

**Информация для цитирования:**

Каширина Е.Ж., Маклакова Т.П., Жилина Н.М., Тинькова, Н.Ю. Биоимпедансный анализ как диагностический инструмент для определения метаболических факторов риска // Медицина в Кузбассе. 2025. №2. С. 16-22.

**Каширина Е.Ж., Маклакова Т.П., Жилина Н.М., Тинькова, Н.Ю.**

Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, ООО «Медицинский центр ЕВРОМЕД», г. Новокузнецк, Россия



## БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА

Проблема ожирения и связанных с ним метаболических нарушений требует внимания специалистов различного профиля, особенно на уровне первичной медицинской помощи. Актуальна разработка эффективных методов ранней диагностики факторов метаболического риска.

**Цель исследования** – оценка эффективности биоимпедансного анализа (БИА) в диагностике метаболических факторов риска у пациентов с различной степенью ожирения.

**Материалы и методы.** Проведен анализ данных БИА 218 человек (19-86 лет), выполненного с помощью анализатора ABC-01 «Медасс» на частоте 50 кГц по стандартной тетраполярной схеме. Статистическую обработку осуществляли с использованием программ IBM SPSS-22 и MS Excel-13.

**Результаты.** Выявлены значимые корреляции между индексом массы тела (ИМТ) и показателями водного баланса: внеклеточной водой ( $r = 0,77$ ), общей водой ( $r = 0,73$ ) и внутриклеточной водой ( $r = 0,69$ ). Наиболее выраженные различия между группами риска получены для ИМТ ( $\chi^2 = 118,7$ ;  $p < 0,001$ ), жировой массы ( $\chi^2 = 101,5$ ;  $p < 0,001$ ) и тощей массы ( $\chi^2 = 79,4$ ;  $p < 0,001$ ).

**Заключение.** БИА демонстрирует высокую диагностическую ценность в оценке жирового компонента, мышечно-клеточного состава и водного баланса. Комбинированное использование ИМТ и индекса талии/бедер повышает точность прогнозирования метаболических рисков по сравнению с их изолированным применением.

**Ключевые слова:** ожирение; факторы метаболического риска; биоимпедансный анализ; биоимпедансометрия; индекс массы тела.

**Kashirina E.Zh., Maklakova T.P., Zhilina N.M., Tinkova, N.Y.**

Novokuznetsk State Institute for Advanced Medical Studies, EUROMED Medical Center LLC, Novokuznetsk, Russia

### BIOPEDANCE ANALYSIS AS A DIAGNOSTIC TOOL FOR METABOLIC RISK FACTORS SCREENING

The problem of obesity and associated metabolic disorders requires the attention of specialists of various profiles, especially at the level of primary health care. The development of effective methods for early diagnosis of metabolic risk factors is relevant.

**The aim of the study** was to evaluate the effectiveness of bioimpedance analysis (BIA) in the diagnosis of metabolic risk factors in patients with different degrees of obesity.

**Materials and Methods.** The analysis of BIA data of 218 people (19-86 years old) performed with the help of ABC-01 «Medass» analyzer at the frequency of 50 kHz according to the standard tetrapolar scheme was carried out. Statistical processing was performed using IBM SPSS-22 and MS Excel-13 programs.

**Results.** Significant correlations were revealed between body mass index (BMI) and water balance indices: extracellular water ( $p = 0.77$ ), total water ( $p = 0.73$ ) and intracellular water ( $p = 0.69$ ). The most pronounced differences between risk groups were obtained for BMI ( $\chi^2 = 118.7$ ;  $p < 0.001$ ), fat mass ( $\chi^2 = 101.5$ ;  $p < 0.001$ ) and lean mass ( $\chi^2 = 79.4$ ;  $p < 0.001$ ).

**Conclusion.** BIA demonstrates high diagnostic value in the assessment of fat component, muscle-cell composition and water balance. The combined use of BMI and waist/hip index improves the accuracy of metabolic risk prediction compared to their isolated use.

**Key words:** obesity; metabolic risk factors; bioimpedance analysis; bioimpedanceometry; body mass index.

Проблема ожирения приобрела глобальные масштабы, достигнув уровня пандемии. Распространенность данного состояния варьирует в пределах 20-40%, и, согласно прогнозам [1, 2], к 2030 году ожирение или избыточный вес могут быть диагно-

стированы у почти половины населения Земли. ВОЗ обозначает ожирение как «вторую неинфекционную эпидемию современности» [3], подчеркивая тем самым серьезность медицинских, экономических и социальных последствий этого заболевания.

Рост заболеваемости наблюдается во всех возрастных когортах, включая детей и подростков.

Ожирение является установленным фактором риска и предиктором множества хронических заболеваний. Так, например, по данным [4], избыточная масса тела или ожирение присутствуют у приблизительно 70% пациентов с артериальной гипертензией и 90% пациентов с сахарным диабетом 2 типа. В связи с этим, особую актуальность приобретает своевременная диагностика факторов метаболического риска (ФМР) у лиц с избыточной массой тела и ожирением. К ФМР относятся: артериальная гипертензия, висцеральное ожирение, а также нарушения углеводного, липидного и пуринового обменов.

Для своевременного выявления ФМР, тесно связанных с ожирением (включая висцеральное ожирение и нарушения обмена веществ), необходимы точные методы оценки состава тела. Поэтому актуальность приобретают различные методики, позволяющие определить процент жировой массы и ее распределение.

Методом выбора для определения состава тела признана двойная рентгеновская абсорбциометрия, для которой установлены пороговые значения жировой массы тела: 25% для мужчин и 32% для женщин. В качестве альтернативного, более доступного метода оценки состава жира и превентивной диагностики ФМР может рассматриваться биоимпедансный анализ (БИА). Точность оценки массы жира методом БИА характеризуется средней погрешностью  $\pm 5\%$ , зависящей, в частности, от уровня гидратации организма [5]. Этот неинвазивный инструментальный подход позволяет получить комплексную информацию о физиологическом состоянии организма, интегрируя данные о физических характеристиках и функциональных параметрах, тесно коррелирующих с предрасположенностью к метаболическим расстройствам [6, 7]. БИА предоставляет информацию о количестве жировой массы, включая висцеральный жир, характеризует соотношение жировой и мышечной ткани, позволяет рассчитать индекс массы тела (ИМТ) и индекс отношения окружности талии к окружности бедер, а также определяет содержание внутриклеточной и внеклеточной жидкости. БИА получил широкое распространение в клинической практике благодаря своей неинвазивности и возможности проведения как однократных измерений, так и мониторинга состояния пациента. Данный метод не вызывает изменений в организме и не несет рисков развития осложнений, характерных для инвазивных процедур [8].

Данная работа выполнена в связи с возникшей необходимостью привлечения внимания специалистов разного профиля, особенно первичного звена, к проблеме ожирения и, в том числе, ранней диагностике ФМР.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ использования БИА среди людей, обратившихся самостоятельно или по направ-

лению в МЦ «Евромед» города Новокузнецка в течение 2023-2024 гг. БИА состава тела определялся с помощью анализатора внутренних сред организма ABC – 01 «Медасс», на частоте зондирующего тока 50 кГц по стандартной тетраполярной схеме с наложением электродов на область лучезапястного и голеностопного суставов, при положении испытуемого лежа на спине. Данный анализатор применяется в центрах профилактической [9, 10] и спортивной [11] медицины, что позволило накопить значительные объемы популяционных данных для всех возрастных и половых групп [12, 13].

БИА проводили утром, натощак или через 2,5-3 часа после приема пищи. Создана база данных в лицензионной программе Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, версия IBM SPSS Statistics 22).

На начальном этапе проведена описательная статистика группы. В исследовании приняли участие 218 человек от 19 до 86 лет, со средним возрастом  $40 \pm 12,83$  лет; из них мужчины – 24 (11,01%), женщины – 194 (88,99%). В исследование не включались пациенты с наличием крупных металлических имплантов (протез), кардиостимуляторов, беременные, дети и подростки. В базу данных введена дополнительная переменная – интервал ИМТ (степень ожирения).

Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics 22. При отсутствии нормального распределения признаков использовали медиану и квартили. Сравнительный анализ групп риска проведен методом Краскела-Уоллиса, также использовался анализ методом ранговой корреляции Спирмена. Графический анализ проведен в программе MS Excel-13.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании участвовали преимущественно молодые люди с медианой возраста 39 лет и возрастным диапазоном от 19 до 86 лет. Медиана веса в группе составила 75,45 кг с минимальным и максимальным значениями 44 кг и 153,4 кг соответственно. Наиболее высокие показатели веса, окружности талии и окружности бедер соответствовали 75 перцентилю (табл. 1).

Среди мужчин нормальный ИМТ наблюдался у 25%, избыточный вес – у 33,3%, ожирение 1 степени – у 16,7%, 2 степени – у 8,3%, 3 степени – у 16,7%. В общей сложности, 75% мужчин имели избыточную массу тела или ожирение различной степени.

У женщин распределение выглядело следующим образом: 43,3% имели нормальный ИМТ, 24,2% – избыточный вес, 17,5% – ожирение 1 степени, 7,7% – ожирение 2 степени, и 7,2% – ожирение 3 степени. В общей сложности, 56,7% женщин имели избыточную массу тела или ожирение (табл. 2).

Наиболее выраженные корреляции установлены между ИМТ и долей жировой массы (0,83), а так-

Таблица 1  
Антропометрические параметры группы  
Table 1  
Anthropometric parameters of the group

N			Возраст	Рост	Вес	ОТ	ОБ
	Допустимо	Пропущенные	218	218	218	218	218
			0	0	0	0	0
	Среднее значение		40,10	166,33	78,18	86,14	104,39
	Медиана		39,00	166,00	75,45	82,00	102,50
	Стандартное отклонение		12,83	7,43	20,51	16,49	12,89
	Асимметрия		0,75	0,32	0,93	0,68	0,89
	Стандартная ошибка асимметрии		0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
	Эксцесс		1,01	0,40	0,76	-0,03	2,18
	Стандартная ошибка эксцесса		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Минимум		19	148	44,00	58	69
	Максимум		86	194	153,40	138	163
Процентили		25	31,00	161,00	61,68	74,00	96,00
		50	39,00	166,00	75,45	82,00	102,50
		75	48,00	170,25	89,25	98,00	110,00

**Примечание (Note):** ОТ – обхват (окружность) талии, см (waist circumference, cm); ОБ – обхват (окружность) бедер, см (hip circumference, cm).

Таблица 2  
Таблица сопряженности признаков (интервал ИМТ и пол)  
Table 2  
Contingency table of features (BMI interval and gender)

Изб. вес		Интервал_ИМТ					Всего	
		Норма	Изб. вес	1 ст.	2 ст.	3 ст.		
Пол	м	Количество	6	8	4	2	4	24
		Всего	25,0%	33,3%	16,7%	8,3%	16,7%	100,0%
	ж	Количество	84	47	34	15	14	194
		Всего	43,3%	24,2%	17,5%	7,7%	7,2%	100,0%
Всего		Количество	90	55	38	17	18	218
		Всего	41,3%	25,2%	17,4%	7,8%	8,3%	100,0%

же между ИМТ и показателями общего количества воды в организме (0,73), внеклеточной (0,77) и внутриклеточной воды (0,69) (табл. 3). Высокая положительная корреляция между ИМТ и долей жировой массы ожидаема и логично объясняется тем, что ИМТ является, хоть и косвенным, но показателем жировых отложений.

Интерес представляют сильные корреляции между ИМТ и показателями водного баланса. Положительная связь между ИМТ и внеклеточной водой (ВКЖ) (0,77) может быть объяснена тем, что с увеличением массы тела, особенно за счет жировой ткани, происходит увеличение объема интерстициальной жидкости, которая является компонентом внеклеточной жидкости. Жировая ткань, хотя и содержит меньше воды, чем мышечная, все же вносит вклад в общий объем внеклеточной жидкости. У людей с избыточной массой тела часто наблюдаются нарушения водно-солевого обмена, которые приводят к задержке жидкости в организме. Высокая положительная связь ИМТ с ВКЖ – также нарушением функций почек, характерным для лиц с избыточной массой тела. Гиперфильтрация и снижение клубочковой фильтрации способствуют задержке

натрия и воды в организме. Вероятным механизмом также может быть гиперплазия адипоцитов, приводящая к увеличению объема интерстициального пространства, что регистрируется как рост внеклеточной жидкости [14]. Кроме того, у пациентов с ожирением может наблюдаться компенсаторная гиперинсулинемия, стимулирующая реабсорбцию натрия в почках и последующую задержку жидкости [15]. Избыточная масса тела ассоциирована со снижением дренажной способности лимфатической системы, что способствует аккумуляции интерстициальной жидкости.

Корреляция между ИМТ и общим количеством воды (0,73), а также внутриклеточной воды (0,69), относительно высока, но менее выражена, чем корреляция с внеклеточной водой. Основная часть жидкости в организме находится внутри клеток, и изменения в массе тела, связанные с жировой тканью, в меньшей степени влияют на внутриклеточный водный баланс. Увеличение общей массы тела требует большего объема циркулирующей крови (которая является частью внеклеточной жидкости) и, как следствие, может косвенно влиять на общее количество воды и внутриклеточную жидкость.

Таблица 3  
Корреляционная матрица признаков по Спирмену  
Table 3  
Correlation matrix of features according to Spearman

		Возраст	ИМТ	Доля жм	Общ Вода	Внек Вода	Внутр Вода
Возраст	r	1,00	0,13	0,03	0,13	0,05	0,20**
	Уровень значимости различия p		0,07	0,66	0,06	0,43	0,00
	N	218	218	218	218	218	218
ИМТ	r	0,13	1,00	0,83**	0,73**	0,77**	0,69**
	Уровень значимости различия p		0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	218	218	218	218	218	218
Доля ЖМ	r	0,03	0,83**	1,00	0,36**	0,45**	0,30**
	Уровень значимости различия p		0,66	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	218	218	218	218	218	218
Общ вода	r	0,13	0,73**	0,36**	1,00	0,99**	0,99**
	Уровень значимости различия p		0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	218	218	218	218	218	218
Внек вода	r	0,05	0,77**	0,45**	0,99**	1,00	0,96**
	Уровень значимости различия p		0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	218	218	218	218	218	218
Внутр вода	r	0,20**	0,69**	0,30**	0,99**	0,96**	1,00
	Уровень значимости различия p		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	N	218	218	218	218	218	218

**Примечание:** \*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя); r = коэффициент корреляции; цветом отмечены сильные корреляции (коэффициент  $\geq 0,7$ ).

**Note:** \*\* Correlation is significant at the 0.01 level (two-tailed); r = correlation coefficient; strong correlations (coefficient  $\geq 0.7$ ) are marked in color

Также у молодых людей, активно занимающихся спортом, наблюдается следующее явление: при распаде нестабильного жира, образованного из углеводов (*de novo* липогенез), выделяется дополнительное количество метаболической воды. Этот процесс особенно выражен при нерациональном питании с высоким содержанием простых углеводов. В результате происходит увеличение общего водного баланса за счет метаболической воды, что частично «маскирует» истинное соотношение водных компарментов.

Корреляция возраста с внутриклеточной водой ( $r = 0,20$ ) может отражать следующее: саркопению – возрастное уменьшение мышечной массы (основного депо внутриклеточной жидкости); компенсаторное увеличение доли внеклеточной жидкости при старении, что согласуется с данными о возрастном снижении соотношения ICW/EC [16].

Также с возрастом происходит перераспределение жидкости в организме: уменьшается внутриклеточная жидкость (ВКЖ) и увеличивается внеклеточная жидкость (КЖ), что связано с возрастным снижением мышечной массы и увеличением жировой ткани. С возрастом снижается активность  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  насоса, нарушается проницаемость клеточных мембран, изменяется гормональный фон (сни-

жение уровня анаболических гормонов). Кроме того, выявленные закономерности согласуются с патофизиологическими механизмами ожирения, включающими адипозную дисфункцию, инсулинорезистентность, системное воспаление низкой степени.

В таблице 4 приведена характеристика рассматриваемых показателей.

Представленные в таблице 5 показатели – активная клеточная масса (АКМ), скелетно-мышечная масса (СММ), основной обмен (ОСН), удельный обмен (УД), внеклеточная жидкость (ВКЖ) и внутриклеточная жидкость (КЖ) – статистически значимо различались между группами.

Наиболее выраженные различия наблюдались по следующим показателям:

ИМТ ( $\chi^2 = 118,7$ ;  $p < 0,001$ );

Весу ( $\chi^2 = 111,9$ ;  $p < 0,001$ );

Жировой массе ( $\chi^2 = 101,5$ ;  $p < 0,001$ );

Тошей массе ( $\chi^2 = 79,4$ ;  $p < 0,001$ ).

Диагностическая ценность ИМТ подтверждается максимальным значением хи-квадрат.

Комбинация ИТБ + ИМТ статистически более информативна, чем изолированное использование ИТБ ( $\chi^2 = 58,5$  vs 69,2).

Биоимпедансный анализ убедительно эффективен для оценки:

Таблица 4  
Интерпретация и клиническое значение показателей БИА  
Table 4  
Interpretation and clinical significance of BIA parameters

Показатель	Интерпретация	Клиническое значение
ИМТ	Интегральный маркер ожирения	Основной критерий классификации риска
ИТБ	Показатель абдоминального жира	Важен для дифференциации умеренного и высокого риска
ЖМ / доля ЖМ	Общий и относительный жировой компонент	Отражает степень метаболических нарушений
ТМ	Часть массы тела, включающая в себя все, что не является жировой массой	При отсутствии отеков, масса тела, рассчитанная как процент от идеальной, служит индикатором ЖМ + ТМ
АКМ / СММ	Маркеры мышечной массы и метаболически активных тканей	Отражают композиционные изменения тела
ОСН / УД	Основной обмен определяет количество энергии, которое расходуется организмом за сутки; удельный обмен определяет интенсивность обмена веществ	Величина основного обмена характеризует общий уровень метаболических процессов организма. Удельный обмен используется для сравнения интенсивности обменных процессов.
ВКЖ / КЖ	Внутриклеточная жидкость – сумма жидкости, находящейся в клетках организма; внеклеточная жидкость – вода вне клеток	Отражает необходимый уровень потребления жидкости в сутки, необходимость применения гемо- и лимфодренажных процедур; избыток ВКЖ повышает сердечно-сосудистую нагрузку, а уровень КЖ служит маркером почечной функции

- жирового компонента ( $p < 0,001$  для ЖМ и доли ЖМ);

- мышечно-клеточного состава ( $p < 0,001$  для СММ и АКМ);

- водного баланса ( $p < 0,001$  для ОСН\_обмен).

Полученные данные подтверждают целесообразность стратификации пациентов по комбинированным критериям ИМТ и ИТБ в целях повышения точности прогнозирования метаболических рисков по сравнению с изолированным использованием этих показателей.

При этом группа высокого риска моложе группы среднего риска, что может быть связано с ранним развитием метаболических нарушений у молодых людей с генетической предрасположенностью или нездоровым образом жизни.

Показатели фазового угла демонстрируют увеличение в группе высокого риска. Этот показатель является интегральным маркером состояния клеточных мембран и метаболической активности. Увеличение фазового угла в группе высокого риска может быть связано с компенсаторной активацией клеточных процессов, направленных на поддержание жизнедеятельности организма при метаболическом стрессе. Однако это увеличение не является благоприятным, поскольку оно свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов организма.

Активная клеточная масса и скелетно-мышечная масса демонстрируют увеличение в группах с более высоким метаболическим риском. Увеличение этих показателей происходит на фоне общего увеличения массы тела и жировой массы, что снижает их удельное значение. Мышечная ткань в условиях метаболического стресса часто находится в состоянии хронического воспаления, что снижает ее функциональную эффективность.

Отношение внеклеточной жидкости к внутриклеточной демонстрирует увеличение в группах с более высоким метаболическим риском, поскольку при

ожирении и метаболическом синдроме наблюдается задержка натрия и воды в организме, преимущественно в интерстициальном пространстве. Повышение данного коэффициента также связано с нарушением почечной функции и снижением клубочковой фильтрации, что характерно для пациентов с метаболическими нарушениями.

Таблица 5  
Статистическая значимость показателей между тремя группами риска по критерию Краскела-Уоллиса,  $p < 0,001$   
Table 5  
Statistical significance of indicators between three risk groups according to the Kruskal-Wallis criterion,  $p < 0.001$

	$\chi^2$	p
Вес	111,929	0,001
Фаз угол	9,064	0,011
ИТБ	58,515	0,000
ИМТ	118,726	0,001
ЖМ	101,484	0,001
Доля ЖМ	69,497	0,001
ТМ	79,406	0,001
АКМ	69,201	0,001
СММ	51,037	0,001
ОСН обмен	69,201	0,001
УД обмен	9,050	0,011
ВКЖ КЖ	26,758	0,001

**Примечание (Note):** Степень свободы (Degree of freedom) = 2; ИТБ – индекс талии и бедер (waist and hip ratio); ИМТ – индекс массы тела (body mass index); ЖМ – жировая масса (fat mass); ТМ – тощая масса (lean mass); АКМ – активная клеточная масса (active cell mass); СММ – скелетно-мышечная масса (skeletal muscle mass); ОСН обмен – основной обмен (basal metabolism); УД\_обмен – удельный обмен (specific metabolism); ВКЖ КЖ – внеклеточная жидкость и внутриклеточная жидкость (extracellular fluid and intracellular fluid).

Основной обмен увеличивается с повышением метаболического риска, однако удельный обмен (на единицу активной клеточной массы) снижается, что свидетельствует о снижении эффективности метаболических процессов, что может быть связано с развитием инсулинорезистентности и снижением чувствительности клеток к гормональным сигналам.

Тощая масса также демонстрирует увеличение в группах с более высоким метаболическим риском. Этот показатель включает в себя как активную клеточную массу, так и внеклеточную жидкость, что затрудняет его интерпретацию. Увеличение тощей массы в группе высокого риска, вероятно, связано с увеличением внеклеточной жидкости, а не с увеличением функциональной ткани.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования была подтверждена высокая диагностическая ценность биоимпедансного анализа для выявления метаболических факторов риска у пациентов с избыточной массой тела и ожирением. БИА демонстрирует потенциал как неинвазивный и доступный метод оценки состава тела, позволяющий определять процентное содержание жировой массы, ее распределение, а также параметры водного баланса. БИА может и должен стать ин-

струментом широкого применения в клинической практике, особенно в первичном звене здравоохранения, как для скрининговой диагностики, так и для динамического наблюдения за пациентами на фоне лечения.

Особое внимание следует уделить использованию БИА в профилактических центрах здоровья, где он уже активно применяется. Пациентов необходимо информировать о возможности проведения такого анализа для раннего выявления рисков развития хронических заболеваний, включая артериальную гипертензию, сахарный диабет 2 типа и другие патологические состояния, ассоциированные с метаболическими нарушениями. Ранняя диагностика позволяет своевременно корректировать образ жизни и проводить персонализированные вмешательства, снижая риск прогрессирования заболеваний.

Таким образом, использование БИА в сочетании с традиционными антропометрическими показателями представляет собой современный, научно обоснованный подход к диагностике и мониторингу метаболических нарушений. Расширение его применения в клинической практике и профилактических программах позволит улучшить качество оказания медицинской помощи, способствовать раннему выявлению рисков и предотвращению развития хронических заболеваний.

## Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Finkelstein EA, Khavjou OA, Thompson H, Trogon JG, Pan L, Sherry B, Dietz W. Obesity and severe obesity forecasts through 2030. *Am J Prev Med.* 2012; 42(6): 563-570. doi: 10.1016/j.amepre.2011.10.026
2. Gao L, Peng W, Xue H, Wu Y, Zhou H, Jia P, Wang Y. Spatial-temporal trends in global childhood overweight and obesity from 1975 to 2030: a weight mean center and projection analysis of 191 countries. *Globalization and Health.* 2023; 19(1): 53. doi: 10.1186/s12992-023-00954-5
3. Piovani D, Nikolopoulos GK, Bonovas S. Non-communicable diseases: the invisible epidemic. *J Clin Med.* 2022; 11(19): 5939. doi: 10.3390/jcm11195939
4. Colosia AD, Palencia R, Khan S. Prevalence of hypertension and obesity in patients with type 2 diabetes mellitus in observational studies: a systematic literature review. *Diabetes Metab Syndr Obes Targets Ther.* 2013; 6: 327-338. doi: 10.2147/DMSO.S51325
5. Livzan MA, Lyalyukova EA, Druk IV, Safronova SS, Khalashte AA, Martirosyan KA, et al. Obesity: the current state of the problem, a multidisciplinary approach. (Based on the materials of the World Gastroenterological Organisation Consensus «Obesity 2023» and the European Guidelines for the Treatment of Obesity in Patients with Gastrointestinal and Liver Diseases, 2022). *Experimental and Clinical Gastroenterology.* 2023; 10(218): 5-47. Russian (Ливзан М.А., Лялюкова Е.А., Друк И.В., Сафронова С.С., Халаште А.А., Мартиросян К.А., и др. Ожирение: современное состояние проблемы, междисциплинарный подход (по материалам консенсуса Всемирной Гастроэнтерологической Организации «Ожирение 2023» и Европейского руководства по лечению ожирения у пациентов с заболеваниями желудочно-кишечного тракта и печени, 2022) //Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2023. № 10(218). С. 5-47.). doi: 10.31146/1682-8658-ecg-218-10-5-47
6. Belaya LA, Melnik VA, Melnik SN, Kozlovsky AA. Analytical review of the use of bioimpedance analysis to assess the indicators of physical development and human health. *News of biomedical sciences.* 2024; 24(4) :87-98. Russian (Белая Л.А., Мельник В.А., Мельник С.Н., Козловский А.А. Аналитический обзор использования биоимпедансного анализа для оценки показателей физического развития и состояния здоровья человека //Новости медико-биологических наук. 2024. Т. 24, № 4. С. 87-98.)
7. Pouragha H, Amiri M, Saraei M, Pouryaghoub G, Mehrdad R. Body impedance analyzer and anthropometric indicators: predictors of metabolic syndrome. *J Diabetes Metab Disord.* 2021; 20: 1169-1178. doi: 10.1007/s40200-021-00836-w
8. Sakibaev KS, Nikityuk DB, Nikolaev DV, Kozuyev KB, Nuruev MK. Experience in the use of bioimpedance measurement to

