

Особенности суточной динамики гликемии у пациентов мужского пола с различными биоритмологическими профилями

Б.Б. Пинхасов^{1, 2}, М.Ю. Сорокин², Н.А. Кондакова², В.Г. Селятицкая²

¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия

²ФГБНУ Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

В в е д е н и е . Присущая конкретному человеку специфика циркадной организации физиологических отправлений, обозначаемая термином «хронотип», обуславливается не только чередованием периодов отдыха и активности, но и особенностями пищевого поведения. Вместе с тем недостаточно изученными остаются аспекты, касающиеся корреляций между биоритмологическим профилем и пищевыми предпочтениями, объемом и составом рациона у взрослых, в частности – каким образом хронотип сопряжен с механизмами, обеспечивающими постоянство поддержания уровня глюкозы в организме.

Ц е л ь . Анализ параметров вариабельности гликемии (ВГ) у мужчин с разными хронотипами в условиях сохранения привычного для них режима питания.

М а т е р и а л ы и м е т о д ы . В исследование включены 43 добровольца мужского пола в возрасте 25–65 лет. Для определения биоритмологического паттерна (хронотипа) применяли опросник Хорна – Остберга. Характер отклонений в пищевом поведении (ПП) и степень их выраженности устанавливали посредством опросника DEBQ. Выраженность тревожно-депрессивной симптоматики оценивали с помощью Госпитальной шкалы тревоги и депрессии HADS. В течение 5–6 сут проводили непрерывную регистрацию уровня глюкозы, причем для интерпретации брали данные за двое полных суток, на протяжении которых испытуемый придерживался своего обычного рациона.

Р е з у л ь т а т ы . Распределение хронотипов в пределах сформированной выборки было следующим: утренний хронотип диагностирован у 51,2 % участников, промежуточный – у 25,6 %, вечерний – у 23,3 %. У мужчин с вечерним хронотипом показатели эмоционального ПП были статистически значимо выше, чем в группах с утренним и промежуточным хронотипами. В то же время выраженность экстернального ПП у лиц с вечерним хронотипом оказалась значимо ниже по сравнению с двумя другими группами. Сравнительная оценка параметров и индексов, отражающих ВГ в дневные и ночные часы, показала, что мужчины с утренним и вечерним хронотипами по целому ряду критериев достоверно отличались от носителей промежуточного хронотипа. В частности, для промежуточного хронотипа были свойственны статистически значимо меньшие величины средней концентрации глюкозы, стандартного отклонения гликемии, индекса CONGA и J-индекса. Величины параметров, характеризующих ВГ в ночные часы, также показали существенные различия между группой промежуточного хронотипа и группами утреннего и вечернего хронотипов.

З а к л ю ч е н и е . Персональный хронотип выступает в качестве одного из факторов, детерминирующих специфику регуляторных механизмов углеводного метаболизма. Следовательно, данный признак необходимо принимать во внимание при стратификации риска манифестации сахарного диабета 2 типа, который, согласно полученным в настоящей работе данным, возрастает в следующей последовательности хронотипов: промежуточный → утренний → вечерний.

Ключевые слова: вариабельность гликемии, ожирение, циркадный ритм, хронотип.

Образец цитирования: Пинхасов Б.Б., Сорокин М.Ю., Кондакова Н.А., Селятицкая В.Г. Особенности суточной динамики гликемии у пациентов мужского пола с различными биоритмологическими профилями // Journal of Siberian Medical Sciences. 2026;10(3):44-57. DOI: 10.31549/2542-1174-2026-10-3-44-57

Поступила в редакцию 16.03.2026
Прошла рецензирование 05.05.2026
Принята к публикации 27.07.2026

Автор, ответственный за переписку
Пинхасов Борис Борисович: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.
E-mail: pin71nsk@mail.ru

Received 16.03.2026
Revised 05.05.2026
Accepted 27.07.2026

Corresponding author
Boris B. Pinkhasov: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasnyy prosp., Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: pin71nsk@mail.ru

Features of diurnal glycemic dynamics in male patients with different chronotypes

B.B. Pinkhasov^{1, 2}, M.Yu. Sorokin², N.A. Kondakova², V.G. Selyatitskaya²

¹Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

²Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

I n t r o d u c t i o n . The specific arrangement of circadian rhythms of physiological functions inherent to a given individual, referred to as chronotype, is determined not only by the alternation of cycles of rest and activity but also by the characteristics of eating behavior. However, aspects concerning the correlations between chronotype and food preferences, diet volume and contents in adults remain insufficiently studied, in particular, how chronotype is linked to the mechanisms that maintain glucose levels in the body.

A i m . Analysis of glycemic variability (GV) parameters in men with different chronotypes while maintaining their regular diet.

M a t e r i a l s a n d m e t h o d s . The study included 43 male volunteers aged 25–65 years. The Horne and Östberg Morningness-Eveningness Questionnaire was used to determine the chronotype. The nature and severity of eating behavior (EB) disorders were assessed using the Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ). The severity of anxiety and depressive symptoms was assessed using the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS). Glucose levels were continuously monitored for 5–6 days, with data from two full days, during which the research subjects maintained their regular diet, were used for interpretation.

R e s u l t s . The distribution of chronotypes within the sample was as follows: 51,2% of participants had morning chronotype, 25,6% – intermediate chronotype, and 23,3% – evening chronotype. Men with evening chronotype had statistically significantly higher emotional EB scores than those with morning and intermediate chronotypes. Meanwhile, the severity of external EB in those with evening chronotype was significantly lower than in the other two groups. A comparative assessment of the parameters and indices reflecting GV during the day and night hours showed that men with the morning and evening chronotypes differed significantly from those with intermediate chronotype across a number of criteria. Specifically, intermediate chronotype was characterized by statistically significantly lower values of the mean glucose concentration, standard deviation of glycemia, CONGA, and J-index. The values of the parameters of GV characterizing GV during the night hours also showed significant differences between the intermediate chronotype group and the morning and evening chronotype groups.

C o n c l u s i o n . Personal chronotype is one of the factors determining the specific regulatory mechanisms of carbohydrate metabolism. Therefore, this characteristic must be taken into account when stratifying the risk of type 2 diabetes, which, according to the data obtained in this study, increases in the following sequence of chronotypes: intermediate type → morning type → evening type.

Keywords: glycemic variability, obesity, circadian rhythm, chronotype.

Citation example: Pinkhasov B.B., Sorokin M.Yu., Kondakova N.A., Selyatitskaya V.G. Features of diurnal glycemic dynamics in male patients with different chronotypes. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2026;10(3):44–57. DOI: 10.31549/2542-1174-2026-10-3-44-57

ВВЕДЕНИЕ

Организму человека присуща эндогенная система хронометража, способствующая его приспособлению к 24-часовому циклу чередования светлого и темного времени суток, что принято обозначать понятием циркадного ритма [1, 2]. Центральный генератор данного ритма анатомически локализован в супрахиазматическом ядре (СХЯ) гипоталамической области [3]. Интенсивность освещения представляет собой главный внешний сигнал, настраивающий работу цен-

INTRODUCTION

The human body has an endogenous timekeeping system that facilitates its adaptation to the 24-hour cycle of alternating light and dark, commonly referred to as the circadian rhythm [1, 2]. The central generator of this rhythm is anatomically localized in the suprachiasmatic nucleus (SCN) of the hypothalamic region [3]. Light intensity is the main external signal that regulates the functioning of the central circadian clock. In turn, peripheral tissues, combining impulses from the SCN with environmental sig-

тральных циркадных часов. В свою очередь, ткани периферии, комбинируя импульсы, поступающие от СХЯ, с сигналами окружающей среды, особенностями поведенческих актов (режимом приема пищи, ее количеством и составом), а также собственными автономными колебательными процессами, обеспечивают циркадную упорядоченность энергетического метаболизма. Показано, что абсолютное большинство клеток организма экспрессируют молекулярные компоненты циркадного осциллятора, причем цикл «голод – насыщение» признается одним из ведущих синхронизирующих стимулов для периферических часовых механизмов [4–7]. Экспрессия генов, отвечающих за работу периферических часов, оказывает модулирующее воздействие на эффективность пищеварительных процессов, абсорбцию питательных субстратов, метаболические превращения нутриентов, гормональную регуляцию, последующий прием пищи, аппетит и связанные с ним поведенческие паттерны [6, 8].

Циркадный ритм можно оценить с помощью физиологических маркеров, таких как мелатонин, кортизол, температура тела и др. Начало секреции мелатонина в условиях слабого освещения является наиболее надежным методом измерения циркадного ритма у человека [9, 10]. Однако это довольно сложный и дорогостоящий метод исследования. В этой связи наиболее часто используют анкетирование, как более простой и менее затратный способ оценки циркадного ритма. Опросники оценивают поведенческие модели, например цикл «сон – бодрствование», время которого различается у разных людей и характеризует тот или иной хронотип: утренний, промежуточный или вечерний [11–13]. Показано, что у лиц с разными хронотипами, определенными путем анкетирования, время секреции мелатонина значимо различалось [14].

Хронотип, или циркадная типология, является генетически обусловленным отражением суточных физиологических способностей человека, связанных с различными биологическими и психологическими функциями, включая сон и бодрствование, умственные и физические нагрузки и др. [13]. Хронотип также связывают и с особенностями режима питания. Показано, что лица с вечерним хронотипом наименее привержены здоровому питанию [15], они часто не завтракают [16], меньше потребляют фруктов и овощей [17] и проявляют склонность к сладкой пище/напиткам и алкоголю [18]. Нередко более высокое потребление калорий во время ужина и сдвиг времени приема пищи на более поздние

nals, behavioral patterns (dietary pattern, amount and composition of food) and their own autonomous oscillatory processes ensure circadian ordering of energy metabolism. It has been shown that the vast majority of cells in the body express molecular components of the circadian oscillator, and the hunger-satiety cycle is recognized as one of the leading synchronizing stimuli for peripheral clock mechanisms [4–7]. Expression of genes responsible for the functioning of the peripheral clock has a modulating effect on the efficiency of digestive processes, absorption of nutrient substrates, metabolic transformations of nutrients, hormonal regulation, subsequent food intake, appetite and associated behavioral patterns [6, 8].

The circadian rhythm can be assessed using physiological markers such as the level of melatonin, cortisol, body temperature, etc. The onset of melatonin secretion under dim light conditions is the most reliable method for measuring the circadian rhythm in humans [9, 10]. However, this is a rather complex and expensive research method. In this regard, questionnaires are most often used as a simpler and less expensive way to assess the circadian rhythm. Questionnaires assess behavioral patterns, such as the sleep-wake cycle, the timing of which varies among individuals and characterizes the particular chronotype: morning, intermediate, or evening [11–13]. It has been shown that in individuals with different chronotypes determined by questionnaires, the timing of melatonin secretion varied significantly [14].

Chronotype, or circadian typology, is the genetically determined reflection of person's daily physiological abilities associated with various biological and psychological functions, including sleep and wakefulness, mental and physical activity, etc. [13]. Chronotype is also associated with dietary patterns. It has been shown that individuals with evening chronotype are less committed to a healthy diet [15], often skip breakfast [16], consume fewer fruits and vegetables [17], and show a tendency toward sweet foods/drinks and alcohol [18]. Often, consuming higher caloric intake at dinner and a shift in meal-times to later hours are associated with an increased risk of obesity [19]. Frequent breakfast skipping in individuals with evening chronotype affects postprandial insulin concentrations and compromises long-term glucose homeostasis [20].

Scientific research over the last decade has revealed significant relationships between circadian rhythm disruption and the occurrence of a spectrum of dysmetabolic conditions, accompanied by the development of excess body weight, metabolic syndrome, and type 2 diabetes mellitus (T2DM) [21].

часы связаны с повышенной вероятностью развития ожирения [19]. Частое отсутствие завтрака у лиц с вечерним хронотипом влияет на концентрацию инсулина после приема пищи и ставит под угрозу в долгосрочной перспективе гомеостаз глюкозы [20].

Научные исследования последнего десятилетия выявляют значимые взаимосвязи между расстройством циркадной ритмики и возникновением целого спектра дисметаболических состояний, сопровождающихся развитием избыточной массы тела, метаболического синдрома и сахарного диабета 2 типа (СД2) [21]. Десинхронизация циркадного ритма углеводного метаболизма связывается с дисфункцией ключевых регуляторных стимулов, настраивающих биологические часы, а именно: характера освещения, времени приема пищи, режима труда и отдыха, уровня двигательной активности и иных факторов. В этом контексте одним из патогенетических механизмов нарушения углеводного баланса может служить рассогласование суточных ритмов энергетического гомеостаза в современных условиях жизни, связанных с использованием яркой фоновой подсветки экранов портативных электронных устройств в вечернее и ночное время, избытком искусственного освещения в уличной и домашней обстановке либо, напротив, недостаточностью инсоляции в светлое время суток (особенно в зимний период), а также отсутствием адекватной физической нагрузки и несоблюдением режима питания [22, 23].

Помимо сказанного, сохраняется много нерешенных вопросов относительно сопряженности хронотипа с особенностями пищевого поведения (ПП), которое в существенной мере предопределяет количественно-качественный состав рациона человека, а значит, и уровень в крови важнейшего метаболита энергетического обмена – глюкозы.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести анализ параметров вариабельности гликемии у мужчин с разными хронотипами в условиях сохранения привычного для них режима питания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 43 мужчины в возрасте от 25 до 65 лет. Протокол исследования получил одобрение локального Комитета по биомедицинской этике Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины (Новосибирск) (выписка

Desynchronization of the circadian rhythm of carbohydrate metabolism is associated with dysfunction of key regulatory stimuli that set the biological clock, namely: the nature of lighting, meal time, work and rest pattern, level of physical activity, and other factors. In this context, one of the pathogenetic mechanisms of carbohydrate balance disorders may be a desynchronization of the circadian rhythms of energy homeostasis in modern living conditions associated with the use of bright background lighting on portable electronic devices in the evening and at night, excess artificial lighting outdoors and at home, or, conversely, insufficient insolation during daylight hours (especially in winter), as well as lack of adequate physical activity and non-compliance with a healthy diet [22, 23].

In addition to the above, many unresolved questions remain regarding the relationship between chronotype and eating behavior (EB) characteristics, which largely determine the quantitative and qualitative composition of a person's diet, and therefore, the blood level of the most important product of energy metabolism – glucose.

AIM OF THE RESEARCH

To analyze the parameters of glycemic variability in men with different chronotypes while maintaining their regular diet.

MATERIALS AND METHODS

A study included 43 men aged 25 to 65 years. The study protocol was approved by the local Biomedical Ethics Committee of the Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine (Novosibirsk) (Abstract No. 23/1 dated December 9, 2021). Each potential participant was informed of the study's goals and objectives and then signed a voluntary informed consent form.

Selection criteria. Inclusion criteria: male subjects with normal, overweight or obese body weight, aged 25–65 years, who confirmed their intention to exclude alcohol for the entire study period.

Exclusion criteria: secondary forms of obesity, previously diagnosed type 1 or 2 diabetes mellitus, concomitant endocrine diseases, use of hypoglycemic or hormonal agents, shift work.

Settings and design. The study was performed at the Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine clinic from September 2021 to May 2022. Design: a single-center, interventional, cross-sectional study on a single population. All participants underwent anthropometric examination.

Definition of chronotypes. Individual chronotypes were determined using the Horne and Öst-

№ 23/1 от 09.12.2021). Каждому потенциальному участнику разъяснялись цели и задачи исследования, после чего подписывалось добровольное информированное согласие на участие в нем.

Критерии отбора. Критерии включения: лица мужского пола с нормальной массой тела, ее избытком или ожирением, возраст 25–65 лет, подтвердившие намерение исключить алкоголь на весь период исследования.

Критерии исключения: вторичные формы ожирения, ранее установленный сахарный диабет 1 или 2 типа, сопутствующие эндокринные заболевания, прием сахароснижающих или гормональных средств, работа по сменному графику.

Место проведения и дизайн. Исследование проводилось на базе клиники Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины в период с сентября 2021 по май 2022 г. Дизайн: одноцентровое, интервенционное, одномоментное (поперечное) исследование на одной популяции. Всем участникам проводилось антропометрическое обследование.

Определение хронотипов. Индивидуальные биоритмологические паттерны оценивали по опроснику Дж. Хорна и О. Остберга [13]. Сумма баллов позволяла отнести респондента к одному из трех хронотипов:

- менее 20 баллов – жаворонок (утренний хронотип);
- 21–27 баллов – голубь (промежуточный хронотип);
- более 28 баллов – сова (вечерний хронотип).

Соответственно сформировали три группы: 1-я – с утренним хронотипом ($n = 22$), 2-я – с промежуточным ($n = 11$), 3-я – с вечерним ($n = 10$).

Оценка ПП и психоэмоционального статуса. Тип нарушений ПП и его выраженность в баллах определялись по Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ), позволяющему выделить эмоциогенный, компульсивный, экстернальный и ограничительный типы ПП [23]. Уровень тревоги и депрессии оценивался с помощью Госпитальной шкалы тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale – HADS) [24].

Мониторирование глюкозы. Непрерывный мониторинг глюкозы (НМГ) проводился с использованием системы iPro2 с программным обеспечением CareLink® iPro (Medtronic, США). Длительность регистрации составляла 5–6 сут, причем для анализа вариабельности гликемии в условиях привычного рациона использовались данные, полученные на вторые и третьи сутки.

berg Morningness-Eveningness Questionnaire [13]. The total score allowed the respondent to be classified into one of three chronotypes:

- less than 20 points – early bird (morning chronotype);
- 21–27 points – intermediate chronotype;
- more than 28 points – night owl (evening chronotype).

Accordingly, three groups were formed: 1st – men with morning chronotype ($n = 22$), 2nd – with intermediate chronotype ($n = 11$), 3rd – with evening chronotype ($n = 10$).

Assessment of EB and psycho-emotional status. The type of EB disorders and their severity in points were determined using the Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ), which allows for the identification of emotional, compulsive, external, and restrained types of EB [23]. The level of anxiety and depression was assessed using the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) [24].

Glucose monitoring. Continuous glucose monitoring (CGM) was conducted using the iPro2 system with CareLink® iPro software (Medtronic, USA). Recordings lasted 5–6 days, with data collected on the second and third days used to analyze glycemic variability under habitual dietary conditions. Diet, physical activity, and work schedules were unchanged during the study days. Participants received instructions on sensor calibration, which was performed using OneTouch Verio® Pro+ glucometers and corresponding test strips.

Glycemic parameters calculated. Based on the CGM data, we calculated:

- Mean glucose level;
- Standard Deviation (SD);
- Coefficient of Variation (CV);
- Mean Amplitude of Glycemic Excursions (MAGE);
- 2-hour Continuous Overall Net Glycemic Action (CONGA);
- Lability Index (LI);
- J-index;
- Mean Absolute Glucose Rate of Change (MAG);
- M-value;
- High Blood Glucose Index (HBGI);
- Low Blood Glucose Index (LBGI).

SD and CV reflect the range of values, MAGE – the amplitude of fluctuations, MAG – the rate of glucose change, LBGI and HBGI – the risks of hypo- and hyperglycemia, respectively. CONGA, J-index, LI and M-value are integral indicators of the quality of glycemic control. The calculation was performed using an EasyGV v.9.0 calculator (Hill et al. [25]). All

В дни исследования режим питания, физической активности и работы не менялся. Участники получали инструкции по калибровке датчика, которая выполнялась с помощью глюкометров OneTouch Verio® Pro+ и соответствующих тест-полосок.

Рассчитываемые параметры гликемии.

На основе данных НМГ вычисляли:

- средний уровень глюкозы;
- стандартное отклонение (Standard Deviation, SD);
- коэффициент вариабельности (Coefficient of Variation, CV)
- среднюю амплитуду колебаний гликемии (Mean Amplitude of Glycemic Excursions, MAGE);
- 2-часовой индекс длительного повышения гликемии (Continuous Overall Net Glycemic Action, CONGA);
- индекс лабильности (Lability Index, LI);
- J-индекс;
- среднюю абсолютную скорость изменения глюкозы (Mean Absolute Glucose rate of change, MAG);
- M-value;
- индекс риска гипергликемии (High Blood Glucose Index, HBGI);
- индекс риска гипогликемии (Low Blood Glucose Index, LBGI).

SD и CV отражают разброс значений, MAGE – амплитуду колебаний, MAG – скорость изменения глюкозы, LBGI и HBGI – риски соответственно гипо- и гипергликемии. CONGA, J-индекс, LI и M-value служат интегральными показателями качества контроля гликемии. Расчет выполнен в калькуляторе EasyGV v.9.0 (N.R. Hill et al. [25]). Все показатели оценивались за сутки в целом, в дневные (6:00–23:59) и ночные (0:00–5:59) часы.

Лабораторный анализ. В сыворотке крови иммуноферментным методом с использованием коммерческих наборов определяли уровень иммунореактивного инсулина (ИРИ).

Статистическая обработка. Проводилась в программе STATISTICA 10 (StatSoft Inc., США). Нормальность распределения проверялась критерием Колмогорова – Смирнова. Ввиду небольшого объема выборки распределение большинства признаков отличалось от нормального, поэтому применялись непараметрические методы. Сравнение независимых групп проводилось по критерию Манна – Уитни, внутригрупповые различия определялись по критерию Вилкоксона. Нулевая гипотеза отвергалась при уровне значимости $p < 0,05$.

indicators were assessed for the whole day, during daytime (6:00–23:59) and night (0:00–5:59) hours.

Laboratory analysis. Serum immunoreactive insulin (IRI) levels were determined using the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and commercial kits.

Statistical analysis was performed using STATISTICA 10 (StatSoft Inc., USA). The normal distribution was verified using the Kolmogorov-Smirnov test. Due to the small sample size, the distribution of most variables was non-normal; therefore, non-parametric methods were used. Comparison of independent groups was performed using the Mann-Whitney test, and differences between groups were determined using the Wilcoxon test. The null hypothesis was rejected at a significance level of $p < 0,05$.

RESULTS

In the examined sample, the distribution of chronotypes was as follows: morning chronotype was recorded in 51,2% of men, intermediate chronotype – in 25,6%, and evening chronotype – in 23,3%. A comparison of age and key anthropometric parameters between the groups is presented in Table 1. I Statistically significant differences between groups for age or most parameters reflecting fat accumulation were not found. The exception was the waist-to-hip ratio which characterizes fat distribution. The highest values for this parameter were recorded in individuals with morning chronotype.

An analysis of EB types in the study groups (Table 2) showed that men with evening chronotype demonstrated statistically significantly higher scores on the emotional EB scale compared to men in the EB group with morning and intermediate chronotypes. Moreover, the severity of external EB in men with evening chronotype was statistically significantly lower than in men with morning and intermediate chronotypes. No statistically significant differences between groups were found when comparing restrained and compulsive EB. Emotional EB in men of the evening chronotype group was associated with the highest level of anxiety-depressive disorders, assessed using the Hospital Anxiety and Depression Scale, with the main contribution coming from elevated anxiety levels.

An assessment of key GV indices during daytime and at night revealed that the largest number of statistically significant differences occurred when comparing the intermediate chronotype group with the morning and evening chronotype groups (Table 3). A significant difference between morning and evening chronotypes was found only for HBGI during daytime hours.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В обследованной выборке распределение хронотипов оказалось следующим: утренний тип зафиксирован у 51,2 % мужчин, промежуточный – у 25,6 %, вечерний – у 23,3 %. Сравнение возраста и основных антропометрических параметров между группами представлено в табл. 1. Установлено, что по возрасту и большинству показателей, отражающих накопление жировой ткани, статистически значимых межгрупповых различий не выявлено. Исключение составило отношение окружности талии к окружности бедер (ОТ/ОБ), характеризующее распределение жира. Наибольшие значения этого показателя зафиксированы у лиц с утренним хронотипом.

Анализ типов ПП в исследуемых группах (табл. 2) показал, что мужчины с вечерним хронотипом демонстрируют статистически значимо более высокие баллы по шкале эмоциогенного типа ПП относительно мужчин из групп с утренним и промежуточным хронотипами. При этом выраженность экстернального типа ПП у мужчин с вечерним хронотипом была статистически значимо ниже, чем у мужчин с утренним и промежуточным хронотипами. При сравнении ограничительного и компульсивного типов ПП статистически значимых межгрупповых различий выявлено не было. Эмоциогенный тип ПП у муж-

Overall, men with intermediate chronotype showed lower daytime GV values than the other two groups, namely: mean glucose level, SD, and CONGA (reflecting the value of dispersion). They also had the lowest J-index, which in normal condition ranges from 10 to 30; values above 30 are interpreted as poor glycemic control, and values above 40 as its loss. Regarding risk indices, men with intermediate chronotype had statistically significantly higher LBG1 (risk of hypoglycemia), and significantly lower HBG1 (risk of hyperglycemia), compared to the morning and evening chronotype groups. No differences between groups were found for LI, MAG, and M-value indices (usually used in patients receiving insulin therapy); all were within the reference ranges.

At night, significant differences were also found between the intermediate chronotype and morning and evening chronotypes: in terms of mean glucose levels, SD, CV, LI, CONGA, J-index, as well as LBG1 and HBG1.

Thus, in men with intermediate chronotype, most of GV parameters are within the reference range throughout the day, although they have an increased risk of hypoglycemia. Conversely, individuals with morning and evening chronotypes exhibit more significant deviations in GV parameters, as well as a higher risk of hyperglycemia.

Таблица 1. Сравнительная характеристика возраста и основных антропометрических показателей у мужчин с разными хронотипами, Ме [LQ–UQ]

Table 1. Comparative characteristics of age and main anthropometric parameters in men with different chronotypes, Me [LQ–UQ]

Показатель Parameter	Группа мужчин с утренним хронотипом, Group of men with morning chronotype, n = 22	Группа мужчин с промежуточным хронотипом, Group of men with intermediate chronotype, n = 11	Группа мужчин с вечерним хронотипом, Group of men with evening chronotype, n = 10	p		
	1	2	3	1–2	1–3	2–3
Возраст, лет Age, years	40,0 [35,0–51,0]	50,0 [25,0–60,0]	33,0 [30,0–60,0]	0,927	0,108	0,398
Масса тела, кг Body weight, kg	90,0 [79,0–114,0]	98,0 [89,0–107,0]	104,5 [88,5–107,0]	0,568	0,695	0,916
Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²	31,2 [29,8–36,8]	31,6 [30,2–35,8]	31,6 [29,7–35,8]	0,854	0,938	0,972
Объем талии, см Waist, cm	101,0 [90,0–120,0]	104,5 [97,0–108,0]	99,5 [96,0–108,5]	0,740	0,681	0,833
Объем бедер, см Hips, cm	109,0 [98,0–117,0]	114,0 [106,0–116,0]	109,3 [104,0–116,0]	0,397	0,652	0,622
Объем талии / объем бедер, усл. ед. Waist/hips, arbitrary units	0,97 [0,94–1,0]	0,91 [0,85–0,94]	0,92 [0,89–0,94]	0,022	0,051	0,860
Жир, % / Fat, %	27,5 [17,5–34,0]	23,3 [22,0–26,5]	21,8 [21,0–26,5]	0,279	0,414	0,685
Жир, кг / Fat, kg	25,4 [12,8–37,4]	24,6 [20,9–27,1]	22,5 [19,3–27,1]	0,637	0,565	0,862

Таблица 2. Сравнительная характеристика типов пищевого поведения и психоэмоционального состояния у мужчин с разными хронотипами (баллы), Ме [LQ-UQ]**Table 2.** Comparative characteristics of types of eating behavior and psycho-emotional state in men with different chronotypes (points), Me [LQ-UQ]

Показатель Parameter	Группа мужчин с утренним хронотипом, Group of men with morning chronotype, n = 22	Группа мужчин с промежуточным хронотипом, Group of men with intermediate chronotype, n = 11	Группа мужчин с вечерним хронотипом, Group of men with evening chronotype, n = 10	p		
	1	2	3	1-2	1-3	2-3
Эмоциогенное ПП Emotional EB	0,7 [0,4–1,6]	0,6 [0,1–1,3]	1,8 [0,8–2,9]	0,377	0,049	0,032
Компульсивное ПП Compulsive EB	1,7 [0,9–2,0]	1,3 [0,5–1,7]	1,8 [0,7–2,0]	0,277	0,906	0,439
Экстернальное ПП External EB	2,2 [2,0–2,6]	1,8 [1,1–2,2]	1,6 [1,6–1,8]	0,039	0,069	0,944
Ограничительное ПП Restrained EB	1,7 [1,1–3,1]	1,7 [0,9–2,5]	2,3 [0,9–2,5]	0,531	0,860	0,647
Тревога / Anxiety	8,0 [5,0–8,0]	3,0 [1,0–7,0]	9,5 [8,0–13,0]	0,045	0,044	0,007
Депрессия / Depression	4,0 [2,0–6,0]	2,0 [2,0–7,0]	5,0 [2,0–8,0]	0,606	0,814	0,725
Оценка по ГШТД HADS score	11,0 [10,0–13,0]	4,0 [3,0–14,0]	15,0 [13,0–19,0]	0,127	0,055	0,041

Примечание. ПП – пищевое поведение; ГШТД – Госпитальная шкала тревоги и депрессии.
 Abbreviations: EB – eating behavior; HADS – Hospital Anxiety and Depression Scale.

чин в группе с вечерним хронотипом был ассоциирован с наиболее высоким уровнем тревожно-депрессивных нарушений, оцененных по Госпитальной шкале тревоги и депрессии, причем основной вклад приходился на повышенный уровень тревожности.

Оценка ключевых индексов ВГ в дневное и ночное время выявила, что максимальное число статистически значимых различий приходится на сравнение группы с промежуточным хронотипом с группами утреннего и вечернего типов (табл. 3). Между утренним и вечерним хронотипами достоверная разница обнаружена только по индексу HBG1 в дневные часы.

В целом у мужчин с промежуточным хронотипом по сравнению с двумя другими группами в дневное время регистрируются более низкие значения показателей ВГ, а именно: среднего уровня глюкозы, SD и индекса CONGA (отражающего величину дисперсии). Также у них наиболее низок J-индекс, который в норме составляет 10–30; значения выше 30 трактуются как слабый контроль гликемии, а выше 40 – как его утрата. Что касается индексов риска, то у носителей промежуточного хронотипа LBG1 (риск гипогликемии) оказался статистически значимо выше, а HBG1 (риск гипергликемии) – значимо ниже, чем в группах утреннего и вечернего хронотипов. По индексам LI, MAG и M-value

Within each of the groups, the values of most of GV indicators during daytime hours were statistically significantly higher than those at night (Table 3).

The most significant GV disturbances in men with evening chronotype were manifested by higher fasting insulin levels in the morning. The blood serum insulin concentration increased in the following order: intermediate chronotype → morning chronotype → evening chronotype, amounting to 3,2 [1,6; 7,4], 5,7 [2,0; 9,8] and 8,5 [8,3; 21,7] mmol/l, respectively. A statistically significant difference was recorded between evening and intermediate chronotype groups ($p < 0,026$).

DISCUSSION

Our study showed that half of the men in the examined population belonged to morning chronotype, while intermediate and evening chronotypes each made up approximately one-quarter of the cohort. This distribution does not meet the results of most studies, which usually indicates different proportions: morning chronotype – 13–15%, evening chronotype – 20–25%, intermediate chronotype – 60–65% [26, 27]. The frequency of chronotypes can vary depending on age and geographic latitude of residence [27], however, in our case, we attribute the differences observed to the relatively small sample size.

Таблица 3. Показатели, характеризующие вариабельность глюкозы в течение суток в группах мужчин с разными хронотипами, Ме [LQ; UQ]**Table 3.** Diurnal parameters of glucose variability in groups of men with different chronotypes, Me [LQ; UQ]

Показатель Parameter	Группа мужчин с утренним хронотипом, Group of men with morning chronotype, n = 22	Группа мужчин с промежуточным хронотипом, Group of men with intermediate chronotype, n = 11	Группа мужчин с вечерним хронотипом, Group of men with evening chronotype, n = 10	p		
	1	2	3	1-2	1-3	2-3
<i>Дневные часы / Daytime hours</i>						
Средний уровень глюкозы, ммоль/л Mean glucose level, mmol/l	6,0 [5,5; 6,5]	5,6 [5,3; 6,0]	6,4 [5,9; 6,9]	0,077	0,131	0,010
SD, ммоль/л (mmol/l)	0,7 [0,5; 1,1]	0,5 [0,4; 0,7]	1,1 [0,4; 1,2]	0,060	0,706	0,005
MAGE, ммоль/л (mmol/l)	1,6 [1,4; 2,3]	1,1 [0,8; 1,6]	1,3 [1,0; 3,0]	0,077	0,572	0,425
CONGA, ммоль/л (mmol/l)	5,3 [5,1; 5,8]	5,0 [4,9; 5,6]	5,6 [5,2; 6,7]	0,113	0,102	0,023
LI, (ммоль/л) ² /ч (mmol/l) ² /h	0,6 [0,3; 1,4]	0,4 [0,3; 0,6]	1,4 [0,2; 2,0]	0,151	0,801	0,494
J-индекс, (ммоль/л) ² J-index, (mmol/l) ²	15,2 [11,4; 19,1]	11,9 [10,5; 14,4]	17,2 [16,0; 20,1]	0,039	0,121	0,005
LBGI, усл. ед. (arbitrary units)	1,0 [0,3; 1,5]	1,4 [0,4; 1,7]	0,8 [0,0; 1,1]	0,224	0,121	0,033
HBGI, усл. ед. (arbitrary units)	0,6 [0,1; 1,3]	0,2 [0,0; 0,5]	1,7 [0,5; 2,4]	0,098	0,036	0,004
M-value, усл. ед. (arbitrary units)	1,0 [0,5; 1,6]	1,5 [0,4; 2,1]	1,1 [0,8; 1,5]	0,508	1,000	0,494
MAG, ммоль/л/ч (mmol/l/h)	1,1 [0,8; 1,6]	0,9 [0,6; 1,0]	1,3 [0,6; 1,6]	0,462	0,967	0,403
<i>Ночные часы / Nighttime hours</i>						
Средний уровень глюкозы, ммоль/л Mean glucose level, mmol/l	5,7 [5,6; 6,2] [#]	5,2 [5,0; 5,6] [*]	6,0 [5,2; 6,4] [*]	0,018	0,451	0,058
SD, ммоль/л (mmol/l)	0,4 [0,3; 0,5] ^{**}	0,2 [0,2; 0,3] ^{**}	0,3 [0,3; 0,5] ^{**}	0,030	0,867	0,040
MAGE, ммоль/л (mmol/l)	0,8 [0,5; 1,1] ^{**}	0,5 [0,0; 1,0] ^{**}	0,6 [0,5; 0,8] ^{**}	0,146	0,675	0,305
CONGA, ммоль/л (mmol/l)	5,3 [5,1; 5,7]	4,9 [4,8; 5,5] [#]	5,4 [4,9; 6,1] [#]	0,047	0,476	0,224
LI, (ммоль/л) ² /ч (mmol/l) ² /h	0,2 [0,2; 0,6] ^{**}	0,1 [0,0; 0,2] ^{**}	0,3 [0,1; 0,6] [*]	0,007	0,900	0,023
J-индекс, (ммоль/л) ² J-index, (mmol/l) ²	12,7 [11,4; 14,5] ^{**}	9,7 [8,7; 11,2] ^{**}	13,9 [9,8; 14,3] [*]	0,009	0,645	0,040
LBGI, усл. ед. (arbitrary units)	0,7 [0,5; 1,2] [*]	1,6 [0,6; 2,3] [*]	0,4 [0,1; 1,6]	0,131	0,335	0,081
HBGI, усл. ед. (arbitrary units)	0,08 [0,01–0,60] ^{**}	0,01 [0,00–0,01] ^{**}	0,10 [0,02–0,47] [*]	0,009	0,706	0,011
M-value, усл. ед. (arbitrary units)	0,8 [0,5; 1,8]	1,9 [0,6; 2,8] [*]	1,0 [0,4; 2,2]	0,151	0,586	0,595
MAG, ммоль/л/ч (mmol/l/h)	0,7 [0,45; 1,0] ^{**}	0,4 [0,3; 0,6] ^{**}	0,8 [0,5; 1,2] [*]	0,045	0,737	0,058

П р и м е ч а н и е . SD – стандартное отклонение; MAGE – средняя амплитуда колебаний гликемии; CONGA – 2-часовой индекс длительного повышения гликемии; LI – индекс лабильности; LBGI – индекс риска гипогликемии; HBGI – индекс риска гипергликемии; MAG – скорость изменений уровня глюкозы.

A b b r e v i a t i o n s : SD – standard deviation; MAGE – mean amplitude of glycemic excursions; CONGA – 2-hour continuous overall net glycemic action; LI – lability index; LBGI – low blood glucose index; HBGI – high blood glucose index; MAG – mean absolute glucose rate of change.

[#] p < 0,08.

^{*} p < 0,05.

^{**} p < 0,005.

(обычно используемым у пациентов на инсулинотерапии) межгрупповых различий не выявлено; все они находились в пределах референсных значений.

В ночные часы также установлены значимые различия между промежуточным хронотипом и утренним и вечерним хронотипами: по среднему уровню глюкозы, SD, CV, индексам LI, CONGA, J-индексу, а также LBGI и HBGI.

Analyzing the characteristics of EB in men with different chronotypes, it is worth noting that in men with evening chronotype, the indicators of emotional EB were a statistically significantly higher than in the groups with morning and intermediate chronotypes. At the same time, external EB in individuals with evening chronotype was pronounced significantly substantially lower compared to the other two groups. These data are consistent with the results of

Таким образом, у мужчин с промежуточным хронотипом большинство параметров ВГ в течение суток находятся в референсном диапазоне, хотя у них повышен риск гипогликемических состояний. Напротив, у лиц с утренним и вечерним хронотипами наблюдаются более выраженные отклонения показателей ВГ от нормы, а также высокий риск гипергликемии.

Внутри каждой из групп величины большинства показателей ВГ в дневные часы были статистически значимо выше аналогичных в ночное время (см. табл. 3).

Наиболее выраженные нарушения ВГ у мужчин с вечерним хронотипом проявлялись более высоким уровнем инсулина натощак в утренние часы. Концентрация инсулина в сыворотке крови возрастала в ряду: промежуточный хронотип → утренний → вечерний, составляя соответственно 3,2 [1,6; 7,4], 5,7 [2,0; 9,8] и 8,5 [8,3; 21,7] ммоль/л. Статистически достоверная разница зафиксирована между группами вечернего и промежуточного хронотипов ($p < 0,026$).

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе настоящего исследования установлено, что половина мужчин обследованной выборки относилась к утреннему хронотипу, тогда как на промежуточный и вечерний типы пришлось примерно по одной четверти. Это распределение расходится с результатами большинства работ, в которых обычно указываются иные пропорции: утренний тип – 13–15 %, вечерний – 20–25 %, промежуточный – 60–65 % [26, 27]. Частота встречаемости хронотипов может меняться в зависимости от возраста и географической широты проживания [27], однако в нашем случае мы связываем наблюдаемые отличия с относительно небольшим объемом выборки.

Анализируя особенности ПП у носителей разных хронотипов, стоит отметить, что у мужчин с вечерним хронотипом показатели эмоциогенного ПП были статистически значимо выше, чем в группах с утренним и промежуточным хронотипами. В то же время выраженность экстерналичного ПП у лиц с вечерним хронотипом оказалась значимо ниже по сравнению с двумя другими группами. Эти данные согласуются с результатами других исследований, в которых у лиц с вечерним хронотипом также часто выявлялись следующие нарушения ПП: употребление больших порций, усиленная тяга к еде, эмоциональное и стрессовое переживание [28]. Выявленная связь между эмоциогенным ПП и повышенной тревожностью давно известна и наблюдается как у мужчин, так и у женщин с жи-

other studies, in which the following EB disorders were also frequently detected in individuals with evening chronotype: consumption of a large amount of food, increased food craving, emotional and stress-related overeating [28]. The association between emotional EB and increased anxiety has long been known, and is observed in both men and women with obesity [29, 30]. High-anxiety patients often use simple carbohydrate-rich foods for reducing anxiety, which can lead to weight gain: increased consumption of simple carbohydrates is accompanied by an increase in caloric intake, excessive appetite, and has a significant impact on glucose homeostasis.

There is evidence in the literature indicating an association between chronotype and biomarkers of carbohydrate and lipid metabolism [31, 32]. During an analysis of differences in lipid profile and glucose homeostasis, Lázár et al. found that individuals with evening chronotype had higher triglyceride concentrations and lower levels of high density lipoproteins compared to those with morning chronotype [33]. In addition, individuals with evening chronotype had higher levels of fasting insulin and HOMA-IR than those with morning chronotype. In our study, men with evening chronotype also had the highest insulin levels, which were statistically significantly higher than those in the intermediate chronotype group, where the insulin level was the lowest.

According to several publications, individuals with evening chronotype have a higher risk of obesity, prediabetes, and T2DM [27]. Notably, individuals with the intermediate chronotype, due to their better adaptation to the ambient time structure, are considered less vulnerable [34]. Our study confirms that chronotype is a significant factor in the regulation of glucose homeostasis. The assessment of GV indicators demonstrated that in individuals with intermediate chronotype, even with obesity, parameters reflecting GV and, consequently, carbohydrate metabolism regulation are within the reference range.

There is a growing body of reports about an increase in the number and severity of the factors that disrupt the natural sleep-wake cycle. These include: light pollution in large cities, shift work, late meals, irregular physical activity, excessive use of light-emitting devices in daytime and nighttime hours, and a change one's social niche. The impact of these factors may not correspond to a person's internal chronotype, which leads to a desynchronization of internal and external rhythms and contribute to the development of pathological conditions [35].

Thus, a deeper understanding of the chronotype role in carbohydrate metabolism regulation is neces-

рением [29, 30]. Нередко пациенты с высоким уровнем тревоги используют пищу, богатую простыми углеводами, в качестве средства для снижения тревожности, что чревато увеличением массы тела: повышенное потребление простых углеводов сопровождается ростом калорийности рациона, повышением аппетита и оказывает существенное влияние на гомеостаз глюкозы.

В литературе имеются данные, свидетельствующие о связи хронотипа с биомаркерами углеводно-жирового обмена [31, 32]. При анализе различий липидного профиля и гомеостаза глюкозы A.S. Lázár et al. обнаружили, что у лиц с вечерним хронотипом по сравнению с лицами с утренним хронотипом наблюдаются более высокие концентрации триглицеридов и более низкие уровни липопротеидов высокой плотности [33]. Кроме того, у лиц с вечерним хронотипом зафиксированы более высокие значения инсулина натощак и индекса HOMA-IR, чем у носителей утреннего хронотипа. В нашем исследовании у мужчин с вечерним хронотипом также отмечен самый высокий уровень инсулина, который статистически значимо превышал показатели в группе промежуточного хронотипа, где уровень инсулина был наименьшим.

Согласно ряду публикаций, люди с вечерним хронотипом имеют более высокую вероятность развития ожирения, предиабета и СД2 [27]. При этом лица с промежуточным хронотипом, благодаря лучшей адаптации к временной структуре среды, считаются наименее уязвимыми [34]. Проведенное нами исследование подтверждает, что хронотип служит значимым фактором регуляции гомеостаза глюкозы. Оценка показателей ВГ продемонстрировала, что у людей с промежуточным хронотипом, даже при наличии ожирения, параметры, отражающие ВГ и, следовательно, регуляцию углеводного обмена, находятся в границах референсного интервала.

В литературе все чаще сообщается о росте числа и выраженности факторов, нарушающих естественный цикл «сон – бодрствование». Среди них: «световое загрязнение» в крупных городах, сменная работа, поздние приемы пищи, нерегулярная физическая активность, чрезмерное использование гаджетов со световым излучением в вечерние и ночные часы, а также смена собственной «социальной ниши». Воздействие перечисленных факторов может не соответствовать внутреннему хронотипу человека, что ведет к рассогласованию внутренних и внешних ритмов и способствует развитию патологических состояний [35].

sary, especially in obese individuals with morning or evening chronotype. It is possible that individuals with carbohydrate metabolism disorders may have significant potential for correcting glycemic abnormalities through lifestyle modification. Implementing a tailored dietary regimen based on chronotype could be a highly effective approach to the prevention and treatment of obesity, diabetes, and dyslipidemia.

CONCLUSION

Personal chronotype is one of the factors determining specific regulatory mechanisms of carbohydrate metabolism. Therefore, this characteristic should be taken into account when stratifying the risk of T2DM, which, according to the data obtained in this study, increases in the following sequence of chronotypes: intermediate type → morning type → evening type.

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

Таким образом, представляется необходимым углубленное понимание роли хронотипа в регуляции углеводного обмена, особенно у лиц с ожирением, имеющих утренний или вечерний хронотип. Не исключено, что у людей с нарушениями углеводного обмена существует значительный потенциал для коррекции гликемических нарушений путем изменения образа жизни. Подбор индивидуализированного режима питания с учетом хронотипа может стать крайне эффективным подходом в профилактике и лечении ожирения, сахарного диабета и дислипидемий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Персональный хронотип выступает в качестве одного из факторов, детерминирующих специфику регуляторных механизмов углеводного метаболизма. Следовательно, данный признак имеет смысл принимать во внимание при стратификации риска манифестации СД2, который, согласно полученным в настоящей работе данным, возрастает в следующей последовательности хронотипов: промежуточный → утренний → вечерний.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Walker W.H. 2nd, Walton J.C., DeVries A.C., Nelson R.J. Circadian rhythm disruption and mental health // *Transl. Psychiatry*. 2020;10(1):28. DOI: 10.1038/s41398-020-0694-0.
2. Mazri F.H., Manaf Z.A., Shahar S., Mat Ludin A.F. The association between chronotype and dietary pattern among adults: a scoping review // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019;17(1):68. DOI: 10.3390/ijerph17010068.
3. Cagampang F.R., Bruce K.D. The role of the circadian clock system in nutrition and metabolism // *Brit. J. Nutr.* 2012;108(3):381-392. DOI: 10.1017/S0007114512002139.
4. Van der Merwe C., Münch M., Kruger R. Chronotype differences in body composition, dietary intake and eating behavior outcomes: A scoping systematic review // *Adv. Nutr.* 2022;13(6):2357-2405. DOI: 10.1093/advances/nmac093.
5. Youngstedt S.D., Kline C.E., Elliott J.A. et al. Circadian phase-shifting effects of bright light, exercise, and bright light + exercise // *J. Circadian Rhythms*. 2016;14:2. DOI: 10.5334/jcr.137.
6. Jiang P., Turek F.W. Timing of meals: when is as critical as what and how much // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2017;312(5):E369-E380. DOI: 10.1152/ajpendo.00295.2016.
7. Manoogian E.N., Panda S. Circadian rhythms, time-restricted feeding, and healthy aging // *Ageing Res. Rev.* 2017;39:59-67. DOI: 10.1016/j.arr.2016.12.006.
8. Bass J. Circadian topology of metabolism // *Nature*. 2012;491(7424):348-356. DOI: 10.1038/nature11704.
9. Burgess H.J., Wyatt J.K., Park M., Fogg L.F. Home circadian phase assessments with measures of compliance yield accurate dim light melatonin onsets // *Sleep*. 2015;38(6):889-897. DOI: 10.5665/sleep.4734.
10. Kantermann T., Sung H., Burgess H.J. Comparing the Morningness-Eveningness Questionnaire and Munich ChronoType Questionnaire to the dim light melatonin onset // *J. Biol. Rhythms*. 2015;30(5):449-453. DOI: 10.1177/0748730415597520.
11. Wirz-Justice A. How to measure circadian rhythms in humans // *Medicographia*. 2007;29:84-90.
12. Patterson F., Malone S.K., Lozano A. et al. Smoking, screen-based sedentary behavior, and diet associated with habitual sleep duration and chronotype: Data from the UK Biobank // *Ann. Behav. Med.* 2016;50(5):715-726. DOI: 10.1007/s12160-016-9797-5.
13. Horne J.A., Östberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms // *Int. J. Chronobiol.* 1976;4(2):97-110.
14. Kitamura S., Hida A., Aritake S. et al. Validity of the Japanese version of the Munich ChronoType Questionnaire // *Chronobiol. Int.* 2014;31(7):845-850. DOI: 10.3109/07420528.2014.914035.
15. Maukonen M., Kanerva N., Partonen T. et al. The associations between chronotype, a healthy diet and obesity // *Chronobiol. Int.* 2016;33(8):972-981. DOI: 10.1080/07420528.2016.1183022.
16. Reutrakul S., Hood M.M., Crowley S.J. et al. The relationship between breakfast skipping, chronotype, and glycemic control in type 2

REFERENCES

1. Walker W.H. 2nd, Walton J.C., DeVries A.C., Nelson R.J. Circadian rhythm disruption and mental health. *Transl. Psychiatry*. 2020;10(1):28. DOI: 10.1038/s41398-020-0694-0.
2. Mazri F.H., Manaf Z.A., Shahar S., Mat Ludin A.F. The association between chronotype and dietary pattern among adults: a scoping review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019;17(1):68. DOI: 10.3390/ijerph17010068.
3. Cagampang F.R., Bruce K.D. The role of the circadian clock system in nutrition and metabolism. *Brit. J. Nutr.* 2012;108(3):381-392. DOI: 10.1017/S0007114512002139.
4. Van der Merwe C., Münch M., Kruger R. Chronotype differences in body composition, dietary intake and eating behavior outcomes: A scoping systematic review. *Adv. Nutr.* 2022;13(6):2357-2405. DOI: 10.1093/advances/nmac093.
5. Youngstedt S.D., Kline C.E., Elliott J.A. et al. Circadian phase-shifting effects of bright light, exercise, and bright light + exercise. *J. Circadian Rhythms*. 2016;14:2. DOI: 10.5334/jcr.137.
6. Jiang P., Turek F.W. Timing of meals: when is as critical as what and how much. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2017;312(5):E369-E380. DOI: 10.1152/ajpendo.00295.2016.
7. Manoogian E.N., Panda S. Circadian rhythms, time-restricted feeding, and healthy aging. *Ageing Res. Rev.* 2017;39:59-67. DOI: 10.1016/j.arr.2016.12.006.
8. Bass J. Circadian topology of metabolism. *Nature*. 2012;491(7424):348-356. DOI: 10.1038/nature11704.
9. Burgess H.J., Wyatt J.K., Park M., Fogg L.F. Home circadian phase assessments with measures of compliance yield accurate dim light melatonin onsets. *Sleep*. 2015;38(6):889-897. DOI: 10.5665/sleep.4734.
10. Kantermann T., Sung H., Burgess H.J. Comparing the Morningness-Eveningness Questionnaire and Munich ChronoType Questionnaire to the dim light melatonin onset. *J. Biol. Rhythms*. 2015;30(5):449-453. DOI: 10.1177/0748730415597520.
11. Wirz-Justice A. How to measure circadian rhythms in humans. *Medicographia*. 2007;29:84-90.
12. Patterson F., Malone S.K., Lozano A. et al. Smoking, screen-based sedentary behavior, and diet associated with habitual sleep duration and chronotype: Data from the UK Biobank. *Ann. Behav. Med.* 2016;50(5):715-726. DOI: 10.1007/s12160-016-9797-5.
13. Horne J.A., Östberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int. J. Chronobiol.* 1976;4(2):97-110.
14. Kitamura S., Hida A., Aritake S. et al. Validity of the Japanese version of the Munich ChronoType Questionnaire. *Chronobiol. Int.* 2014;31(7):845-850. DOI: 10.3109/07420528.2014.914035.
15. Maukonen M., Kanerva N., Partonen T. et al. The associations between chronotype, a healthy diet and obesity. *Chronobiol. Int.* 2016;33(8):972-981. DOI: 10.1080/07420528.2016.1183022.
16. Reutrakul S., Hood M.M., Crowley S.J. et al. The relationship between breakfast skipping, chronotype, and glycemic control in type 2 diabe-

- diabetes // *Chronobiol. Int.* 2014;31(1):64-71. DOI: 10.3109/07420528.2013.821614.
17. Kanerva N., Kronholm E., Partonen T. et al. Tendency toward eveningness is associated with unhealthy dietary habits // *Chronobil. Int.* 2012;29(7):920-927. DOI: 10.3109/07420528.2012.699128.
 18. Bo S., Musso G., Beccuti G. et al. Consuming more of daily caloric intake at dinner predisposes to obesity. A 6-year population-based prospective cohort study // *PloS One.* 2014;9(9):e108467. DOI: 10.1371/journal.pone.0108467.
 19. Nas A., Mirza N., Hägele F. et al. Impact of breakfast skipping compared with dinner skipping on regulation of energy balance and metabolic risk // *Am. J. Clin. Nutr.* 2017;105(6):1351-1361. DOI: 10.3945/ajcn.116.151332.
 20. Raji O., Kyeremah E.B., Sears D.D. et al. Chrononutrition and cardiometabolic health: an overview of epidemiological evidence and key future research directions // *Nutrients.* 2024;16(14):2332. DOI: 10.3390/nu16142332.
 21. Цветкова Е.С., Романцова Т.И., Полуэктов М.Г. и др. Значение мелатонина в регуляции метаболизма, пищевого поведения, сна и перспективы его применения при экзогенно-конституциональном ожирении // *Ожирение и метаболизм.* 2021;18(2):112-124. DOI: 10.14341/omet12279.
 22. Южакова А.Е., Нелаева А.А., Нелаева Ю.В., Губин Д.Г. Использование амплитудно-фазовых параметров циркадианных ритмов в качестве диагностических маркеров нарушений углеводного обмена // *Ожирение и метаболизм.* 2022;19(1):83-91. DOI: 10.14341/omet12781.
 23. Van Strein T., Frijters J.E.R., Bergers G.P.A., Van Defares P.B. The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for assessment of restrained, emotional, and external eating behavior // *Int. J. Eat. Disord.* 1986;5(2):295-315. DOI: 10.1002/1098-108X(198602)5:2<295::AID-EAT2260050209>3.0.CO;2-T.
 24. Zigmond A.S., Snaith R.P. The hospital anxiety and depression scale // *Acta Psychiatr. Scand.* 1983;67(6):361-370. DOI: 10.1111/j.1600-0447.1983.tb09716.x
 25. Hill N.R., Oliver N.S., Choudhary P. et al. Normal reference range for mean tissue glucose and glycemic variability derived from continuous glucose monitoring for subjects without diabetes in different ethnic groups // *Diabetes Technol. Ther.* 2011;13(9):921-928. DOI: 10.1089/Dia.2010.0247.
 26. Montaruli A., Castelli L., Mulè A. et al. Biological rhythm and chronotype: New perspectives in health // *Biomolecules.* 2021;11(4):487. DOI: 10.3390/biom11040487.
 27. Нелаева Ю.В., Рымар О.Д., Петров И.М. и др. Роль индивидуальной организации суточных ритмов в формировании нарушений углеводного обмена // *Сахарный диабет.* 2023;26(3):224-235. DOI: 10.14341/DM12909.
 28. Vera B., Dashti H.S., Gómez-Abellán P. et al. Modifiable lifestyle behaviors, but not a genetic risk score, associate with metabolic syndrome in evening chronotypes // *Sci. Rep.* 2018;8(1):945. DOI: 10.1038/s41598-017-18268-z.
 29. Мохова И.Г., Пинхасов Б.Б., Селятицкая В.Г. Гендерные особенности нарушений пищевого поведения. *Chronobiol. Int.* 2014;31(1):64-71. DOI: 10.3109/07420528.2013.821614.
 17. Kanerva N., Kronholm E., Partonen T. et al. Tendency toward eveningness is associated with unhealthy dietary habits. *Chronobil. Int.* 2012;29(7):920-927. DOI: 10.3109/07420528.2012.699128.
 18. Bo S., Musso G., Beccuti G. et al. Consuming more of daily caloric intake at dinner predisposes to obesity. A 6-year population-based prospective cohort study. *PloS One.* 2014;9(9):e108467. DOI: 10.1371/journal.pone.0108467.
 19. Nas A., Mirza N., Hägele F. et al. Impact of breakfast skipping compared with dinner skipping on regulation of energy balance and metabolic risk. *Am. J. Clin. Nutr.* 2017;105(6):1351-1361. DOI: 10.3945/ajcn.116.151332.
 20. Raji O., Kyeremah E.B., Sears D.D. et al. Chrononutrition and cardiometabolic health: an overview of epidemiological evidence and key future research directions. *Nutrients.* 2024;16(14):2332. DOI: 10.3390/nu16142332.
 21. Tsvetkova E.S., Romantsova T.I., Poluektov M.G. et al. The importance of melatonin in the regulation of metabolism, eating behavior, sleep, and the prospects for the use of melatonin drugs for obesity treatment. *Obesity and Metabolism.* 2021;18(2):112-124. DOI: 10.14341/omet12279. (In Russ.)
 22. Yuzhakova A.E., Nelaeva A.A., Nelaeva Yu.V., Gubin D.G. Using amplitude-phase parameters of circadian rhythms as diagnostic markers of carbohydrate metabolism disorders. *Obesity and Metabolism.* 2022;19(1):83-91. DOI: 10.14341/omet12781. (In Russ.)
 23. Van Strein T., Frijters J.E.R., Bergers G.P.A., Van Defares P.B. The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for assessment of restrained, emotional, and external eating behavior. *Int. J. Eat. Disord.* 1986;5(2):295-315. DOI: 10.1002/1098-108X(198602)5:2<295::AID-EAT2260050209>3.0.CO;2-T.
 24. Zigmond A.S., Snaith R.P. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr. Scand.* 1983;67(6):361-370. DOI: 10.1111/j.1600-0447.1983.tb09716.x
 25. Hill N.R., Oliver N.S., Choudhary P. et al. Normal reference range for mean tissue glucose and glycemic variability derived from continuous glucose monitoring for subjects without diabetes in different ethnic groups. *Diabetes Technol. Ther.* 2011;13(9):921-928. DOI: 10.1089/Dia.2010.0247.
 26. Montaruli A., Castelli L., Mulè A. et al. Biological rhythm and chronotype: New perspectives in health. *Biomolecules.* 2021;11(4):487. DOI: 10.3390/biom11040487.
 27. Nelaeva Y.V., Rymar O.D., Petrov I.M. et al. The role of individual organization of circadian rhythms in the formation of carbohydrate metabolism disorders. *Diabetes Mellitus.* 2023;26(3):224-235. DOI: 10.14341/DM12909. (In Russ.)
 28. Vera B., Dashti H.S., Gómez-Abellán P. et al. Modifiable lifestyle behaviors, but not a genetic risk score, associate with metabolic syndrome in evening chronotypes. *Sci. Rep.* 2018;8(1):945. DOI: 10.1038/s41598-017-18268-z.
 29. Mokhova I.G., Pinkhasov B.B., Selyatitskaya V.G. Gender features of eating behavior disorders in persons

- дения у лиц с избыточной массой тела и ожирением // Сибирский научный медицинский журнал. 2017;37(6):86-91.
30. Мохова И.Г., Пинхасов Б.Б., Шилина Н.И. и др. Особенности психоэмоционального состояния, пищевого поведения и показателей гормонально-адипокиновой регуляции метаболизма у мужчин с подкожным и абдоминальным типами распределения жира // Ожирение и метаболизм. 2020;17(2):156-163. DOI: 10.14341/omet12100.
 31. Muñoz J.S., Gallego M.G., Soler I.D. et al. Effect of a chronotype-adjusted diet on weight loss effectiveness: A randomized clinical trial // Clin. Nutr. 2020;39(4):1041-1048. DOI: 10.1016/j.clnu.2019.05.012.
 32. Lucassen E.A., Zhao X., Rother K.I. et al. Evening chronotype is associated with changes in eating behavior, more sleep apnea, and increased stress hormones in short sleeping obese individuals // PLoS One. 2013;8(3):e56519. DOI: 10.1371/journal.pone.0056519.
 33. Lázár A.S., Slak A., Lo J.C.Y et al. Sleep, diurnal preference, health, and psychological well-being: a prospective single-allelic-variation study // Chronobiol. Int. 2012;29(2):131-146. DOI: 10.3109/07420528.2011.641193.
 34. Lane J.M., Vlasac I., Anderson S.G. et al. Genome-wide association analysis identifies novel loci for chronotype in 100,420 individuals from the UK Biobank // Nat. Commun. 2016;7:10889. DOI: 10.1038/ncomms10889.
 35. Хронобиология и хрономедицина / под ред. С.М. Чибисова, С.И. Рапопорта, М.Л. Благоднарова. М.: РУДН, 2018. 828 с.
- with overweight and obesity. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2017;37(6):86-91. (In Russ.)
30. Mokhova I.G., Pinkhasov B.B., Shilina N.I. et al. The features of psychological state, eating behavior, hormonal and adipokine regulation of metabolism in men with subcutaneous and abdominal fat distribution. *Obesity and Metabolism*. 2020;17(2):156-163. DOI: 10.14341/omet12100. (In Russ.)
 31. Muñoz J.S., Gallego M.G., Soler I.D. et al. Effect of a chronotype-adjusted diet on weight loss effectiveness: A randomized clinical trial. *Clin. Nutr*. 2020;39(4):1041-1048. DOI: 10.1016/j.clnu.2019.05.012.
 32. Lucassen E.A., Zhao X., Rother K.I. et al. Evening chronotype is associated with changes in eating behavior, more sleep apnea, and increased stress hormones in short sleeping obese individuals. *PLoS One*. 2013;8(3):e56519. DOI: 10.1371/journal.pone.0056519.
 33. Lázár A.S., Slak A., Lo J.C.Y et al. Sleep, diurnal preference, health, and psychological well-being: a prospective single-allelic-variation study. *Chronobiol. Int*. 2012;29(2):131-146. DOI: 10.3109/07420528.2011.641193.
 34. Lane J.M., Vlasac I., Anderson S.G. et al. Genome-wide association analysis identifies novel loci for chronotype in 100,420 individuals from the UK Biobank. *Nat. Commun*. 2016;7:10889. DOI: 10.1038/ncomms10889.
 35. Chibisov S.M., Rapoport S.I., Blagodaravov M.L. (eds.) (2018). *Chronobiology and Chronomedicine*. Moscow: RUDN University. 828 p. (In Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пинхасов Борис Борисович – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой патологической физиологии и клинической патофизиологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; ведущий научный сотрудник лаборатории эндокринологии ФГБНУ Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0002-4579-425X.

Сорокин Максим Юрьевич – канд. мед наук, аспирант лаборатории эндокринологии ФГБНУ Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-2384-3759.

Кондакова Наталия Андреевна – аспирант лаборатории эндокринологии ФГБНУ Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-4155-9727.

Селятицкая Вера Георгиевна – д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией эндокринологии ФГБНУ Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-4534-7289.

ABOUT THE AUTHORS

Boris B. Pinkhasov – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head, Department of Pathological Physiology and Clinical Pathophysiology, Novosibirsk State Medical University; Leading Researcher, Endocrinology Laboratory, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0002-4579-425X.

Maksim Yu. Sorokin – Cand. Sci. (Med.), Post-graduate Student, Endocrinology Laboratory, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-2384-3759.

Nataliya A. Kondakova – Post-graduate Student, Endocrinology Laboratory, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-4155-9727.

Vera G. Selyatitskaya – Dr. Sci. (Biol.), Professor, Head, Endocrinology Laboratory, Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-4534-7289.