

## ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕПРОДУКТИВНОГО ПРОФИЛЯ У ЖЕНЩИН С РАЗЛИЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ЖИРОВОЙ ТКАНИ

Л.Н. Смелышева<sup>1</sup>, [smelishева@ya.ru](mailto:smelishева@ya.ru), <http://orcid.org/0000-0002-3235-1792>  
А.А. Южакова<sup>1</sup>, [ay14031991@mail.ru](mailto:ay14031991@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-6459-4811>  
Н.В. Сажина<sup>1</sup>, [sazhina67@mail.ru](mailto:sazhina67@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-5855-6907>  
Г.А. Кузнецов<sup>2</sup>, [vip.kuznetsoa@mail.ru](mailto:vip.kuznetsoa@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-2599-2689>

<sup>1</sup> Курганский государственный университет, Курган, Россия

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация. Цель:** оценить вклад вегетативного и метаболического контура регуляции при формировании репродуктивного профиля у молодых женщин. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие женщины репродуктивного возраста от 18 до 40 лет. В зависимости от активности жировой ткани (ЖТ) сформировано три группы: женщины с нормальной массой тела, дефицитом массы тела (ДМТ) и избыточной массой тела (ИзбМТ). В каждой обозначенной группе в условиях применения прибора «Варикард 2.51» определяли характерный тип вегетативного регулирования. В качестве индикатора вегетативного баланса определен индекс Баевского как непосредственно индикатор напряжения регуляторных систем SDNN (мс); рNN50 (%). Иммуноферментный анализ (ИФА) позволил определить гонадотропные и половые гормоны. Забор крови у женщин, принявших участие в исследовании, осуществлялся с учетом индивидуальных фаз овариально-менструального цикла (ОМЦ). **Результаты.** Женщины с НМТ составили основную группу, наименьшее число обследуемых оказалось в группе с ДМТ. При исследовании вегетативного регулирования были получены следующие показатели: среди представительниц с НМТ доминировал нормо-, среди женщин группы с ДМТ – симпато- и соответственно среди участниц группы с ИзбМТ наиболее существенным был ваготонический тип. Максимальная и минимальная активность ЖТ сопровождалась высокой концентрацией фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), в отличие от женщин, кому соответствовала допустимая масса тела. Значение лютеинизирующего гормона (ЛГ) практически не зависело от непосредственной активности ЖТ, ориентация небольших величин сохранялась среди представительниц с ИзбМТ. Степень динамичности жировой ткани существенно влияет на показатель половых гормонов. Вклад исходного тонуса (ВНС) определил наиболее существенные связи между концентрацией гонадотропинов и уровнем напряжения (SI). Менее выраженные связи были свойственны в целях вегетативного контура регуляции и половыми стероидами. **Заключение.** Установлена прямая зависимость регуляции гормонов репродуктивного профиля от вегетативных и метаболических особенностей, в частности, в значительной степени выброс гонадотропинов связан с тонусом вегетативной нервной системы, а выработка половых гормонов определялась динамичностью жировой ткани.

**Ключевые слова:** вегетативное регулирование, масса тела, половые и гонадотропные гормоны, репродуктивное здоровье

**Для цитирования:** Особенности вегетативного регулирования репродуктивного профиля у женщин с различной активностью жировой ткани / Л.Н. Смелышева, А.А. Южакова, Н.В. Сажина, Г.А. Кузнецов // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 2. С. 7–12. DOI: 10.14529/hsm240201

## AUTONOMIC REGULATION AND ITS IMPACT ON REPRODUCTIVE PROFILES IN WOMEN ACROSS DIFFERENT ADIPOSE TISSUE ACTIVITY LEVELS

L.N. Smelysheva<sup>1</sup>, smelisheva@ya.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3235-1792>  
A.A. Yuzhakova<sup>1</sup>, ay14031991@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6459-4811>  
N.V. Sazhina<sup>1</sup>, sazhina67@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5855-6907>  
G.A. Kuznetsov<sup>2</sup>, vip.kuznetsoa@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2599-2689>

<sup>1</sup> Kurgan State University, Kurgan, Russia

<sup>2</sup> ITMO University, St. Petersburg, Russia

**Abstract. Aim.** This study aims to investigate the role of autonomic and metabolic pathways in shaping the reproductive profiles of young women, with a particular focus on the influence of adipose tissue activity levels. **Materials and methods.** The study involved women aged 18 to 40 years, stratified into three groups based on adipose tissue activity: those with normal body weight, underweight, and overweight. Utilizing the “Varicard 2.51” device, distinct patterns of autonomic regulation have been identified within each group. The Baevisky index, indicative of the balance between sympathetic and parasympathetic systems, served as a key metric, alongside the measurement of SDNN and pNN50. Additionally, enzyme-linked immunosorbent assays (ELISAs) were employed to quantify gonadotropic and sex hormones. Blood samples were collected with respect to various phases of the menstrual cycle to account for hormonal fluctuations. **Results.** Women with normal body weight made up the main group, the smallest number of subjects was in the group of underweight women. Our findings reveal a predominance of normotonics among women with normal body weight, sympathetic regulation in the overweight group, and vagotonic regulation in the overweight group. Notably, variations in autonomic tone were correlated with the concentration of follicle-stimulating hormone (FSH), while the levels of luteinizing hormone (LH) remained relatively stable across groups. The dynamic nature of adipose tissue significantly influenced the secretion rates of sex hormones, with the baseline tone of the autonomic system contributing to the strongest correlations between gonadotropin concentrations and the SI. Less pronounced correlations were recorded between autonomic regulation and sex hormones. **Conclusion.** This study underscores the critical interplay between autonomic regulation, metabolic factors, and reproductive health, particularly highlighting the pivotal role of adipose tissue dynamics in modulating the production of sex hormones and the effect of the autonomic tone on the release of gonadotropins.

**Keywords:** autonomic regulation, body weight, sex hormones, gonadotropic hormones, reproductive health

**For citation:** Smelysheva L.N., Yuzhakova A.A., Sazhina N.V., Kuznetsov G.A. Autonomic regulation and its impact on reproductive profiles in women across different adipose tissue activity levels. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(2):7–12. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240201

**Введение.** Репродуктивное здоровье человека формирует его качество жизни, активность и конструирует работу иных органов и систем. Активность жировой ткани непосредственно связана как с уровнем половых гормонов, так и в значительной степени воздействует на все процессы становления репродуктивного механизма [1, 3–6].

При рассмотрении целостной нервной системы необходимо отметить, что вегетативная нервная система образует ее существенную составляющую. Особенности нейрогуморальной регуляции функций женского организма представляют собой последовательные гормонально зависимые процессы,

при этом существенная роль отводится половым гормонам как определяющей составляющей гомеостаза и внутренним инициативным факторам эффективности репродуктивной деятельности [2].

**Организация и методы исследования.** В исследовании приняли участие женщины репродуктивного возраста от 18 до 40 лет. После прохождения медицинского обследования, согласно Приказу № 124-н от 13.03.2019 г., по общему состоянию здоровья участницы исследования были включены в основную медицинскую группу. С учетом динамичности жировой ткани были выделены три группы женщин: 18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup> соответствуют пока-

затели нормальной массы тела (НМТ); при ИМТ < 18,5 кг/м<sup>2</sup> – характерно показателю с дефицитом массы тела (ДМТ) и, наконец, при ИМТ > 24,9 кг/м<sup>2</sup> выявлена избыточная масса тела (ИзбМТ). Во всех группах устанавливали категорию вегетативного регулирования, применяя прибор «Варикард 2.51», показателем вегетативного баланса был определен индекс напряжения регуляторных систем. Таким образом, значение индекса у нормотоников составлял от 31 до 120 усл. ед., у симпатотоников – от 120 усл. ед. и, соответственно, у ваготоников не превышал 30 усл. ед. Исследование концентрации гормонов – эстрадиола, ФСГ, прогестерона, ЛГ в сыворотке крови – проводилось методом ИФА. В зависимости от индивидуальной фазы овариально-менструального цикла (ОМЦ) проводили забор крови. В целях выявления искомым результатов была применена профильная программа Statistica v.10, анализирующая статистические данные, которые в итоге сформировали сводную таблицу средних показателей с ошибкой средней ( $M \pm m$ ). В целях усиления детализированной оценки соотношения исследуемых показателей использовался статистический метод – регрессионный анализ ( $r > 0,7$ ), при этом истинным допускали значения корреляции и различия при  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Все женщины были разделены по ИМТ и тону ВНС: основную группу составили женщины с НМТ и нормотоническим типом вегетативного регулирования, на втором месте – лица с ИзбМТ и, соответственно, наименьшее количество обследуемых оказалось с ДМТ (рис. 1).

Практически одинаковое количество лиц с симпатикотоническим и парасимпатическим типами вегетативного регулирования, среди обозначенных лиц с НМТ преобладал нормотонический тип вегетативного регулирования.

Среди женщин с ДМТ равное представительство нормо- и симпатикотонии – по 40 % и у 20 % – превышал ваготонус. Среди женщин с ИзбМТ в незначительной степени другие виды регулирования и максимально был представлен ваготонус. Во всех группах с различным ИМТ и активностью жировой ткани преобладал определенный тип вегетативного регулирования, к примеру, у женщин с ДМТ – симпато-, с НМТ – нормо- и, соответственно, с ИзбМТ – ваготонический. Соответственно, сформировалась необходимость в оценочных мероприятиях в отношении непосредственно гормонального репродуктивного профиля, а именно: половых гормонов и гонадотропинов. Интерес представляли специфика вегетативного регулирования у женщин с различным ИМТ, в частности, вклад конкретного отдела ВНС и его доминирование от активности жировой ткани. Установлено, что уровень гонадотропинов характеризовался активностью ЖТ в группах женщин с различным ИМТ (табл. 1).

Максимальная и минимальная активность ЖТ характеризовалась повышенной концентрацией ФСГ, что отличалось от показателей по группе женщин с нормальной массой тела. Меньшая зависимость от активности ЖТ определялась в основе лютеинизирующего гормона (ЛГ), минимальные показатели оставались без изменений у женщин с ИзбМТ.

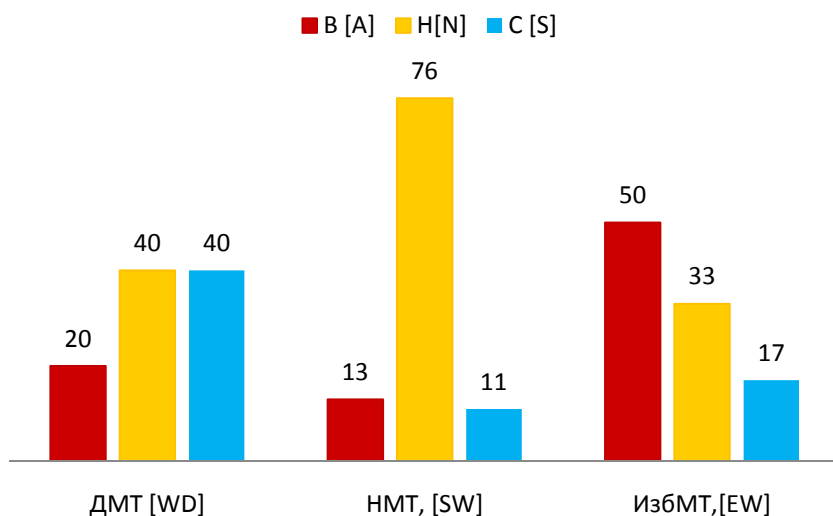


Рис. 1. Распределение женщин по ИМТ и тону ВНС, %  
Fig. 1. Distribution of participants by BMI and autonomic tone, %

Содержание гормонов у женщин с различной массой тела, общая группа (M ± m) (n = 60)  
Hormonal profiles in women with different body weight, general group (M ± m) (n = 60)

Показатель Parameter	ИМТ, кг/м <sup>2</sup> BMI, kg/m <sup>2</sup>	ЛГ, МЕ/лLH, IU/l	ФСГ, МЕ/л FSH, IU/l	ЛГ/ФСГ LH/FSH	Эстрадиол, пг/мл Estradiol, pg/ml	Прогестерон, нг/мл Progesterone, ng/ml
ДМТ Under weight (n = 5)	18,07 ± 0,21	5,28 ± 0,24	7,07 ± 0,10	0,74	174,20 ± 28,33	11,34 ± 0,39
НМТ Normal weight (n = 45)	20,53 ± 0,70*	5,44 ± 0,51	4,58 ± 0,26*	1,19	197 ± 17,30	11,20 ± 0,18
ИзбМТ Over weight (n = 10)	27,18 ± 0,68*~	4,65 ± 0,62	6,59 ± 0,46~	0,71	251,83 ± 9,54*~	9,71 ± 1,16

Примечание. При значении показателя  $p < 0,05^*$  истинность различий в отношении исследуемой группы с ДМТ; при значении показателя  $p < 0,05^{\sim}$  истинность различий в отношении исследуемой группы с НМТ.

Note. \* $p < 0.05$  differences are significant compared to underweight women;  $\sim p < 0.05$  differences are significant compared to women with normal weight.

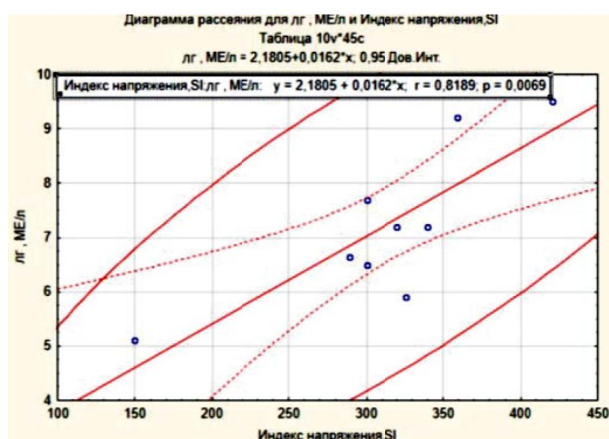


Рис. 2. Взаимосвязь между содержанием ЛГ и уровнем напряжения

Fig. 2. Scatterplot for LH (IU/l) and stress index

Анализ показателей индекса ЛГ/ФСГ установил относительную недостаточность секреторной фазы в исследуемых группах женщин с ДМТ и ИзбМТ.

Активность ЖТ в значительной степени определяла содержание половых стероидов, к примеру, наибольшая концентрация эстрадиола выявлена в группах, где среди женщин преобладала избыточная масса тела. При анализе прогестерона определена обратная зависимость, а именно, уменьшение уровня упомянутого гормона наблюдалось только в случае увеличения массы тела. В исследуемых группах с симпатотоническим и ваготоническим типами регулирования при анализе вклада исходного тонуса (ВНС) выявлена прямая

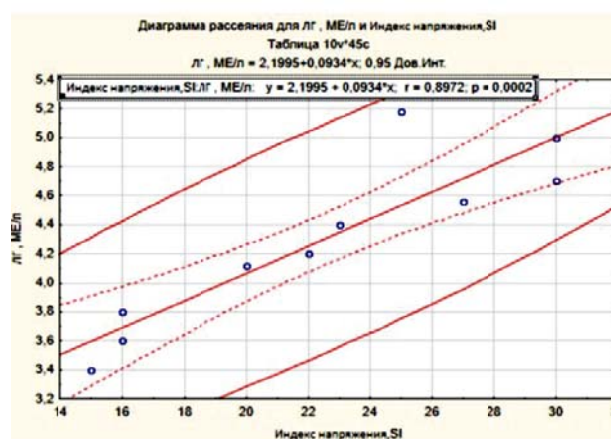


Рис. 3. Взаимосвязь между содержанием ЛГ, МЕ/л и уровнем напряжения

Fig. 3. Scatterplot for LH (IU/l) and stress index

прочная взаимосвязь между уровнем концентрации лютеинизирующего гормона и уровнем напряжения (SI), в частности,  $r = 0,81$   $p = 0,0069$  и  $r = 0,89$   $p = 0,0002$  соответственно (рис. 2, 3).

При повышении индекса напряжения на 1 усл. ед. увеличивается уровень секреции ЛГ в группе с ваготоническим типом регулирования на 0,0934 МЕ/л и с симпатотоническим на 0,0162 МЕ/л. Нормотонический тип регулирования выявил зависимости между уровнем гонадотропинов и вегетативным тонусом, так представлена прочная положительная взаимосвязь между уровнем ФСГ и индексом напряжения  $r = 0,78$   $p = 0$ , где при повышении на 1 усл. ед. уровень ФСГ повышается на 0,0638 МЕ/л. При этом зависимость между

уровнем половых гормонов и вегетативным тонусом отмечалась незначительной корреляционной связью слабой силы.

**Заключение.** Анализ вклада вегетативного и метаболического контура регуляции при образовании репродуктивного профиля у молодых женщин определил зависимость регу-

ляции гормонов репродуктивного профиля от вегетативных и метаболических особенностей: выброс гонадотропинов в преимущественной степени взаимосвязан с тонусом вегетативной нервной системы, а выработка половых гормонов формировалась активностью жировой ткани.

#### Список литературы

1. Анохин, П.К. *Избранные труды: Кибернетика функциональных систем.* – М.: Медицина, 1998. – 400 с.
2. Бугаевский, К.А. Особенности индивидуальных показателей менструального цикла у студенток специальной медицинской группы, занимающихся физической культурой, с пониженной и повышенной массой тела / К.А. Бугаевский // *Проблемы совершенствования физической культуры, спорта и олимпизма.* – 2015. – № 1. – С. 51–60.
3. Выдрич, А.Н. Ожирение в практике врача-гинеколога: клинический случай / А.Н. Выдрич // *Consilium Medicum.* – 2015. – Т. 17, № 6. – С. 49–55.
4. Стресс-индуцированные изменения гонадотропинов у студенток с различным вегетативным типом регулирования / Л.Н. Смельшьева, М.М. Киселева, А.В. Кайгородцев, Т.О. Симонова // *Вестник Курган. гос. ун-та.* – 2015. – № 2. – С. 26–29.
5. Щербатых, Ю.В. Экзамен и здоровье / Ю.В. Щербатых // *Высшее образование в России.* – 2000. – № 3. – С. 53–56.
6. Ansari, El.W. Is the health and wellbeing of university students associated with their academic performance? Cross sectional findings from the United Kingdom / El.W. Ansari, C. Stock // *J Environ Res Public Health.* – 2010. – № 7 (2). – P. 509–527.

#### References

1. Anokhin P.K. *Izbrannyye trudy: Kibernetika funktsional'nykh sistem* [Selected Works. Cybernetics of Functional Systems]. Moscow, Medicine Publ., 1998. 400 p.
2. Bugaevsky K.A. [Features of Individual Indicators of the Menstrual Cycle in Students of a Special Medical Group Involved in Physical Culture, with Low and High Body Weight]. *Problemy sovshenstvovaniya fizicheskoy kul'tury, sporta i olimpizma* [Problems of Improving Physical Culture, Sports and Olympism], 2015, no. 1, pp. 51–60. (in Russ.)
3. Vydrich A.N. Obesity in the Practice of a Gynecologist. A Clinical Case. *Consilium Medicum*, 2015, vol. 17, no. 6, pp. 49–55. (in Russ.)
4. Smelysheva L.N., Kiseleva M.M., Kaigorodtsev A.V., Simonova T.O. [Stress-induced Changes in Gonadotropins in Female Students with Different Vegetative Type of Regulation]. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Kurgan State University], 2015, no. 2, pp. 26–29. (in Russ.)
5. Shcherbatykh Yu.V. [Exam and Health]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* [Higher Education in Russia], 2000, no. 3, pp. 53–56. (in Russ.)
6. Ansari El.W., Stock C. Is the Health and Wellbeing of University Students Associated with their Academic Performance? Cross Sectional Findings from the United Kingdom. *Journal Environment Research Public Health*, 2010, no. 7 (2), pp. 509–527.

#### Информация об авторах

**Смельшьева Лада Николаевна**, доктор медицинских наук, профессор, руководитель академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.П. Кузнецова, Курганский государственный университет, Курган, Россия.

**Южакова Алена Андреевна**, аспирант академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.П. Кузнецова, Курганский государственный университет, Курган, Россия.

**Сажина Нина Витальевна**, кандидат биологических наук, доцент академической кафедры «Анатомия и физиология человека» имени профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.П. Кузнецова, Курганский государственный университет, Курган, Россия.

**Кузнецов Георгий Александрович**, магистрант, специальность «Индустриальная биотехнология», Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

***Information about the authors***

**Lada N. Smelysheva**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Academic Department “Human Anatomy and Physiology” named after Professor, Honored Scientist of the Russian Federation A.P. Kuznetsov, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

**Alena A. Yuzhakova**, Postgraduate student, Academic Department “Human Anatomy and Physiology” named after Professor, Honored Scientist of the Russian Federation A.P. Kuznetsov, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

**Nina V. Sazhina**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Academic Department “Human Anatomy and Physiology” named after Professor, Honored Scientist of the Russian Federation A.P. Kuznetsov, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

**Georgiy A. Kuznetsov**, Master’s degree student (Industrial Biotechnology), ITMO University, Saint Petersburg, Russia.

***Вклад авторов:*** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

***Contribution of the authors:*** the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

***Статья поступила в редакцию 26.10.2023***

***The article was submitted 26.10.2023***