

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ORIGINAL RESEARCH

Гигиена

Occupational Medicine

doi: 10.25005/2074-0581-2025-27-3-593-604

ВОЗРАСТ, ТЕПЛОВОЙ СТРЕСС И СМЕННАЯ РАБОТА КАК ФАКТОРЫ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА У ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОЧИХ: КРОСС-СЕКЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

С. МОХАММАДИ¹, Я. ЛАББАФИНЕДЖАД¹, Э. БАГЕРИ², М. АЛАЭЙ ДЖАНАТ-МАКАН², М. АКБАРИ³,
М. ЧИНИЧИАН^{1,4}, Н. КАССИРИ^{1,3}

¹ Научно-исследовательский центр профессиональной патологии, Иранский университет медицинских наук, Тегеран, Иран

² Западный центр здравоохранения Тегерана, Иранский университет медицинских наук, Тегеран, Иран

³ Кафедра профессиональной патологии, Медицинский институт, Иранский университет медицинских наук, Тегеран, Иран

⁴ Иранский университет медицинских наук, Тегеран, Иран

Метаболический синдром (МС) признан одной из основных глобальных проблем общественного здравоохранения. Согласно текущим оценкам, МС затрагивает около 20-30 % взрослого населения по всему миру, однако его распространённость значительно варьирует в зависимости от региона и демографических характеристик.

Цель исследования: изучить взаимосвязь между МС и профессиональными или экологическими факторами среди промышленных рабочих и дать рекомендации по профилактическим и оздоровительным мерам на рабочих местах.

Материал и методы: это поперечное описательно-аналитическое исследование было проведено на выборке из 2526 работающих, которые прошли медицинский осмотр в клинике профессиональной патологии в период с 21 марта 2023 по 21 июля 2024 года. Диагноз МС ставился на основании критериев NCEP ATP III, требующих наличия, по крайней мере, трёх из следующих факторов риска: повышенный уровень триглицеридов, сниженный уровень холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), повышенное артериальное давление, повышенный уровень глюкозы натощак и абдоминальное ожирение.

Результаты: среди 2526 участников исследования было 1981 мужчина (78,4 %) и 545 женщин (21,6 %). Средний возраст составил 39,74 года. МС был диагностирован у 11%, при этом более высокие показатели наблюдались у пожилых работников, мужчин, курящих, женатых/замужних, а также у подвергнутых профессиональному тепловому стрессу, шуму и сменной работе. Регрессионный анализ выявил статистически значимые связи между МС и такими факторами, как возраст, воздействие теплового стресса и сменная работа ($p < 0,05$).

Заключение: исследование выявило чёткую связь между возрастом, профессиональным тепловым стрессом, сменной работой и распространённостью МС у работников. Эти результаты подчёркивают необходимость внедрения целенаправленных мероприятий для снижения профессиональных рисков, особенно у пожилых сотрудников и тех, кто подвергается экстремальным температурам или работает по скользящему графику.

Ключевые слова: метаболический синдром, работающие, профессиональные вредности.

Для цитирования: Мохаммади С, Лаббафинеждад Я, Багери Э, Алаэй Джанат-Макан М, Акбари М, Чиничиан М, Кассири Н. Возраст, тепловой стресс и сменная работа как факторы метаболического синдрома у промышленных рабочих: кросс-секционное исследование. *Вестник Авиценны*. 2025;27(3):593-604. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-3-593-604>

AGE, HEAT STRESS, AND SHIFT WORK AS DETERMINANTS OF METABOLIC SYNDROME IN INDUSTRIAL WORKERS: A CROSS-SECTIONAL STUDY

S. MOHAMMADI¹, Y. LABBAFINEJAD¹, E. BAGHERI², M. ALAEI JANAT-MAKAN², M. AKBARI³, M. CHINICHIAN^{1,4},
N. KASSIRI^{1,3}

¹ Occupational Medicine Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² West Health Center of Tehran, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Department of Occupational Medicine, School of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Metabolic syndrome (MetS) is recognized as a major global public health issue. Current estimates suggest that MetS affects around 20-30% of the adult population worldwide, though its prevalence varies significantly across different regions and demographic groups.

Objective: To explore the relationship between MetS and occupational or environmental factors among industrial workers and provide insights to guide workplace health interventions and preventive measures.

Methods: This cross-sectional descriptive-analytic study was conducted on a sample of 2,526 workers who underwent occupational health evaluations at the Occupational Health Clinic from 21 March 2023 to 21 July 2024. MetS was diagnosed based on the NCEP ATP III criteria, which require the presence of at least three of the following risk factors: elevated triglyceride levels, reduced high density lipoprotein cholesterol levels, high blood pressure, increased fasting blood glucose levels, and abdominal obesity.

Results: Out of 2,526 participants, 1,981 were male (78.4%) and 545 were female (21.6%). The mean of age was 39.74 years. The prevalence of MetS was 11%, with higher rates observed in older workers, males, smokers, married individuals, and those exposed to occupational heat stress, noise, and shift work. Logistic regression analysis identified significant associations between MetS and factors such as age, heat stress exposure, and shift work ($p < 0.05$).

Conclusion: The study highlights a strong link between age, occupational heat stress, shift work, and the prevalence of MetS in workers. These findings underscore the importance of implementing tailored interventions to mitigate occupational risks, particularly for older employees and those exposed to extreme temperatures or irregular work schedules.

Keywords: Metabolic syndrome, workers, occupational exposures.

For citation: Mohammadi S, Labbafinejad Y, Bagheri E, Alaei Janat-Makan M, Akbari M, Chinichian M, Kassiri N. Age, heat stress, and shift work as determinants of metabolic syndrome in industrial workers: A cross-sectional study. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2025;27(3):593-604. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-3-593-604>

ВВЕДЕНИЕ

Метаболический синдром (МС) – это совокупность взаимосвязанных факторов риска, значительно повышающих вероятность развития сахарного диабета II типа и сердечно-сосудистых заболеваний [1]. К этим факторам относятся инсулинорезистентность, абдоминальное ожирение, повышенное артериальное давление и дислипидемия [2]. Помимо увеличения риска указанных заболеваний, МС также связан с повышенной вероятностью преждевременной смерти [3]. Рост его распространённости делает эту проблему крайне актуальной на глобальном уровне [4].

По данным исследований, от 20% до 30% взрослого населения в различных странах страдает МС [5], хотя уровень его распространённости зависит от популяции. Например, в 10 европейских странах показатель составляет 24,3 % [6], в Турции – 27,21 % [7], в Таджикистане – от 7,2% до 13,5% [8], а в Бангладеш – 30,0% [9]. В Иране распространённость МС варьирует от 13% до 37% в зависимости от исследуемой выборки и использованных диагностических критериев [10]. В ряде исследований уже рассматривалась эпидемиология МС в различных регионах страны [11, 12], однако лишь немногие сосредоточены на профессиональных группах.

МС обычно диагностируется на основании критериев, разработанных четырьмя основными платформами: Европейской группой по изучению инсулинорезистентности, ВОЗ, Международной федерацией диабета (IDF) и Национальной образовательной программой по холестерину (NCEP) – панель по лечению взрослых III (ATP III). Несмотря на некоторые различия, все эти программы включают такие параметры, как нарушенная толерантность к глюкозе, повышение уровня гликемии натощак, дислипидемия, ожирение и артериальная гипертензия (по критериям ВОЗ). Критерии NCEP ATP III фокусируются на артериальном давлении, окружности талии, уровне триглицеридов, уровне глюкозы натощак и уровне холестерина ЛПВП [12].

Иран, с населением более 80 миллионов человек, представляющий собой широкий спектр этнических, социально-экономических и культурных групп, имеет уникальные условия, способствующие разнообразию в распространённости МС [13]. Учитывая эту вариативность, крайне важно проводить отдельные исследования в различных популяциях. Анализ распространённости МС среди работников, находящихся под наблюдением Западного центра здравоохранения Тегерана, может дать ценную информацию о состоянии здоровья данной группы лиц. Это, в свою очередь, поможет усовершенствовать политику в области здравоохранения и меры профилактики заболеваний. Кроме того, использование мультивариантного анализа с учётом местных и культурных особенностей позволит выявить слабые места и специфические потребности данной проблемы. Таким образом, проведение данного исследования может значительно способствовать укреплению здоровья населения и повышению качества профилактических программ.

INTRODUCTION

Metabolic syndrome (MetS) refers to a group of interconnected risk factors that substantially elevate the risk of developing type 2 diabetes and cardiovascular diseases [1]. These factors include insulin resistance (IR), central obesity, elevated blood pressure (BP), and dyslipidemia [2]. In addition to heightening the risk for these conditions, MetS is associated with a greater likelihood of early mortality [3]. Its rising prevalence has made it a pressing global health concern [4]. Studies estimate that 20-30% of adults in various countries are affected by MetS [5], though prevalence rates differ among populations. For example, the prevalence has been reported as 24.3% in 10 European nations [6], 27.21% in Turkey [7], 7.2 to 13.5% in Tajikistan [8], and 30.0% in Bangladesh [9]. In Iran, MetS prevalence has been reported from 13% to 37%, depending on study populations and diagnostic criteria [10]. Several studies have explored the epidemiology of MetS across different regions of the country [11, 12], but limited research has been conducted on its prevalence among specific occupational groups.

MetS is commonly defined through four major frameworks: The European Group for the Study of Insulin Resistance, the World Health Organization (WHO) definition, the International Diabetes Federation (IDF) and the National Cholesterol Education Program (NCEP) Adult Treatment Panel III (ATP III). While these definitions have slight variations, they generally include risk factors such as impaired glucose tolerance (IGT), impaired fasting glucose (IFG), dyslipidemia, obesity, and hypertension (WHO criteria). The NCEP ATP III criteria focus on BP, waist circumference (WC), triglycerides (TG), fasting blood sugar (FBS), and high-density lipoprotein (HDL) cholesterol levels [12].

Iran, with its population of over 80 million people from diverse ethnic backgrounds and lifestyles, presents unique environmental, socio-economic and cultural factors, that likely influence the distribution of MetS prevalence [13]. Given the variation in prevalence across populations, independent studies on MetS in diverse groups are crucial. Examining the prevalence of MetS in the working population covered by the West Tehran Health Center will provide important information about the health status of this group. This information could help improve health policies and disease prevention efforts. Additionally, multivariate data analysis considering local and cultural differences can highlight weaknesses and specific needs of the community. For this reason, conducting this study could significantly contribute to improving community health and enhancing health programs.

PURPOSE OF THE STUDY

To explore the relationship between MetS and occupational or environmental factors among industrial workers and provide

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить взаимосвязь между МС и профессиональными или экологическими факторами среди промышленных рабочих и дать рекомендации по профилактическим и оздоровительным мерам на рабочих местах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Настоящее описательно-аналитическое поперечное исследование проводилось среди рабочих, зарегистрированных в Западном центре здравоохранения Тегерана, в период с 21 марта 2023 г. по 21 июля 2024 г. В Иране в соответствии с трудовым законодательством обязательные профосмотры проводятся ежегодно под контролем центров здравоохранения. Поскольку большинство промышленных предприятий Тегерана расположено на западе города, исследование охватывало рабочих фабрик и мастерских, находящихся под наблюдением Западного центра здравоохранения.

Профосмотры проводились в академической клинике профессиональной патологии – крупнейшем учреждении подобного рода на западе Тегерана, в которой за данное время прошли ежегодные профосмотры 2542 человека. В исследование включались участники, регулярно проходившие медицинский осмотр, и исключались больные с врожденными метаболическими заболеваниями, сердечной недостаточностью, заболеваниями почек, вторичной гипертензией или принимавшие лекарства, способные повлиять на изучаемые показатели. В итоге из исследования было исключено 9 человек с почечной недостаточностью, 4 – с сердечной недостаточностью и 3 – с вторичной гипертензией. Таким образом, в исследование вошло 2526 участников.

Данные были получены из медицинских карт работников и включали демографические сведения (пол, возраст, уровень образования, семейное положение, наличие вредной привычки курения), профессиональные воздействия и данные клинического обследования (окружность талии, артериальное давление, уровень глюкозы натощак, триглицеридов и ЛПВП). Перед проведением осмотров опытный врач по профпатологии производил обход производственных помещений для выявления потенциальных профессиональных вредностей.

Определения профессиональных воздействий

- **Тепловой стресс:** воздействие определялось на основе оценки условий труда, проведенной специалистами по гигиене труда с использованием индекса WBGT (Wet Bulb Globe Temperature – температура по мокрому шаровому термометру). Работники считались подверженными тепловому стрессу, если значение WBGT превышало 28°C при умеренной физической нагрузке (в соответствии со стандартом ISO 7243) [14].
- **Шум:** воздействие оценивалось с помощью персональных дозиметров при плановых производственных обследованиях. Сотрудники считались подверженными воздействию шума, если их среднесуточное (за 8 часов) значение шума превышало 85 дБ(А), согласно допустимым пределам, рекомендованным OSHA [15].
- **Растворители:** в числе изученных растворителей – бензол, толуол и ксилол, как наиболее часто применяемые в анализируемых отраслях промышленности. Воздействие определялось на основе анализа воздуха и сравнивалось с предельно допустимыми концентрациями по OSHA [15].

insights to guide workplace health interventions and preventive measures.

METHODS

This descriptive-analytical cross-sectional study was conducted on workers registered with the West Tehran Health Center between March 21, 2023, and July 21, 2024. In Iran, according to the labor law, annual occupational examinations are required, and these examinations are carried out under the supervision of health centers. Since most of the industrial fields of Tehran city are located in the west, the information in our article is from the workers of factories and workshops covered by the health center of West Tehran. The annual occupational examinations were performed in an academic occupational medicine clinic, which is the largest academic occupational medicine clinic located in the west of Tehran.

A total of 2,542 participants underwent annual occupational health examinations at the Occupational Health Clinic. Participants were included if they attended regular health screenings and excluded if they had metabolic congenital diseases, heart failure, renal disease, secondary hypertension, or medications that could interfere with the study's variables. Finally, 9 participants were excluded due to kidney failure, 4 with heart failure, 3 with secondary hypertension, and the study was conducted on 2526 participants.

The study gathered data from the occupational health records of the workers, which included demographic information (gender, age, education level, marital status, and smoking habits), occupational exposures, and clinical measurements (WC, BP, FBS, TG and HDL levels). Before conducting the health examinations, an experienced occupational health professional performed a walk-through survey at the workplace to identify potential occupational exposures.

Definition of occupational exposures

- **Heat stress:** Heat stress exposure was determined based on workplace measurements conducted by occupational health experts using the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) index. Workers were considered exposed if their WBGT exceeded the recommended threshold of 28°C for moderate workloads (as per ISO 7243 standards) [14].
- **Noise:** Noise exposure was assessed through personal dosimetry during routine workplace assessments. Workers were classified as exposed if their 8-hour Time-Weighted Average (TWA) exceeded 85 dB(A), in line with the permissible exposure limit recommended by OSHA [15].
- **Solvents:** The solvents assessed included benzene, toluene, and xylene, which were identified as commonly used in the studied industries. Exposure was determined through air sampling and compared with the permissible exposure limits recommended by OSHA [15].
- **Metal fumes:** Workers exposed to metal fumes, such as welding fumes (iron oxides), were classified based on air sampling results exceeding the permissible exposure limits recommended by OSHA [15].
- **Gases:** Gaseous exposures, including carbon monoxide (CO) and sulfur dioxide (SO₂), were monitored using di-

- **Металлические аэрозоли:** воздействие, например, сварочных дымов (оксиды железа), оценивалось по результатам проб воздуха. Работники считались подверженными, если показатели превышали допустимые значения по OSHA [15].
- **Газы:** воздействие угарного газа (CO) и диоксида серы (SO₂) отслеживалось с помощью прямо показывающих приборов. Пороговыми считались значения, превышающие 50 ppm для CO и 5 ppm для SO₂ (по рекомендациям OSHA) [15].
- **Неионизирующее излучение:** работники считались подверженными ему, если их трудовая деятельность включала длительное воздействие ультрафиолетового (УФ), радиочастотного (РЧ) излучения или электромагнитных полей (ЭМП) – на основании результатов ежегодных медосмотров.
- **Ионизирующее излучение:** сотрудники, работавшие в условиях измеряемого уровня ионизирующего излучения (например, рентгеновского или гамма-излучения), превышающего допустимые нормы OSHA, относились к подверженным категориям [15].
- **Вибрация:** воздействие фиксировалось у работников, использующих ручные виброинструменты (например, шлифовальные машины, дрели), либо находящихся в зонах общей вибрации тела (например, работа с тяжёлой техникой), при превышении допустимых уровней по OSHA [15] или ISO 2631-1 [16].
- **Влажность:** подверженность высокой влажности фиксировалась при уровне относительной влажности более 75%, согласно данным ежегодных обследований рабочих условий.
- **Пыль:** воздействие пыли классифицировалось как «имеющее место» в случае превышения уровней твёрдых частиц (например, вдыхаемая кремниевая или органическая пыль) предельно допустимых значений по OSHA [15].
- **Кислоты и щёлочи:** работники считались подверженными им, если регулярно работали с сильными кислотами (например, серной кислотой) или щёлочами (например, гидроксидом натрия) в концентрациях, превышающих рекомендуемые нормы безопасности OSHA [15].
- **Сменная работа:** определялась как любая форма трудовой занятости, выходящая за рамки стандартного дневного графика с 7:00 до 18:00 [17].

Диагностика метаболического синдрома

МС диагностировался в соответствии с критериями NCEP ATP III [18], которые требуют наличия как минимум трёх из следующих признаков:

- **Окружность талии (WC):** более 102 см (40 дюймов) у мужчин или более 88 см (35 дюймов) у женщин;
- **Триглицериды (TG):** ≥150 мг/дл или приём лекарств для их коррекции;
- **Холестерин ЛПВП (HDL):** <40 мг/дл у мужчин или <50 мг/дл у женщин, либо приём медикаментов для повышения его уровня;
- **Глюкоза натощак (FBS):** >100 мг/дл или приём лекарств для её снижения;
- **Артериальное давление (АД):** систолическое >130 мм Hg или диастолическое >85 мм Hg, либо приём антигипертензивных препаратов.

rect-reading instruments. Workers were considered exposed if levels exceeded 50 ppm for CO and 5 ppm for SO₂, as per OSHA guidelines [15].

- **Non-ionizing radiation:** Workers were classified as exposed if their occupational tasks involved prolonged exposure to sources such as ultraviolet (UV) radiation, radiofrequency (RF) radiation, or electromagnetic fields (EMF), based on annual occupational health evaluations.
- **Ionizing radiation:** Workers were categorized as exposed if they worked in environments with measurable levels of ionizing radiation (e.g., X-rays, gamma rays) exceeding OSHA's permissible exposure limits (PEL) during routine workplace evaluations [15].
- **Vibration:** Exposure to vibration was classified as "Yes" for workers who operated handheld vibrating tools (e.g., grinders, drills) or worked in environments with whole-body vibration (e.g., heavy machinery) exceeding OSHA [15] or ISO 2631-1 guidelines [16].
- **Humidity:** Workers were considered exposed if their workplace conditions involved high levels of relative humidity, typically exceeding 75%, as recorded during annual workplace assessments or health evaluations.
- **Dusts:** Exposure to dusts was categorized as "Yes" for workers operating in environments with particulate matter levels (e.g., respirable silica or organic dusts) exceeding OSHA's PELs during workplace evaluations [15].
- **Acid and bases:** Workers were classified as exposed if they regularly handled or were in proximity to strong acids (e.g., sulfuric acid) or bases (e.g., sodium hydroxide) at concentrations exceeding OSHA-recommended safety thresholds [15], based on workplace evaluations.
- **Shift work** was defined as any work schedule that falls outside the standard daytime hours of 7:00 AM to 6:00 PM [17].

MetS diagnosis

MetS was identified using the NCEP ATP III criteria [18], which require the presence of at least three of the following conditions:

- **WC** greater than 40 inches for men or 35 inches for women.
- **TG** ≥150 mg/dL or the use of medications to manage its level.
- **HDL** <40 mg/dL in men or <50 mg/dL in women, or the use of medications to increase its levels.
- **FBS** >100 mg/dL or the use of medications to control blood sugar.
- **Systolic BP** >130 mm Hg or diastolic BP >85 mm Hg, or the use of antihypertensive medication.

Statistical analysis

Data analysis was performed using SPSS version 24. Descriptive statistics were calculated to summarize the demographic and occupational characteristics of the participants. Continuous variables are presented as mean ± standard deviation (SD), and categorical variables are presented as frequencies and percentages. To assess the normality of continuous data, the Shapiro-Wilk test was performed. To compare the differences between groups, independent t-tests were applied for continuous variables, and

Статистический анализ

Анализ данных проводился с использованием программно-обеспечения SPSS версии 24. Описательная статистика применялась для суммирования демографических и профессиональных характеристик участников. Непрерывные переменные представлены в виде среднего значения $\pm$ стандартное отклонение (SD), категориальные – в виде частот и процентов. Для оценки нормальности распределения непрерывных переменных применялся критерий Шапиро-Уилка. Сравнение между группами проводилось с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок (непрерывные переменные) и критерия хи-квадрат (категориальные переменные). Для оценки связи между множественными независимыми переменными и наличием МС применялось логистическое регрессионное моделирование с корректировкой на потенциальные факторы, влияющие на результаты исследования. В модель включались переменные, связанные с МС, статистически значимые при однофакторном анализе. Рассчитывались отношения шансов (ОШ) с 95% доверительными интервалами (ДИ). Статистическая значимость устанавливалась на уровне $p < 0,05$.

Этические соображения

Исследование получило одобрение Этического комитета по медицинским исследованиям Иранского университета медицинских наук 5 февраля 2024 года (код: IR.IUMS.REC.1402.1041). От всех участников было получено письменное информированное согласие. Работа проводилась в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего в исследование было включено 2526 работников, прошедших ежегодные профосмотры в клинике профпатологии, в соответствии с критериями включения и исключения. Среди них были 1981 мужчина (78,4%) и 545 женщин (21,6%). Женатыми или замужними оказались 1522 участника (60,3%). Лишь 498 человек (19,3%) сообщили о наличии вредной привычки к курению.

Распределение по уровню образования выглядело следующим образом:

- неполное среднее – 21,3%
- среднее – 41%
- средне-специальное – 8,2%
- высшее (бакалавр) – 21,7%
- магистратура – 6,6%
- докторская степень – 1,2%

Согласно критериям NCEP ATP III, общая распространённость МС среди участников составила 11% (270 человек), причём среди мужчин она составила 12,1%, а среди женщин – 7%.

В табл. 1 представлены показатели распространённости МС в зависимости от демографических и профессиональных факторов. У лиц с МС средний возраст был значительно выше, чем у лиц без МС ($39,74 \pm 10,19$ против $34,91 \pm 9,61$ лет, $p < 0,05$). МС чаще встречался у мужчин, у женатых/замужних и у лиц с уровнем образования ниже среднего – эти различия были статистически значимыми ($p < 0,05$).

Также была выявлена значимая связь между наличием МС и профессиональными факторами, включая воздействие шума, теплового стресса, растворителей, металлических аэрозолей и сменной работы ($p < 0,05$).

После корректировки на факторы, потенциально влияющие на результаты исследования, многовариантная логистическая регрессионная модель (табл. 2) показала, что связь между возрас-

chi-square tests were used for categorical variables. For examining the association between multiple independent variables and MetS, logistic regression modeling was employed to adjust for potential confounding factors. The variables included in the logistic regression model were selected based on their known association with MetS and their statistical significance in the univariate analysis. The odds ratios (ORs) with 95% confidence intervals (CIs) were calculated to assess the magnitude of the associations. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Ethical considerations

The study received ethical approval from the Medical Research Ethics Center of Iran University of Medical Sciences on February 5, 2024, under the code IR.IUMS.REC.1402.1041. Written informed consent was obtained from all participants. The research adhered to the principles outlined in the Declaration of Helsinki to ensure ethical compliance.

RESULTS

A total of 2,526 employees who attended the Occupational Medicine Clinic for occupational health examinations, participated in the study based on inclusion and exclusion criteria. Of the participants, 1,981 (78.4%) were men and 545 (21.6%) were women. A total of 1,522 participants (60.3%) were married. Among the participants, only 498 (19.3%) reported a history of smoking. The level of education of the participants was:

- below high school diploma – 21.3%
- high school diploma – 41%
- associate degree – 8.2%
- bachelor's degree – 21.7%
- master's degree – 6.6%
- doctorate – 1.2%

According to the NCEP ATP III criteria, the overall prevalence of MetS among participants reported 11% (270 individuals), with rates of 12.1% in men and 7% in women.

Table 1 highlights the MetS prevalence based on demographic and occupational variables. Individuals with MetS had a significantly higher average age compared to those without (39.74 ± 10.19 vs. 34.91 ± 9.61 , $p < 0.05$). The prevalence of MetS was notably higher among men, married participants and participants with an education level below high school diploma. These differences were statistically significant ($p < 0.05$).

MetS prevalence was also associated with occupational factors, including exposure to noise, heat stress, solvents, metal fumes, and shift work ($p < 0.05$).

After adjusting for potential confounders, the multivariate logistic regression model (Table 2) showed that the relationship between age, shift work, and heat stress with MetS remained significant. In contrast, other variables such as exposure to noise, solvents, and metal fumes were not statistically significant in the multivariate analysis. These findings highlight the complex interaction between age, occupational conditions, and the risk of MetS.

DISCUSSION

MetS represents a cluster of interconnected metabolic abnormalities, including abdominal obesity, hypertension, dysregulated glucose metabolism, dyslipidemia, and IR [1]. These conditions collectively increase the risk of chronic diseases such as certain cancers, type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disorder

Таблица 1 Связь между демографическими и профессиональными факторами и МС

Table 1 Association between occupational and demographic factors and MetS

		MC MetS positive 270 (11%)	Отсутствие MC MetS negative 2188 (89%)	ОШ (95% ДИ) OR (95% CI)
Пол Gender	Мужской/Male	233 (12.1%)	1696 (87.9%)	0.54 (0.38-0.78)
	Женский/Female	37 (7%)	492 (93%)	
Семейное положение Marital status	Холост/Не замужем/ Single	70 (7.1%)	911 (92.9%)	2.0 (1.53-2.71)
	Женат/Замужем/Married	200 (13.5%)	1277 (86.5%)	
Курение Smoking	Нет/No	208 (10.6%)	1763 (89.4%)	1.23 (0.97-1.67)
	Да/Yes	62 (12.7%)	425 (87.3%)	
Уровень образования Education level	Бакалавриат/Студент Undergraduate	179 (11.8%)	1337 (88.2%)	0.75 (0.57-0.98)
	Аспирантура/Магистратура Postgraduate	84 (9.1%)	835 (90.9%)	
Воздействие шума Exposure to noise	Да/Yes	146 (13.2%)	957 (86.8%)	1.51 (1.17-1.95)
	Нет/No	124 (9.2%)	1231 (90.8%)	
Воздействие неионизирующего излучения Exposure to nonionizing radiation	Да/Yes	113 (10.3%)	985 (89.7%)	0.87 (0.68-1.13)
	Нет/No	157 (11.5%)	1203 (88.5%)	
Воздействие ионизирующего излучения Exposure to ionizing radiation	Да/Yes	0 (0%)	10 (100%)	0.89 (0.87-0.90)
	Нет/No	270 (11%)	2178 (89%)	
Воздействие теплового стресса Exposure to heat stress	Да/Yes	18 (25.4%)	53 (74.6%)	2.8 (1.65-4.98)
	Нет/No	252 (10.6%)	2135 (89.4%)	
Воздействие вибрации Exposure to vibration	Да/Yes	1 (10%)	9 (90%)	0.90 (0.11-7.13)
	Нет/No	269 (11%)	2179 (89%)	
Воздействие влажности Exposure to humidity	Да/Yes	2 (4.7%)	41 (95.3%)	0.39 (0.09-1.62)
	Нет/No	268 (11.1%)	2147 (88.9%)	
Воздействие растворителей Exposure to solvents	Да/Yes	65 (15%)	367 (85%)	1.57 (1.16-2.12)
	Нет/No	205 (10.1%)	1821 (89.9%)	
Воздействие газов Exposure to gases	Да/Yes	15 (8%)	172 (92%)	0.68 (0.40-1.18)
	Нет/No	255 (11.2%)	2016 (88.8%)	
Воздействие пыли Exposure to dusts	Да/Yes	46 (8.9%)	471 (91.1%)	0.74 (0.53-1.04)
	Нет/No	224 (11.5%)	1717 (88.5%)	
Воздействие кислот и щёлочей Exposure to acid-bases	Да/Yes	3 (8.1%)	34 (91.9%)	0.71 (0.21-2.33)
	Нет/No	267 (11%)	2154 (89%)	
Воздействие паров металлов Exposure to metal fumes	Да/Yes	20 (21.5%)	73 (78.5%)	2.31 (1.38-3.86)
	Нет/No	250 (10.6%)	2115 (89.4%)	
Сменная работа Shiftwork	Да/Yes	30 (17.8%)	139 (82.2%)	1.84 (1.21-2.79)
	Нет/No	240 (10.5%)	2049 (89.5%)	

том, сменной работой и тепловым стрессом с МС остаётся статистически значимой. Напротив, другие переменные, такие как воздействие шума, растворителей и металлических аэрозолей, не продемонстрировали статистически значимой связи в многовариантном анализе. Эти результаты подчёркивают сложное взаимодействие между возрастом, условиями труда и риском развития МС.

ОБСУЖДЕНИЕ

МС представляет собой совокупность взаимосвязанных метаболических нарушений, включая абдоминальное ожирение, артериальную гипертензию, нарушение углеводного обмена, дислипидемию и инсулинорезистентность [1]. Совокупно эти состояния повышают риск развития хронических заболеваний, таких как некоторые виды рака, сахарный диабет II типа, сердечно-сосуди-

ders, and heightened mortality rates [3]. Accordingly, MetS has surfaced as a critical global public health issue [1].

In this study, based on the NCEP ATP III criteria, the prevalence of MetS among 2,526 workers was 11%. This lower prevalence could be attributed to the "healthy worker effect", a phenomenon where workers have better general health conditions than the general population. This selection bias occurs because individuals with better physical fitness are more likely to be employed in industrial settings, potentially leading to a decline in prevalence of MetS in comparison with the broader population.

After accounting for potential confounders, significant associations persisted between MetS and factors such as age, heat stress exposure, and shift work (p-value <0.05).

Aging is a recognized risk factor for the onset and progression of metabolic diseases due to physiological changes that dis-

Таблица 2 Анализ факторов, связанных с МС – логистическая регрессия

Table 2 Analysis of factors linked to MetS – logistic regression

	В (Коэффициент) B (Coefficient)	Стандартная ошибка (SE) Standard error (SE)	Вальд Wald	Exp(B) (ОШ) Exp(B) (Odds Ratio)	95% ДИ/95% CI	
					Нижний уровень Lower	Верхний уровень Upper
Возраст Age	.039	.008	25.811	1.040	1.025	1.056
Пол Gender	.264	.200	1.734	1.302	.879	1.929
Семейное положение Marital status	-.171	.171	.998	.843	.603	1.179
Образование Education	-.099	.154	.417	.905	.670	1.224
Воздействие шума Noise exposure	-.160	.146	1.197	.852	.641	1.135
Тепловой стресс Heat stress	-1.010	.290	12.144	.364	.206	.643
Растворители Solvents	-.219	.167	1.735	.803	.579	1.113
Пары металлов Metal fumes	-.498	.275	3.277	.608	.355	1.042

стые заболевания и повышенная смертность [3]. В связи с этим МС стал важнейшей глобальной проблемой общественного здравоохранения [1].

В настоящем исследовании, проведенном на основе критериев NCEP ATP III, распространенность МС среди 2526 рабочих составила 11%. Это относительно низкое значение может быть обусловлено так называемым «эффектом здорового работника» – феноменом, при котором работающее население в среднем отличается лучшим состоянием здоровья по сравнению с общей популяцией. Такой систематический сдвиг связан с тем, что физически более здоровые и выносливые люди чаще трудоустраиваются на производственные предприятия, что может снижать наблюдаемую распространенность МС.

После корректировки на факторы, потенциально влияющие на результаты исследования, сохранялась статистически значимая связь между МС и возрастом, воздействием теплового стресса и сменной работой ($p < 0,05$).

Возраст признан важным фактором риска возникновения и прогрессирования метаболических нарушений, поскольку физиологические возрастные изменения нарушают метаболический гомеостаз и повышают вероятность развития таких заболеваний [18-20]. Одним из ключевых возрастных изменений является снижение основного обмена веществ. Если калорийность питания не корректируется, это может приводить к увеличению массы тела и инсулинорезистентности [21]. Инсулинорезистентность – это снижение чувствительности тканей (в частности, мышц, печени и жировой ткани) к действию инсулина. Это нарушает утилизацию глюкозы и вызывает компенсаторную гиперсекрецию инсулина β -клетками поджелудочной железы, что со временем приводит к гиперинсулинемии [22, 23]. С возрастом чувствительность к инсулину, как правило, продолжает снижаться.

Возраст также влияет на состав тела: уменьшается мышечная масса и увеличивается количество жировой ткани [24]. Это состояние известно как саркопеническое ожирение, и оно играет ключевую роль в развитии метаболических нарушений, значительно повышая риск МС [24, 25]. Кроме того, возрастные гормональные изменения, такие как снижение уровня инсулинопод-

rupt metabolic balance and heighten the likelihood of metabolic disorders [18-20]. A notable age-related change is a decline in metabolic rate. If caloric intake is not adjusted, this decrease can lead to weight gain and IR [21]. IR refers to the impaired response to insulin, particularly in tissues such as the muscles, liver, and adipose tissue. This dysfunction impairs glucose utilization, triggering a compensatory response in which β -cells increase insulin producing. Over time, this heightened production leads to hyperinsulinemia [22, 23]. Insulin sensitivity tends to decline further with age.

Aging also influences body composition, promoting the muscle mass decline and body fat increase [24]. This phenomenon, referred to as sarcopenic obesity, plays a critical role in the onset of metabolic disorders and significantly increases the likelihood of developing metabolic diseases [24, 25]. Additionally, hormonal changes associated with aging play a role in metabolic dysfunction. As individuals age, there is a natural decline in levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and growth hormone [26, 27]. This decline contributes to increased abdominal fat accumulation and a reduction in muscle mass, which are linked to glucose intolerance, and an elevated risk of developing diabetes [28, 29]. Additionally, aging is associated with an increase in other risk factors, including decreased physical activity, sedentary lifestyles, and long-term exposure to environmental/occupational stressors, all of which further amplify the likelihood of metabolic diseases [30].

Shiftwork emerged as a significant risk factor for MetS in this study, consistent with prior research findings [31-33]. The disruption of circadian rhythms caused by shift work is believed to play a crucial role in increasing IR and promoting the accumulation of abdominal fat, both of which are central components of MetS. Moreover, shift work interferes with natural sleep patterns, hormone regulation, and metabolic processes [34-37]. However, some studies have indicated that shift work may not have a significant impact on the risk of developing MetS [37, 38].

This study, similar to previous studies [39], confirms the association between heat stress exposure and MetS. Prolonged ex-

добного фактора роста-1 (IGF-1) и соматотропного гормона, также способствуют ухудшению метаболического состояния [26, 27]. Это приводит к усиленному отложению абдоминального жира и снижению мышечной массы, что связано с ухудшением толерантности к глюкозе и повышенным риском диабета [28, 29]. С возрастом также увеличивается влияние других факторов риска, таких как снижение физической активности, малоподвижный образ жизни и длительное воздействие профессиональных или экологических стрессоров, что дополнительно повышает вероятность метаболических заболеваний [30].

Сменная работа оказалась значимым фактором риска развития МС в данном исследовании, что согласуется с результатами предыдущих работ [31-33]. Нарушение циркадных ритмов при сменной работе считается важным механизмом, способствующим развитию инсулинорезистентности и абдоминального ожирения – ключевых компонентов МС. Кроме того, сменная работа нарушает естественные циклы сна, гормональную регуляцию и метаболические процессы [34-37]. Тем не менее, отдельные исследования показали отсутствие значимой связи между сменной работой и риском развития МС [37, 38].

Настоящее исследование, в соответствии с данными других авторов [39], подтверждает наличие связи между воздействием теплового стресса и МС. Продолжительное воздействие высоких температур может снижать энергетические затраты организма, способствуя ожирению и развитию МС [40]. С другой стороны, тепловой стресс может вызывать обезвоживание, повышение температуры тела и дополнительную нагрузку на сердечно-сосудистую систему. Совокупность этих факторов может усиливать физиологический стресс, нарушая углеводный обмен, повышая артериальное давление и изменяя липидный профиль – все это ключевые элементы МС. Взаимодействие указанных факторов может привести к порочному кругу, ускоряющему развитие метаболической дисфункции [41].

В ходе исследования была зафиксирована первоначальная связь между воздействием производственного шума и распространённостью МС. Известно, что шум вызывает стрессовые реакции, которые могут способствовать метаболическим нарушениям через повышение уровня кортизола, увеличение АД и нарушение сна [42]. Некоторые работы демонстрируют связь хронического воздействия шума с метаболическими расстройствами, включая гипертензию, дислипидемию и нарушение толерантности к глюкозе [42-44]. Однако после учёта факторов, потенциально влияющих на результаты исследования, статистическая значимость этой связи в нашем исследовании исчезла. Это может указывать на то, что, несмотря на роль шума, как стрессогенного фактора, его влияние на МС менее выражено по сравнению с другими профессиональными рисками, такими как тепловой стресс и сменная работа. Также возможно, что на результат повлиял «эффект здорового работника»: лица с лучшим здоровьем чаще продолжают работать в условиях шума. Необходимы дальнейшие проспективные исследования для изучения долгосрочного воздействия шума на метаболическое здоровье и более глубокого понимания его роли в развитии МС.

Воздействие органических растворителей ассоциировано с различными неблагоприятными эффектами для здоровья, включая поражение центральной нервной системы, токсическое воздействие на печень и респираторные заболевания [45]. Некоторые публикации указывают на возможную связь хронического воздействия растворителей с метаболическими нарушениями, что может быть обусловлено влиянием на функции печени и регуляцию углеводного и липидного обмена [45-47]. В нашем исследовании

воздействие на высокие температуры было показано, что способствует снижению энергетических затрат, потенциально способствуя ожирению и МС [40]. С другой стороны, тепловой стресс может вызывать обезвоживание, повышение температуры тела и дополнительную нагрузку на сердечно-сосудистую систему. Комбинация этих стрессоров может усугублять физиологический стресс, приводя к нарушению метаболизма глюкозы, повышенному АД, и изменениям в липидном профиле – все это ключевые компоненты МС. Взаимодействие между этими факторами может создать порочный круг, который ускоряет метаболическую дисфункцию [41].

В этом исследовании была обнаружена начальная корреляция между воздействием производственного шума и распространённостью МС. Воздействие шума известно как фактор, способствующий стрессовым реакциям, которые могут способствовать метаболическим нарушениям через повышение уровня кортизола, увеличение АД, и нарушение сна [42]. Некоторые исследования показали корреляцию между хроническим воздействием шума и метаболическими нарушениями, включая повышенное АД, дислипидемию, и глюкозную толерантность [42-44]. Однако, после контроля за потенциальными факторами-помехами, упомянутая взаимосвязь перестала быть статистически значимой в нашем анализе. Этот результат предполагает, что хотя шум может играть роль в стрессе и метаболическом нарушении, его влияние на МС может быть затенено более сильными факторами риска, такими как тепловой стресс и сменная работа. Также возможно, что «эффект здорового работника», где более здоровые люди с большей вероятностью продолжают работать в условиях шума, повлияло на результаты. Для дальнейшего выяснения долгосрочного влияния производственного шума на метаболическое здоровье и более глубокого понимания его роли в развитии МС необходимы дальнейшие исследования.

Воздействие органических растворителей связано с различными неблагоприятными эффектами для здоровья, включая поражение центральной нервной системы, токсическое воздействие на печень и респираторные заболевания [45]. Некоторые публикации указывают на возможную связь хронического воздействия растворителей с метаболическими нарушениями, что может быть обусловлено влиянием на функции печени и регуляцию углеводного и липидного обмена [45-47]. В нашем исследовании

Воздействие органических растворителей ассоциировано с различными неблагоприятными эффектами для здоровья, включая поражение центральной нервной системы, токсическое воздействие на печень и респираторные заболевания [45]. Некоторые публикации указывают на возможную связь хронического воздействия растворителей с метаболическими нарушениями, что может быть обусловлено влиянием на функции печени и регуляцию углеводного и липидного обмена [45-47]. В нашем исследовании

Воздействие органических растворителей ассоциировано с различными неблагоприятными эффектами для здоровья, включая поражение центральной нервной системы, токсическое воздействие на печень и респираторные заболевания [45]. Некоторые публикации указывают на возможную связь хронического воздействия растворителей с метаболическими нарушениями, что может быть обусловлено влиянием на функции печени и регуляцию углеводного и липидного обмена [45-47]. В нашем исследовании

довании на начальном этапе была обнаружена связь между воздействием растворителей и МС. Однако после корректировки на такие факторы, как возраст и профессиональные условия (в том числе тепловой стресс и сменная работа), эта связь утратила статистическую значимость. Это может свидетельствовать о том, что само по себе воздействие растворителей не оказывает существенного влияния на развитие МС у рабочих, либо что на результат повлияли другие, более мощные факторы, такие как образ жизни и индивидуальная предрасположенность, которые не были полностью учтены в данном анализе.

Воздействие металлических аэрозолей, особенно в промышленных условиях, связано с заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Вдыхание таких частиц может вызывать окислительный стресс и воспалительные реакции – известные механизмы, способствующие метаболическим нарушениям [48-50]. В начальной фазе нашего исследования была выявлена потенциальная связь между воздействием металлических аэрозолей и повышенным риском развития МС, что согласуется с данными других работ, описывающих влияние тяжёлых металлов, таких как кадмий и свинец, на метаболические процессы [47].

Однако после корректировки на ключевые смешивающие факторы – возраст, тепловой стресс и сменную работу – данная связь утратила статистическую значимость. Это может свидетельствовать о том, что, несмотря на участие металлических аэрозолей в формировании окислительного стресса и воспаления [47], их влияние на метаболическое здоровье у промышленных рабочих менее значимо на фоне других профессиональных рисков. Отсутствие значимой связи может также быть связано с вариативностью уровней воздействия или индивидуальными различиями в восприимчивости работников. Необходимы дополнительные исследования для оценки возможных долгосрочных эффектов воздействия металлических аэрозолей на метаболическое здоровье.

Ограничения исследования. Несмотря на установленные в исследовании связи между возрастом, сменной работой, тепловым стрессом и МС, следует учитывать ряд ограничений. Прежде всего, поперечный дизайн не позволяет установить причинно-следственную зависимость. Для подтверждения того, что возраст в сочетании со сменной работой и воздействием тепла действительно способствует развитию МС, необходимы лонгитудинальные исследования. Кроме того, в исследовании не учитывались такие факторы, как режим потребления жидкости, особенности питания и уровень физической активности, которые также могут повлиять на метаболические показатели и исказить результаты.

Практическое значение и рекомендации

Полученные результаты подчёркивают важность учёта вопросов охраны труда, особенно в отраслях, где распространены сменная работа и воздействие теплового стресса. Работодатели должны внедрять меры по снижению тепловой нагрузки, включая предоставление охлаждающих перерывов, обеспечение адекватной гидратации и корректировку рабочих смен с целью уменьшения физиологической нагрузки на работников. Интервенционные меры, направленные одновременно на регулирование циркадных ритмов и профилактику теплового стресса, могут существенно снизить риск развития МС в уязвимых группах работников.

Будущие исследования могут сосредоточиться на изучении индивидуальной предрасположенности, включая генетические факторы и образ жизни, с целью более глубокого понимания того, как профессиональные воздействия влияют на риск МС. Также полезны будут интервенционные исследования, направленные на

or differences in individual susceptibility among workers. Additional research is necessary to explore the potential long-term effects of metal fume exposure on metabolic health.

Study limitations. Although our study demonstrates the correlation between age, shift work, heat stress, and MetS, several limitations should be noted. First, the study's design does not establish causality, so further longitudinal studies are needed to confirm that age, in combination with concurrent exposure to shift work and heat stress, directly contributes to the development of MetS. Additionally, factors such as fluid consumption habits, nutrition, and physical activity were not controlled in this study, which may influence the results.

Practical significance and recommendations

The results of this study underscore the importance of considering occupational health policies, particularly in industries with prevalent shift work and heat exposure. Employers should implement measures to reduce heat stress, such as providing cooling breaks, ensuring sufficient hydration, and adjusting work shifts to reduce physiological strain on workers. Interventions targeting both circadian rhythm management and heat stress prevention could reduce the risk of MetS in vulnerable populations.

Future studies could examine the role of individual susceptibility, including genetic predispositions and lifestyle factors, and provide more detailed insights into how these occupational factors affect MetS. Additionally, intervention studies focusing on improving workplace environments and reducing heat stress during night shifts could offer practical strategies for reducing prevalence of MetS in workplaces.

CONCLUSION

This study identified a significant association between age, shift work, heat stress, and the prevalence of MetS among industrial workers. Older participants and those exposed to shift work and high temperatures were at a higher risk of developing MetS. These findings highlight the combined impact of occupational and environmental factors on metabolic health.

The results suggest that reducing heat stress, particularly among shift workers, and implementing targeted interventions for older workers could have a significant role in reducing the risk of MetS. Future occupational health strategies should prioritize improving working conditions by addressing both environmental and individual risk factors, thereby promoting better long-term health outcomes for workers.

Data availability statement

The data of the current study are not available for public due to institutional data sharing policies but can be made available upon reasonable request to the corresponding author. Access will be granted following the approval of the Ethics Center of Medical Research of Iran University of Medical Sciences, ensuring compliance with data protection regulations and participant confidentiality.

Disclaimer

No part of this revised manuscript has been copied or published elsewhere in whole or in part, in any language. No writing or editing services were consulted for this manuscript. The manuscript was written and revised by the authors without external assistance.

улучшение условий труда в ночные смены и снижение тепловой нагрузки, что поможет выработать практические стратегии снижения распространённости МС на производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании была установлена значимая связь между возрастом, сменной работой, тепловым стрессом и распространённостью МС среди промышленных рабочих. Работники пожилого возраста, а также те, кто подвергается сменной работе и воздействию высоких температур, находятся в группе повышенного риска развития МС.

Полученные данные подчёркивают важность сочетанного влияния профессиональных и экологических факторов на метаболическое здоровье. Снижение тепловой нагрузки, особенно среди сменных работников, а также целевые профилактические меры для сотрудников старшего возраста могут сыграть важную роль в снижении риска МС. Будущие стратегии охраны труда должны быть нацелены на улучшение условий труда, с акцентом как на внешние воздействия, так и на индивидуальные факторы риска, что позволит повысить уровень здоровья работников в долгосрочной перспективе.

Заявление о доступности данных

Данные, полученные в ходе настоящего исследования, не размещены в открытом доступе, в связи с внутренними регламентами учреждения. Однако они могут быть предоставлены по обоснованному запросу к соответствующему автору. Доступ к данным будет предоставлен после одобрения Центром медицинской этики Иранского университета медицинских наук при условии соблюдения норм защиты персональных данных и конфиденциальности участников.

Дисклеймер

Ни одна часть данной статьи (в том числе в пересмотренной версии) не публиковалась и не была заимствована из других источников, полностью или частично, на любом языке. При написании и редактировании рукописи не использовались сторонние авторские или редакторские услуги. Работа была написана и отредактирована исключительно авторами.

ЛИТЕРАТУРА

- Lee SE, Han K, Kang YM, Kim SO, Cho YK, Ko KS, et al. Trends in the prevalence of metabolic syndrome and its components in South Korea: Findings from the Korean National Health Insurance Service Database (2009-2013). *PLoS One*. 2018;13(3):e0194490. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194490>
- Zabetian A, Hadaegh F, Azizi F. Prevalence of metabolic syndrome in Iranian adult population, concordance between the IDF with the ATPIII and the WHO definitions. *Diabetes Res Clin Pract*. 2007;77(2):251-7. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2006.12.001>
- Ranasinghe P, Mathangasinghe Y, Jayawardena R, Hills A, Misra A. Prevalence and trends of metabolic syndrome among adults in the Asia-Pacific region: A systematic review. *BMC Public Health*. 2017;17(1):101. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4041-1>
- Shin D, Kongpakpaisarn K, Bohra C. Trends in the prevalence of metabolic syndrome and its components in the United States 2007-2014. *Int J Cardiol*. 2018;259:216-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.01.139>
- Abbasian M, Ebrahimi H, Delvarianzadeh M, Norouzi P. Association between serum uric acid (SUA) levels and metabolic syndrome (MetS) components in personnel of Shahrood University of Medical Sciences. *Diabetes Metab Syndr*. 2016;10(3):132-6. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2016.01.003>
- Scuteri A, Laurent S, Cucca F, Cockcroft J, Cunha PG, Mañás LR, et al; Metabolic Syndrome and Arteries Research (MARE) Consortium. Metabolic syndrome across Europe: different clusters of risk factors. *Eur J Prev Cardiol*. 2015;22(4):486-91. <https://doi.org/10.1177/2047487314525529>
- Ansari-Moghaddam A, Adineh H, Zareban I, Farmanfarma KK. Prevalence of metabolic syndrome and population attributable risk for cardiovascular, stroke, and coronary heart diseases as well as myocardial infarction and all-cause mortality in Middle-East: Systematic review & meta-analysis. *Obesity Medicine*. 2019;14:100086. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2019.100086>
- Gulov M, Abdullozoda S, Usmanova G, Kobilov K. Prevalence of metabolic syndrome in Tajikistan. *Zdravookhranenie Tadzhikistana*. 2023(3):21-8.
- Chowdhury MZI, Anik AM, Farhana Z, Bristi PD, Abu Al Mamun BM, Uddin MJ, et al. Prevalence of metabolic syndrome in Bangladesh: A systematic review and meta-analysis of the studies. *BMC Public Health*. 2018;18(1):1190. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6076-5>
- Khosravi-Boroujeni H, Sarrafzadegan N, Sadeghi M, Roohafza H, Talaei M, Ng SK, et al. Secular trend of metabolic syndrome and its components in a cohort of Iranian adults from 2001 to 2013. *Metab Syndr Relat Disord*. 2017;15(3):137-44. <https://doi.org/10.1089/met.2016.0081>

REFERENCES

- Liu X, Huang Y. Leisure-time physical activity and the risk of metabolic syndrome: meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9:e110079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110079>
- Mokhayeri Y, Riahi SM, Rahimzadeh S, Pourhoseingholi MA, Hashemi-Nazari SS. Metabolic syndrome prevalence in the Iranian adult's general population and its trend: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Diabetes Metab Syndr*. 2018;12(3):441-53. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2017.12.023>
- Farmanfarma KK, Kaykhaei MA, Adineh HA, Mohammadi M, Dabiri S, Ansari-Moghaddam A. Prevalence of metabolic syndrome in Iran: A meta-analysis of 69 studies. *Diabetes Metab Syndr*. 2019;13(1):792-9. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2018.11.055>
- ISO7243, Hot environments – estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (web bulb globe temperature). 1989; p. 9.
- United States Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Annotated Table of OSHA Permissible Exposure Limits (PELs). Available from: <https://www.osha.gov/annotated-pels> (Accessed January 15, 2025).
- International Organization for Standardization. ISO 2631-1:1997 – Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. Geneva: ISO; 1997.
- Redeker N, Caruso C, Hashmi S, Mullington J, Grandner M, Morganthaler T. Workplace interventions to promote sleep health and an alert, healthy workforce. *J Clin Sleep Med*. 2019;15(4).
- Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al; American Heart Association; National Heart, Lung, and Blood Institute. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: An American Heart Association/ National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement. *Circulation*. 2005;112(17):2735-52. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.169404>
- Fang P, She Y, Yu M, Min W, Shang W, Zhang Z. Adipose-muscle crosstalk in age-related metabolic disorders: The emerging roles of adipo-myokines. *Ageing Res Rev*. 2023;84:101829. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2023.101829>
- Anisimova AS, Alexandrov AI, Makarova NE, Gladyshev VN, Dmitriev SE. Protein synthesis and quality control in aging. *Ageing (Albany NY)*. 2018;10(12):4269-79. <https://doi.org/10.18632/aging.101642>
- Abdullozoda S. Some aspects of epidemiology and etiopathogenesis of metabolic syndrome. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2020;22(4):580-94. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-4-580-594>

22. Arner P, Rydén M. Human white adipose tissue: A highly dynamic metabolic organ. *J Intern Med*. 2022;291(5):611-21. <https://doi.org/10.1111/joim.13374>
23. Kumar AS, Maiya AG, Shastry B, Vaishali K, Ravishankar N, Hazari A, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2019;62(2):98-103. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.09.003>
24. Petersen MC, Shulman GI. Mechanisms of insulin action and insulin resistance. *Physiol Rev*. 2018;98(4):2133-223. <https://doi.org/10.1152/physrev.00063.2017>
25. Li CW, Yu K, Shyh-Chang N, Jiang Z, Liu T, Ma S, et al. Pathogenesis of sarcopenia and the relationship with fat mass: Descriptive review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(2):781-94. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12901>
26. Dowling L, Duseja A, Vilaca T, Walsh JS, Goljanek-Whysall K. MicroRNAs in obesity, sarcopenia and osteoporosis: Emerging role in skeletal muscle-bone-fat crosstalk. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(5):3089-101. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12878>
27. Bartke A. Growth hormone and aging. *Rev Endocr Metab Disord*. 2021;22(1):71-80. <https://doi.org/10.1007/s11154-020-09593-2>
28. Frater J, Lie D, Bartlett P, McGrath JJ. Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1) as a marker of cognitive decline in normal ageing: A review. *Ageing Res Rev*. 2018;42:14-27. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.12.002>
29. Janssen JA. Hyperinsulinemia and its pivotal role in aging, obesity, type 2 diabetes, cardiovascular disease, and cancer. *Int J Mol Sci*. 2021;22(15):7797. <https://doi.org/10.3390/ijms22157797>
30. Wang W, Tesfay EB, Van Klinken JB, Willems van Dijk K, Bartke A, van Heemst D, et al. Clustered Mendelian randomization analyses identify distinct and opposing pathways in the association between genetically influenced insulin-like growth factor-1 and type 2 diabetes mellitus. *Int J Epidemiol*. 2022;51(6):1874-85. <https://doi.org/10.1093/ije/dyac200>
31. Zhang K, Ma Y, Luo Y, Song Y, Xiong G, Ma Y, et al. Metabolic diseases and healthy aging: Identifying environmental and behavioral risk factors and promoting public health. *Front Public Health*. 2023;11:1253506. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253506>
32. Itani O, Kaneita Y, Tokiya M, Jike M, Murata A, Nakagome S, et al. Short sleep duration, shift work, and actual days taken off work are predictive life-style risk factors for new-onset metabolic syndrome: A seven-year cohort study of 40,000 male workers. *Sleep Med*. 2017;39:87-94. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2017.05.001>
33. Ye B-J. Association between shift work and metabolic syndrome: A 4-year retrospective cohort study. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(6):802. <https://doi.org/10.3390/healthcare11060802>
34. Yu KH, Yi YH, Kim YJ, Cho BM, Lee SY, Lee JG, et al. Shift work is associated with metabolic syndrome in young female Korean workers. *Korean J Fam Med*. 2017;38(2):51-6. <https://doi.org/10.4082/kjfm.2017.38.2.51>
35. Broberger C. Brain regulation of food intake and appetite: molecules and networks. *J Intern Med*. 2005;258(4):301-27. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2005.01570.x>
36. Buijs RM, Kreier F. The metabolic syndrome: A brain disease? *J Neuroendocrinol*. 2006;18(9):715-6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2006.01456.x>
37. Wolk R, Somers VK. Sleep and the metabolic syndrome. *Exp Physiol*. 2007;92(1):67-78. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2006.033787>
38. Dong C, Zeng H, Yang B, Zhang Y, Li Z. The association between long-term night shift work and metabolic syndrome: A cross-sectional study of male railway workers in southwest China. *BMC Cardiovasc Disord*. 2022;22(1):263. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02705-7>
39. Kawada T, Otsuka T, Inagaki H, Wakayama Y, Katsumata M, Li Q, Li YJ, et al. A cross-sectional study on the shift work and metabolic syndrome in Japanese male workers. *Aging Male*. 2010;13(3):174-8. <https://doi.org/10.3109/13685530903536692>
40. Mun S, Park K, Lee S. Evaluation of thermal sensitivity is of potential clinical utility for the predictive, preventive, and personalized approach advancing metabolic syndrome management. *EPMA Journal*. 2022;13(1):125-35. <https://doi.org/10.1007/s13167-021-00256-8>
41. Zhang T, Ni M, Jia J, Deng Y, Sun X, Wang X, et al. Research on the relationship between common metabolic syndrome and meteorological factors in Wuhu, a subtropical humid city of China. *BMC Public Health*. 2023;23(1):2363. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17299-8>
42. Turner J, Kumar A, Koch C. The effects of indoor and outdoor temperature on metabolic rate and adipose tissue – the Mississippi perspective on the obesity epidemic. *Rev Endocr Metab Disord*. 2016;17:61-71. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9358-z>
43. Li W, Ruan W, Yi G, Chen Z, Wang D. Association of noise exposure with risk of metabolic syndrome: Evidence from 44,698 individuals. *Diabetes Res Clin Prac*. 2021;178:108944. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.108944>
44. Kim G, Kim H, Yun B, Sim J, Kim C, Oh Y, et al. Association of occupational noise exposure and incidence of metabolic syndrome in a retrospective cohort study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(4):2209. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042209>
45. Khosravipour M, Abdollahzad H, Khosravi F, Rezaei M, Mohammadi Sarableh H, Moradi Z. The association of occupational noises and the prevalence of metabolic syndrome. *Ann Work Expo Health*. 2020;64(5):514-21. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa030>
46. Hosseinienejad M, Mirzamohammadi E, Mohsenizadeh SA, Mohammadi S. The relationship between occupational exposure to organic solvents and metabolic syndrome in petroleum refinery workers in Tehran, Iran. *Diabetes Metab Syndr*. 2021;15(5):102223. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.102223>
47. Attarchi M, Golabadi M, Labbafinejad Y, Mohammadi S. Combined effects of exposure to occupational noise and mixed organic solvents on blood pressure in car manufacturing company workers. *Am J Ind Med*. 2013;56(2):243-51. <https://doi.org/10.1002/ajim.22086>
48. Haverinen E, Fernandez MF, Mustieles V, Tolonen H. Metabolic syndrome and endocrine disrupting chemicals: An overview of exposure and health effects. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(24):12980. <https://doi.org/10.3390/ijerph182412980>
49. Khan AR, Awan FR. Metals in the pathogenesis of type 2 diabetes. *J Diabetes Metab Disord*. 2014;13(1):16. <https://doi.org/10.1186/2251-6581-13-16>
50. Chen YW, Yang CY, Huang CF, Hung DZ, Leung YM, Liu SH. Heavy metals, islet function, and diabetes development. *Islets*. 2009;1(3):169-76. <https://doi.org/10.4161/isl.1.3.9262>



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мохаммади Сабер, специалист по профессиональной патологии, профессор кафедры профессиональной патологии, Иранский университет медицинских наук

ORCID ID: 0000-0003-0650-6654

E-mail: sabermohammadi@gmail.com

Лаббафинежад Яссер, специалист по профессиональной патологии, профессор кафедры профессиональной патологии, Иранский университет медицинских наук

ORCID ID: 0000-0002-6826-8826

E-mail: ylabbafinejad@yahoo.com



AUTHORS' INFORMATION

Mohammadi Saber, Occupational Medicine Specialist, Professor of the Department of Occupational Medicine, Iran University of Medical Sciences

ORCID ID: 0000-0003-0650-6654

E-mail: sabermohammadi@gmail.com

Labbafinejad Yasser, Occupational Medicine Specialist, Professor of the Department of Occupational Medicine, Iran University of Medical Sciences

ORCID ID: 0000-0002-6826-8826

E-mail: ylabbafinejad@yahoo.com

Багери Эсмаэл, эксперт по профессиональной патологии, Западный центр здравоохранения Тегерана, Иранский университет медицинских наук
ORCID ID: 0000-0002-0548-7917
E-mail: bagheri-ohe@yahoo.com

Алаэй Джанат-Макан Марох, директор Западного центра здравоохранения Тегерана, Иранский университет медицинских наук
ORCID ID: 0000-0002-7054-8835
E-mail: ma_alaei@yahoo.com

Акбари Маджид, резидент кафедры профессиональной патологии, Иранский университет медицинских наук
ORCID ID: 0000-0003-4397-7594
E-mail: m_akbari14@yahoo.com

Чиничиан Махди, специалист по профессиональной патологии, ассистент кафедры профессиональной патологии, Иранский университет медицинских наук
ORCID ID: 0000-0001-6463-3526
E-mail: mdchinichian@yahoo.com

Кассири Негин, специалист по профессиональной патологии, ассистент кафедры профессиональной патологии, Иранский университет медицинских наук
ORCID ID: 0000-0001-6584-8270
E-mail: neginkassiri@gmail.com

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Исследование было профинансировано Научно-исследовательским центром профессиональной патологии при Иранском университете медицинских наук. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Кассири Негин

специалист по профессиональной патологии, ассистент кафедры профессиональной патологии, Иранский университет медицинских наук
13535, Иран, г. Тегеран, шоссе Шахид Хеммат

Тел.: +98 (021) 86703170

E-mail: neginkassiri@gmail.com

Bagheri Esmaeel, Occupational Health Expert at West Health Center of Tehran, Iran University of Medical Sciences
ORCID ID: 0000-0002-0548-7917
E-mail: bagheri-ohe@yahoo.com

Alaei Janat-Makan Mahrokh, MD, Head of West Health Center of Tehran, Iran University of Medical Sciences
ORCID ID: 0000-0002-7054-8835
E-mail: ma_alaei@yahoo.com

Akbari Majid, Occupational Medicine Resident at Iran University of Medical Sciences
ORCID ID: 0000-0003-4397-7594
E-mail: m_akbari14@yahoo.com

Chinichian Mahdi, Occupational Medicine Specialist, Assistant Professor of the Department of Occupational Medicine, Iran University of Medical Sciences

ORCID ID: 0000-0001-6463-3526

E-mail: mdchinichian@yahoo.com

Kassiri Negin, Occupational Medicine Specialist, Assistant Professor of the Department of Occupational Medicine, Iran University of Medical Sciences

ORCID ID: 0000-0001-6584-8270

E-mail: neginkassiri@gmail.com

Information about support in the form of grants, equipment, medications

This study received funding from the Occupational Medicine Research Center at Iran University of Medical Sciences. The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Kassiri Negin

Occupational Medicine Specialist, Assistant Professor of the Department of Occupational Medicine, Iran University of Medical Sciences
14535, Iran, Tehran, Shahid Hemmat Highway

Тел.: +98 (021) 86703170

E-mail: neginkassiri@gmail.com

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: ЧМ, КН
Сбор материала: ЛЯ, БЭ, АДММ, АМ
Статистическая обработка данных: КН
Анализ полученных данных: МС, ЧМ
Подготовка текста: МС, БЭ, АДММ, АМ
Редактирование: ЛЯ
Общая ответственность: ЧМ, КН

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: ChM, KN
Data collection: LY, BE, ADMM, AM
Statistical analysis: KN
Analysis and interpretation: MS, ChM
Writing the article: MS, BE, ADMM, AM
Critical revision of the article: LY
Overall responsibility: ChM, KN

Поступила

03.11.24

Принята в печать

28.08.25

Submitted

03.11.24

Accepted

28.08.25