764–775.
23. Ravikanth R. Percutaneous biopsy // *J Craniovertebr Junction Spine.* 2020. Vol. 11. P. 93–98.
24. Melachuri S.R. и др. Evoked potentials // *J Neurosurg Spine.* 2020. Vol. 33. P. 35–40.
25. Zhang C.W. и др. Neuro monitoring TB // *Zhongguo Gu Shang.* 2021. Vol. 34 (11). P. 1065–1071.
26. Tracey I. Pain biomarkers // *Sci Transl Med.* 2021. Vol. 13. P. eabc0918.
27. Desai M., Safriel Y. MRI ablation // *J Pain Res.* 2022. Vol. 15. P. 423–430.
28. Speldewinde G. Thoracic neurotomy // *Pain Med.* 2020. Vol. 21 (9). P. 1811–1818.

- 29.Carey S. и др. Chest imaging comparison // Radiology. 2020. Vol. 296. P. 89–96.
- 30.Hamd Z.Y. Pulmonary embolism imaging // Int J Biomedicine. 2023. Vol. 13. P. 12–18.
- 31.Carrabba N. и др. CTA chest pain // Biomed Res Int. 2019. Vol. 2019. P. 1–8.
- 32.Kashani M.A. и др. MRI biopsy guidance // J Thorac Imaging. 2022. Vol. 37 (6). P. 375–382.
- 33.Rajasekar B. и др. Photoacoustic imaging // Biomed Res Int. 2022. Vol. 2022. P. 1–9.
- 34.Hwang J.S. и др. Thoracic outlet syndrome // Ann Vasc Surg. 2021. Vol. 76. P. 454–462.
- 35.Lin I. и др. Musculoskeletal pain care // Br J Sports Med. 2019. Vol. 53. P. 276–284.
- 36.Tender G.C. и др. CT-SPECT // Neurosurg Focus. 2019. Vol. 47. P. E18.
- 37.Hoy D. и др. Low back pain prevalence // Arthritis Rheum. 2012. Vol. 64. P. 2028–2037.
- 38.Patrick N. и др. Low back pain // Med Clin North Am. 2014. Vol. 98. P. 777–789.
- 39.Dieleman J.L. и др. Healthcare spending // JAMA. 2020. Vol. 323. P. 863–884.
- 40.Zheng F. и др. Spine surgery predictors // Spine. 2002. Vol. 27. P. 818–824.
- 41.Cusi M. и др. SPECT-CT SI joint // Eur Spine J. 2013. Vol. 22. P. 1674–1682.
- 42.Choi B.W. и др. Cervical imaging // Clin Orthop Surg. 2021. Vol. 13. P. 499–504.
- 43.Kang K.W. и др. Nuclear medicine // Seoul: Korea Medicine; 2019. P. 1–850.
- 44.Anderson K. и др. SPECT stress injuries // J Pediatr Orthop. 2000. Vol. 20. P. 28–33.
- 45.Perez-Roman R.J. и др. SPECT facet pain // World Neurosurg. 2020. Vol. 137. P. e487–e492.
- 46.Ryan R.J. и др. SPECT spine // Nucl Med Commun. 1992. Vol. 13. P. 497–502.
- 47.McDonald M. и др. CT-SPECT fusion // Neurosurg Focus. 2007. Vol. 22. P. E2.
- 48.Ravikanth R. Biopsy // J Craniovertebr Junction Spine. 2020. Vol. 11. P. 93–98.
- 49.Lee S.A. и др. CT vs fluoroscopy biopsy // Spine J. 2020. Vol. 20. P. 1114–1124.

50. Roschan S. Biopsy system // *J Southeast Asian Orthop.* 2022. Vol. 46. P. 24–28.
51. Nourbakhsh A. и др. Spine biopsy review // *JAAOS.* 2021. Vol. 29. P. e681–e692.
52. Gala K.B. и др. CT biopsy technique // *J Clin Interv Radiol.* 2021. Vol. 5. P. 150–157.
53. Marruzzo D. и др. Biopsy improvement // *Eur Spine J.* 2023. Vol. 32. P. 221–227.
54. Basu S. и др. Needle biopsy // *Eur Spine J.* 2021. Vol. 30. P. 1450–1455.
55. Melachuri S.R. и др. Evoked potentials // *J Neurosurg Spine.* 2020. Vol. 33. P. 35–40.
56. Fustes O. и др. Review // *Arq Neuropsiquiatr.* 2021. Vol. 79. P. 824–831.
57. Markand O.N. Evoked potentials // 2020. P. 139–207.
58. Reddy R.P. и др. Meta-analysis // *Spine J.* 2021. Vol. 21. P. 555–570.
59. Lachance B. и др. Neuroprognosis // *Neurocrit Care.* 2020. Vol. 32. P. 847–857.
60. Moustafa I.M. и др. Head posture // *J Clin Med.* 2023. Vol. 12. P. 3217.
61. Zhang C.W. и др. Monitoring TB // *Orthop Surg.* 2021. Vol. 13. P. 1359–1368.
62. Zhang C.W. и др. Monitoring TB // *Zhongguo Gu Shang.* 2021. Vol. 34. P. 1065–1071.
63. Xu N.J. и др. Lumbar TB // *Spine.* 2019. Vol. 44. P. E123–E130.
64. Wu P. и др. Thoracolumbar TB // *Eur Spine J.* 2020. Vol. 29. P. 980–987.
65. Jiang L. и др. TB surgery // *BMC Musculoskelet Disord.* 2022. Vol. 23. P. 619.
66. Zhong Y. и др. Bone graft TB // *Eur Spine J.* 2021. Vol. 30. P. 2500–2510.
67. Peng Y., Guan Q. Dexmedetomidine // *Evid Based Complement Alternat Med.* 2021. Vol. 2021. P. 6363188.
68. Eldabe S. и др. Pain biomarkers // *Pain Res Manag.* 2022. Vol. 2022. P. 1–10.
69. Xu X., Huang Y. Pain assessment // *F1000Research.* 2020. Vol. 9. P. 1–10.
70. Diaz M.M. и др. Neuropathic pain // *Front Pain Res.* 2022. Vol. 3. P. 869215.
71. Lee J.J. и др. Neuroimaging biomarker // *Nat Med.* 2021. Vol. 27. P. 174–182.
72. Ferraro S. и др. Insula biomarker // *Hum Brain Mapp.* 2022. Vol. 43. P. 998–1010.
73. Davis K.D. и др. Pain biomarkers // *Nat Rev Neurol.* 2020. Vol. 16. P. 381–400.
74. Martins D. и др. Neuroimaging biomarker // *Brain Commun.* 2022. Vol. 4. P. fcab302.
75. Zhang Z. и др. Brain imaging // *Front Neurol.* 2022. Vol. 12. P. 734821.

76. Kim S., Seo J. Radiofrequency ablation // *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2005. Vol. 28. P. 779–788.
77. Davis T. и др. Knee pain RFA // *Reg Anesth Pain Med.* 2019. Vol. 44. P. 499–506.
78. Kapural L. и др. Cooled RFA // *J Pain Res.* 2022. Vol. 15. P. 2577–2586.

## **ТОРАКАЛГИЯ: ДИАГНОСТИКАНЫҢ АШЫЛМАҒАН ӘЛЕУЕТІ ЖӘНЕ КЕУДЕ ОМЫРТҚАСЫНДАҒЫ АУЫРУДЫ ТҮСІНУДЕГІ ЖАҢА КӨКЖИЕКТЕР**

**Нуралиева А.Е.<sup>1</sup>, Отарбаева М.Б.<sup>1</sup>, Баттакова Ш.Б.<sup>1</sup>, Григолашвили М.А.<sup>1</sup>,  
Қалыбаева У.А.<sup>1</sup>, Болат Н.Б.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«Қарағанды медицина университеті» КеАҚ, (100012, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ., Гоголь көшесі, 40, e-mail: info@qmu.kz)

1. Нуралиева А.Е., «Қарағанды медицина университеті» КеАҚ неврология, психиатрия және реабилитология кафедрасы, e-mail: nuraliyeva.9898@mail.ru
2. Отарбаева М.Б., e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru
3. Баттакова Ш.Б., e-mail: sharbanu\_battakova@mail.ru
4. Григолашвили М.А., e-mail: Grigolashvili@qmu.kz
5. Қалыбаева У.А., e-mail: info@qmu.kz
6. Болат Н.Б., e-mail: info@qmu.kz

### **Тұжырым**

Торакалгияны диагностикалаудың заманауи әдістеріне жан-жақты шолу ұсынылған. Онда дәстүрлі рентгенологиялық зерттеулерден бастап инновациялық нейровизуализациялық технологияларға дейінгі тәсілдер қарастырылады. Мақалада ауырсынудың этиологиясын анықтау және тиімді емдеу тактикасын таңдау үшін ерте әрі дәл диагностиканың маңыздылығы ерекше атап өтіледі.

Соматосенсорлық шақырылған потенциалдарға және мультимодальды нейробиологиялық мониторингке ерекше мән беріледі, себебі бұл әдістер жүйке импульстарының өткізгіштігіндегі бұзылыстарды анықтауға мүмкіндік береді және операция кезінде жүйке құрылымдарының зақымдануының алдын алуға көмектеседі.

Сондай-ақ нейровизуализацияны қолданудың болашағы талқыланады, соның ішінде функционалдық магниттік-резонанстық томография, позитронды-эмиссиялық томография және магниттік-резонанстық спектроскопия. Бұл әдістер

ауырсынудың биомаркерлерін анықтауға және емдеудің жекелендірілген тәсілдерін әзірлеуге мүмкіндік береді.

Мақала торакалгияны диагностикалау және емдеумен айналысатын дәрігерлер мен зерттеушілер үшін құнды ақпарат көзі болып табылады және осы кең таралған мәселе бойынша пациенттерді емдеуде ең жақсы нәтижелерге қол жеткізу үшін дәстүрлі және инновациялық әдістерді біріктіретін кешенді тәсілдің маңыздылығын көрсетеді.

*Түйінді сөздер:* торакалгия; омыртқаның кеуде бөліміндегі ауырсыну; диагностика; инновациялық әдістер; дифференциалды диагностика.

## **THORACALGIA: UNCOVERED POTENTIAL OF DIAGNOSTICS AND NEW HORIZONS IN UNDERSTANDING PAIN IN THE THORACIC SPINE**

**Nuralieva A.E.<sup>1</sup>, Otarbayeva M.B.<sup>1</sup>, Battakova Sh.B.<sup>1</sup>, Grigolashvili M.A.<sup>1</sup>, Kalybayeva U.A.<sup>1</sup>, Bolat N.B.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Neurology, Psychiatry and Rehabilitation of NCJSC «Karaganda Medical University» (100008, Republic of Kazakhstan, Karaganda, Gogol str., 40; e-mail: info@qmu.kz )

1.Nuralieva A.E., NCJSC "Medical University of Karaganda", e-mail: nuraliyeva.9898@mail.ru

2.Otarbaeva M.B., e-mail: mb.otarbaeva103@mail.ru

3.Battakova Sh.B., e-mail: sharbanu\_battakova@mail.ru

4.Grigolashvili M.A., e-mail: Grigolashvili@qmu.kz

5.Kalybayeva U.A., e-mail: info@qmu.kz

6.Bolat N.B., e-mail: info@qmu.kz

### **Summary**

A comprehensive overview of modern methods for diagnosing thoracalgia is presented, ranging from traditional radiological examinations to innovative neuroimaging techniques. The article emphasizes the importance of early and accurate diagnosis for determining the etiology of pain and selecting optimal treatment strategies.

Particular attention is given to somatosensory evoked potentials and multimodal neurophysiological monitoring, which make it possible to detect disturbances in nerve impulse conduction and help prevent damage to neural structures during surgical procedures.

The prospects of using neuroimaging techniques are also discussed, including functional magnetic resonance imaging, positron emission tomography, and magnetic

resonance spectroscopy. These approaches allow the identification of pain biomarkers and contribute to the development of personalized treatment strategies.

The article represents a valuable resource for physicians and researchers involved in the diagnosis and treatment of thoracalgia and highlights the importance of a comprehensive approach that combines traditional and innovative methods to achieve the best outcomes in the management of patients with this common condition.

*Key words:* thoracalgia; thoracic spine pain; diagnostics; innovative methods; differential diagnosis.

## ХАБАРЛАР

---

10 марта 2026 года в городе Караганда на базе НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний» состоялся международный семинар-совещание на тему «Профессионально обусловленная онкология: эпидемиология, надзор и профилактика». Мероприятие прошло в рамках сотрудничества с Международным агентством по изучению рака (IARC).

Основной целью семинара стало обсуждение вопросов профилактики профессионального рака, совершенствования системы эпидемиологического надзора, а также развития научного сотрудничества между Казахстаном и международными организациями. В мероприятии приняли участие ведущие специалисты, ученые, врачи-профпатологи и представители научных организаций.

С приветственным словом выступили председатель правления – директор НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний», доктор медицинских наук, ассоциированный профессор Е.Ж. Отаров и руководитель отдела эпидемиологии окружающей среды и образа жизни Международного агентства по изучению рака Йоахим Шюц. Они подчеркнули важность международного научного сотрудничества в вопросах профилактики профессионально обусловленных онкологических заболеваний.

В рамках программы семинара были представлены научные доклады ведущих экспертов. Йоахим Шюц рассказал о миссии IARC, современных подходах к профилактике рака и эпидемиологическому надзору за онкологическими заболеваниями. Научный сотрудник IARC Евгения Остроумова представила доклад о влиянии радиации на развитие рака и проблемах профессионального воздействия ионизирующего излучения.

Главный научный сотрудник Национального центра гигиены труда и профессиональных заболеваний А.У. Аманбекова выступила с докладом о состоянии профессиональной патологии в Республике Казахстан. Аспирант отдела эпидемиологии окружающей среды и образа жизни IARC Жанна Плуниан рассказала о совместном научно-исследовательском проекте Казахстана и IARC по изучению воздействия ионизирующего излучения.

Заместитель директора по стратегическому развитию и научной работе Национального центра гигиены труда и профессиональных заболеваний А.В. Алексеев представил информацию о вредных производственных факторах на предприятиях Республики Казахстан.

В завершение семинара состоялась сессия вопросов и обсуждений, в ходе которой участники обменялись мнениями по вопросам профилактики профессионально обусловленных онкологических заболеваний, развития научных исследований и укрепления международного сотрудничества в области медицины труда.

По словам организаторов, проведение подобных мероприятий способствует развитию научного диалога, обмену международным опытом и совершенствованию

ванию мер профилактики онкологических заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью.





## ОБУЧЕНИЕ ДОСТОЙНОЕ ВАШЕГО ДОВЕРИЯ!

**НАО «Национальный центр гигиены труда и профессиональных заболеваний»** оказывает услуги по проведению сертификационного курса (Медицина труда (профессиональная патология) и курсов повышения квалификации, семинаров, мастер - классов, тренинги, стажировки по специальностям:

**Гигиена труда**, промышленная гигиена, радиационная гигиена, лабораторное дело в санитарно-гигиенической лаборатории, лабораторно-инструментальные методы исследования факторов производственной среды, аттестация производственных объектов по условиям труда, оценка профессиональных рисков, безопасность и охрана труда, производственная токсикология.

### Медицина труда (профессиональная патология).

Форма обучения:

1) на базе НЦГТиПЗ (группа слушателей 5 и более слушателей);

2) выездные циклы (15 слушателей и более);

**Обучение** проводят доктора и кандидаты медицинских наук, профессора по профилю «Медицина труда (профессиональная патология)», «Гигиена», врачи-профпатологи и гигиенисты высшей, первой категории.

**Клинической базой** для прохождения сертификационного курса и курсов повышения квалификации врачей-профпатологов является – консультативно-диагностическое отделение, отделение профессиональной неврологии, отделение профессиональной терапии, где находятся работающие во вредных и опасных условиях труда для прохождения экспертизы связи заболевания с профессией и проходят реабилитацию больные с различными профессиональными заболеваниями.

**Базой** для обучения по профилю «Гигиена» является научно-исследовательская санитарно-гигиеническая лаборатория.

**Сроки проведения** сертификационного курса, циклов повышения квалификации, семинаров, мастер-классов, тренингов, стажировок могут быть изменены, в связи с заявками организаций.

**P.S.** К обучению на сертификационном курсе для межпрофильной специализации допускаются работники с высшим образованием, после резидентуры, согласно гл.6, п.19 и гл.7, п.1. приказа №218. Исключение составляют выпускники интернатуры после 2014 года без обучения в резидентуре.

Заявки присылайте на электронную почту: [nsgtpz-kpk2025@yandex.kz](mailto:nsgtpz-kpk2025@yandex.kz)

Информация о дополнительном неформальном образовании:

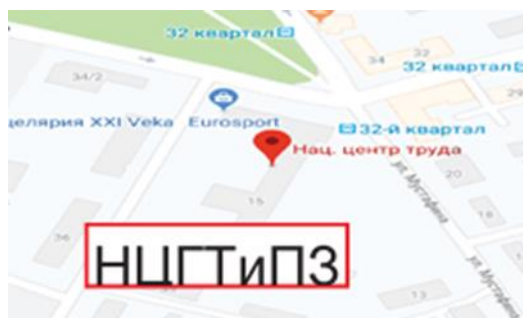
на сайте -[www: https://naoncgk.kz/](http://www:https://naoncgk.kz/)

Адрес:

г. Караганда, ул. Мустафина, 15

Тел.: 8(7212)506885 (6127)

87024484261



### ОҚЫТУ – СІЗДІҢ СЕНІМІҢІЗГЕ ЛАЙЫҚ!

«Еңбек гигиенасы және кәсіптік аурулар ұлттық орталығы» КеАҚ келесі бағыттар бойынша сертификаттау курсы (Еңбек медицинасы (кәсіптік патология)), сондай-ақ біліктілікті арттыру курстарын, семинарлар, мастер-класстар, тренингтер және тағылымдамаларды өткізеді:

**Еңбек гигиенасы**, өнеркәсіптік гигиена, радиациялық гигиена, санитариялық-гигиеналық зертханада зертханалық іс, өндірістік ортаның факторларын зерттеудің зертханалық-аспаптық әдістері, еңбек жағдайлары бойынша өндірістік объектілерді аттестаттау, кәсіптік тәуекелдерді бағалау, еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау, өндірістік токсикология.

#### Еңбек медицинасы (кәсіптік патология).

Оқыту формасы:

1) ЕГКАҰО базасында (5 және одан да көп тыңдаушылар тобы);

2) көшпелі оқу циклдері (15 және одан да көп тыңдаушылар тобы).

**Оқытуды** «Еңбек медицинасы (кәсіптік патология)», «Гигиена» бейіндері бойынша медицина ғылымдарының докторлары мен кандидаттары, профессорлар, жоғары және бірінші санатты дәрігер-кәсіптік патологтар мен гигиенистер жүргізеді.

Дәрігер-кәсіптік патологтарға арналған сертификаттау курсы мен біліктілікті арттыру курстарын өтуге арналған **клиникалық база** консультациялық-диагностикалық бөлімше, кәсіптік неврология бөлімшесі, кәсіптік терапия бөлімшесі болып табылады. Бұл бөлімшелерде зиянды және қауіпті еңбек жағдайларында жұмыс істейтін қызметкерлер аурудың кәсіппен байланысын сараптаудан өтеді, сондай-ақ әртүрлі кәсіптік аурулары бар науқастар оңалтудан өтеді.

«Гигиена» бейіні бойынша **оқыту базасы** – ғылыми-зерттеу санитариялық-гигиеналық зертханасы болып есептеледі.

Сертификаттау курсының, біліктілікті арттыру циклдерінің, семинарлардың, мастер-класстардың, тренингтердің және тағылымдамалардың **өткізу мерзімдері** ұйымдардың өтінімдеріне байланысты өзгертілуі мүмкін.

*Р.С. Пәнаралық мамандандыру бойынша сертификаттау курсына №218 бұйрығы 6 тараудың 19 тармағына және 7 тараудың 1 тармағына сәйкес резидентурадан кейін жоғары білімі бар қызметкерлер жіберіледі. Ерекшелік 2014 жылдан кейін резидентурада оқымаған интернатураны бітірген түлектерге арналған.*

**Өтінімдерді электрондық пошта арқылы жіберулеріңізді сұраймыз:**  
nsgtpz-kpk2025@yandex.kz

*Қосымша бейресми білім беру туралы ақпарат:*

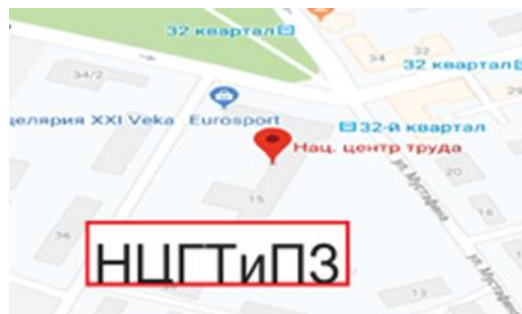
*сайтта – [www: https://naoncgt.kz/](https://naoncgt.kz/)*

#### Мекенжайы:

Қарағанды қ., Мұстафин көшесі, 15

**Тел.:** 8 (7212) 50-68-85 (6127)

8 702 448 42 61



## МАЗМҰНЫ

Құлқыбаев Ғабдолла Абдықожаұлы.....	4-5
<b>Басты мақалалар</b>	
<i>Жарылқасын Ж., Рогова С., Абитаев Д., Жиенбекова А., Жакетаева Н., Жарылқасынова А., Нұржанов С., Жамантаев О.</i> Еңбек гигиенасы бойынша дуальды білім беру жағдайындағы студенттердің қанағаттануы мен оқу тәжірибесі.....	6-23
<b>Еңбек гигиенасы</b>	
<i>Савченко О.А, Чуенко Н.Ф., Плотникова О.В., Савченко О.А., Савченко О.О.</i> Физикалық және химиялық факторлардың (1,5 ПДК, ПДУ деңгейінде) моделді организмдердің жылдамдатылған қартаюына әсерін бағалау (хроникалық эксперимент нәтижелері бойынша).....	24-30
<i>Абитаев Д.С.</i> Қазақстан Республикасының өнеркәсіптік аймағындағы халық денсаулығы көрсеткіштеріне климаттық және метеорологиялық факторлардың әсері.....	31-36
<b>Кәсіптік патология</b>	
<i>Отарбаева М.Б.</i> Қосарланған кәсіби патологиясы бар кеншілердің өмір сапасы	37-45
<i>Нуралиева А.Е., Отарбаева М.Б., Баттакова Ш.Б., Григолашвили М.А., Қалыбаева У.А., Болат Н.Б.</i> Торакалгия: диагностиканың ашылмаған әлеуеті және кеуде омыртқасындағы ауыруды түсінудегі жаңа көкжиектер.....	46-75
Хабарлар.....	76-78

## СОДЕРЖАНИЕ

Кулкыбаев Габдулла Абдыкожаевич.....	4-5
<b>Передовые статьи</b>	
<i>Жарылкасын Ж., Рогова С., Абитаев Д., Жиенбекова А., Жакетаева Н., Жарылкасынова А., Нуржанов С., Жамантаев О.</i> Удовлетворенность студентов и их опыт обучения по дисциплине «Гигиена труда» в условиях дуального образования.....	6-23
<b>Гигиена труда</b>	
<i>Савченко О.А., Чуенко Н.Ф., Плотникова О.В., Савченко О.А., Савченко О.О.</i> Оценка влияния изических и химических факторов (на уровне 1,5 ПДК, ПДУ) на ускоренное старение модельных организмов (по результатам хронического эксперимента).....	24-30
<i>Абитаев Д.С.</i> Влияние климатических и метеорологических факторов на показатели здоровья населения промышленного региона Республики Казахстан.....	31-36
<b>Профпатология</b>	
<i>Отарбаева М.Б.</i> Качество жизни у горнорабочих с сочетанной профессиональной патологией.....	37-45
<i>Нуралиева А.Е., Отарбаева М.Б., Баттакова Ш.Б. Григолашвили М.А., Калыбаева У.А., Болат Н.Б.</i> Торакалгия: нераскрытый потенциал диагностики и новые горизонты в понимании боли в грудном отделе позвоночника.....	46-75
Новости.....	76-78

## CONTENTS

Kulkybaev Gabdulla Abdykozhayevich.....	4-5
<b>Advanced clauses</b>	
<i>Zharylkassyn Zh. , Rogova S., Abitaev D., Zhienbekova A., Zhaketaeva N., Zharylkasynova A., Nurzhanov S., Zhamantayev O.</i> Student satisfaction and experiences with dual education in occupational hygiene.....	6-23
<b>Occupational hygiene</b>	
<i>Savchenko O.A., Chuyenko N.F., Plotnikova O.V., Savchenko O.A., Savchenko O.O.</i> Assessment of the impact of physical and chemical factors (at the level of 1.5 MAC, MPC) on accelerated aging of model organisms (based on the results of a chronic experiment).....	24-30
<i>Abitaev D.S.</i> The Impact of Climatic and Meteorological Factors on Population Health Indicators in an Industrial Region of the Republic of Kazakhstan.....	31-36
<b>Occupational pathology</b>	
<i>Otarbaeva M.B.</i> Quality of Life in Miners with Combined Occupational Pathology	37-45
<i>Nuralieva A.E., Otarbayeva M.B., Battakova Sh.B., Grigolashvili M.A., Kalybayeva U.A., Bolat N.B.</i> Thoracalgia: uncovered potential of diagnostics and new horizons in understanding pain in the thoracic spine.....	46-75
News.....	76-78

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

При направлении статей в редакцию автору необходимо соблюдать следующее:

1. В выходных данных указываются: инициалы и фамилии авторов, название работы, название учреждения, в котором она выполнена, город.

2. Статья должна включать: резюме (не более 5-6 строк), ключевые слова (1-2 строки). Если статья на русском языке, то резюме представлять на казахском и английском языках и наоборот. Оригинальная статья должна включать актуальность, цель, материалы и методы, результаты исследования, выводы, литературу. Размер оригинальной статьи (включая все указанные разделы) не должен превышать – 8 страниц; для обзора - 10 страниц.

3. Статья обязательно подписывается всеми авторами. Указываются: имя, отчество, фамилия каждого автора, адрес, рабочий и домашний телефоны.

4. Статьи иностранных авторов, переведенные на русский язык, визируются переводчиком. Текст статьи, формулы, дозы, цифры должны быть тщательно выверены автором.

5. Статья должна быть набрана на компьютере в программе Word for windows, шрифтом Times new roman, кг. 12, через 1,0 интервала между строками, с полями сверху, снизу и справа 2 см, слева 4 см. Статьи могут представляться на казахском, русском и английском языках.

6. Таблицы и рисунки должны быть представлены в тексте по мере их упоминания. В статье представленные рисунки или таблицы приводятся в соответствии с системой единиц СИ. Подписи к рисункам даются внизу. В них приводятся: название рисунка, объяснение названия всех кривых, букв, цифр и условных обозначений. Количество графического материала должно быть минимальным (не более 2-3); графики, схемы и диаграммы - контрастные, четкие и не должны быть перегружены текстовыми надписями.

7. Таблицы должны быть компактными, иметь название, их заголовка - точно соответствовать содержанию граф. Таблицы не должны дублировать графики, сокращение слов в таблицах не допускается. Таблицы должны быть озаглавлены и пронумерованы. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Фототаблицы не принимаются.

8. Сокращения допускаются лишь общепринятые в мировой практике (например, ЦНС, ЭКГ). В остальных случаях при первом упоминании термина дается его полное название, в скобках - сокращенное (аббревиатура), далее в тексте используется аббревиатура.

9. Список литературы дается на отдельном листе, в тексте в квадратных скобках - порядковый номер источника по мере упоминания цитируемой литературы. Количество источников в статье не должно превышать 15, в обзоре литературы - 50, за прошедшие 5-10 лет.

Если упоминается несколько работ одного автора, их нужно указывать по возрастанию годов издания. Статья, написанная коллективом авторов (более 4 человек), помещается в списке литературы по фамилии первого автора и указываются еще два автора, далее ставится и др. Если авторов всего 4, то указываются все авторы.

После фамилий авторов приводится полное название статьи, источника, год, том, номер, выпуск, страницы от и до. Для книг и сборников обязательно точное название, город, издательство, год.

Монография, написанная коллективом авторов (более 4 человек), помещается в списке по названию книги, затем через косую черту указываются фамилии трех авторов, а далее ставится "и др."

В монографиях иностранных авторов, изданных на русском языке, после названия через двоеточие указывается, с какого языка сделан перевод.

Фамилии и все инициалы иностранных авторов в тексте даются в иностранной транскрипции.

Ссылки на неопубликованные работы, в том числе на авторефераты и диссертации, рабочие документы ВОЗ, не допускаются.

10. Статьи, оформленные не в соответствии с указанными правилами, возвращаются авторам без рассмотрения.

11. Статья не соответствующая рубрике журнала возвращается автору и редакция журнала не несет ответственности за ее публикацию.

12. Рукописи, не принятые к печати, авторам не возвращаются.

13. Датой поступления статьи считается время поступления ее окончательного (переработанного) варианта.

Редакция журнала **"Гигиена труда и медицинская экология"**

Тел.факс.:+7(7212) 50-98-85, e-mail: yertay.otarov@gmail.ru

Технический редактор: Есенгулова Д.И.

Компьютерный набор и верстка: Есенгулова Д.И.

**УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!**

***РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ИЗВЕЩАЕТ***

Статьи направлять на сайт НАО «Национальный центр гигиены труда и профзаболеваний», официальный сайт: <https://nauka.naoncgt.kz/>

Оплата за статью - 1000 тенге за одну страницу.