

Сливка Я.І., Савка Ю.М., Крічфалушій О.П.,
Фекета В.П., Мороз О.О.

**Біоімпедансний аналіз показників
компонентного складу тіла здорових
осіб молодого віку залежно
від вихідного соматотипу**

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський
національний університет», м. Ужгород, Україна

Slyvka Ya.I., Savka Yu.M., Krichfalushii O.P.,
Feketa V.P., Moroz O.O.

**Bioelectrical impedance analysis
of body composition indicators
in healthy young people depending
on the initial somatotype**

State University "Uzhhorod National University",
Uzhhorod, Ukraine

yaroslava.slyvka@uzhnu.edu.ua

Вступ

На сьогоднішній день індекс маси тіла (ІМТ) досі залишається найбільш широко використовуваним індикатором нормальної ваги у всьому світі, що передусім пов'язано з його абсолютною доступністю та простотою визначення. Проте, результати наукових досліджень останніх років показують, що навіть при нормальному ІМТ, у багатьох пацієнтів діагностують метаболічні порушення, які, як вважалося, асоційовані з дефіцитом чи надлишком жирової маси. Це пояснюють тим, що ІМТ не враховує склад тіла людини, а саме співвідношення м'язового й жирового компонентів, рівень вісцерального жиру, вміст води в організмі, що знижує інформативність даного показника для визначення індивідуальних ризиків метаболічних порушень. Згідно з дослідженням Каліфорнійського університету в Лос-Анджелесі при порівнянні результатів ІМТ 40000 американців з їх фактичними медичними показниками, з'ясувалося, що майже половина обстежених з підвищеним ІМТ насправді не мають метаболічних порушень, як і 29% людей, ІМТ яких вказував на наявність ожиріння. Водночас понад 30% обстежених з «нормальним» ІМТ мали метаболічні розлади, що пояснюється підвищеним вмістом загального жиру та пов'язаного з ним зростання кардіометаболічних ризиків [1]. В іншому дослідженні наведено фундаментальне обґрунтування необхідності вимірювання складу тіла для ранньої діагностики саркопенічного ожиріння [2], особливо у літніх людей [3], що пов'язане з тим, що ІМТ не дозволяє виділити пацієнтів із високим ризиком метаболічних розладів через дефіцит м'язової маси, у той час як саркопенічне ожиріння розвивається в основному на фоні нормального або незначно підвищеного значення ІМТ за рахунок дефіциту скелетних м'язів. Проте, якщо раніше термін «саркопенія» відображав вікову редукцію поперечно-смугастих м'язів у людей похилого віку і вважався виключно геріатричним синдромом, то останні наукові

дослідження вказують на часте виявлення саркопенії у осіб молодого віку і, навіть, у дітей та підлітків. Так, у нещодавній публікації, науковці наголошують на тому, що саркопенія тепер офіційно розглядається як проблема фізичного розвитку у дітей та молоді, що виникає через так звану «цифрову гіподинамію», дефіцит вітаміну D та якісного білка на фоні надлишку калорій [4]. Небезпека саркопенії підтверджена низкою сучасних наукових досліджень, у яких наголошується на загрозі «прихованої» через індекс маси тіла саркопенії для перебігу та лікування хронічних захворювань [5; 6]. Все вищезазначене дозволяє аргументувати необхідність переходу від антропометричного (ІМТ) до компонентного аналізу складу тіла.

Найбільш доступним та високоінформативним методом визначення й моніторингу складу тіла людини є метод біоелектричного імпедансного аналізу (БІА). Він ґрунтується на здатності живих тканин проводити електричні імпульси, що дозволяє визначити співвідношення жирової, м'язової й кісткової маси тіла, рівень вмісту рідини в організмі, рівень основного обміну, диференціювати метаболічні ризики через наявність вісцерального ожиріння, виявляти приховану саркопенію, забезпечити контроль водного балансу та об'єктивно оцінювати стан клітинного здоров'я через показник фазового кута, що є неможливим при використанні традиційного ІМТ [7–9]. Застосування БІА дозволяє не тільки визначити абсолютний та відносний вміст основних компонентів складу тіла, але й завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню (наприклад, Tanita MC-780 MA), класифікувати соматотип обстежуваного на основі співвідношення жирової та м'язової маси [10]. Така класифікація дає можливість чітко розмежувати обстежених зі стандартною тілобудовою, підвищеним вмістом жиру, а також недостатньо тренуваних осіб, незалежно від їхнього індексу маси тіла (ІМТ).

Мета дослідження: провести біоімпедансний аналіз показників компонентного складу тіла здорових осіб молодого віку залежно від вихідного соматотипу.

Об'єкт, матеріали і методи дослідження

До дослідження було залучено на добровільній основі 307 практично здорових студентів медичного факультету, віком від 18-ти до 22-х років, з них 228 (75%) дівчат та 79 (25%) хлопців. На час обстеження учасники експерименту не мали скарг на стан здоров'я, у їхньому анамнезі не зафіксовані хронічні захворювання. Дослідження здійснили на базі медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет» з дотриманням етичних принципів медичних досліджень за участі людини в якості об'єкта дослідження. Оцінка складу тіла проводилася за допомогою біоелектричного імпедансного аналізатору Tanita MC-780 MA (Японія). При проведенні обстеження, пацієнти ставали на платформу пристрою так, щоб електроди торкалися підшов їхніх ніг; водночас їм було доручено тримати ручні датчики голими руками таким чином, щоб електроди на ручних датчиках контактували з долонями. Під час вимірювання пацієнти мали перебувати у вертикальному положенні, нерухомо і стабільно, доки результати не з'являлися на екрані та до завершення збору даних. При зважуванні вага стаціонарного одягу була зафіксована в аналізаторі як 1 кг у середньому. Було визначено наступні показники компонентного складу тіла: маса тіла (M, кг), індекс маси тіла (ІМТ, кг/м²), вміст загального жиру (BF, %), вміст вісцерального жиру (VF, ум.од), м'язова маса (MM, %), відносний вміст скелетних м'язів (SM, %), саркопенічний індекс (SI, кг/м²), відносний вміст води в організмі (TBW, %), фазовий кут (ФК, °). Зріст (L, м) вимірювали за допомогою ростоміра GIMA (Італія).

Програмне забезпечення приладу дозволяє визначити соматотип обстежуваних з урахуванням співвідношення м'язової маси та жиру в організмі та візуалізувати дані на соматограмі (рис. 1).

За допомогою біоімпедансного аналізатору можна виділити 9 соматотипів, або так званий рейтинг статури (Physique Rating), який останнім часом дослідники

використовують як інтегральний показник, що дозволяє надати швидку клінічну оцінку типу тілобудови та виділити осіб з дисгармонійним співвідношенням компонентного складу тіла.

9-тирівнева шкала рейтингу статури за методом біоелектричного імпедансу включає наступні соматотипи:

1 – ВЖНМ – вказує на високий відсоток жиру та низький рівень м'язової маси в організмі, що може бути ознакою прихованого ожиріння.

2 – ВЖСМ – характеризується високим відсотком жиру та нормальним рівнем м'язової маси.

3 – ВЖВМ – характерний високий вміст жиру у поєднанні з високою м'язовою масою. Вказує на міцну статуру.

4 – СЖНМ – нормальний вміст жиру і низький рівень м'язової маси. Розцінюється як недостатньо тренований тип статури.

5 – СЖСМ – нормальне співвідношення як жирової, так і м'язової маси. Вказує на стандартну тілобудову.

6 – СЖВМ – середній відсоток вмісту жиру та високий рівень м'язової маси. Характерний для тренуваних осіб.

7 – НЖНМ – низький рівень жиру та м'язової маси. Характерний для худорлявих осіб.

8 – НЖСМ – низький рівень жиру та стандартний рівень м'язової маси. Особи худі, проте мускулісті.

9 – НЖВМ – низький рівень жиру та високий рівень м'язової маси. Характерний для фізично тренуваних осіб.

Отримані результати статистично обробляли з використанням програмного пакета Minitab 21.3.1 (freeware version). Для опису даних обчислювали середні значення та стандартні відхилення ($M \pm SD$).

Результати дослідження

У дослідженні представлені результати обстеження 307 практично здорових студентів, а саме

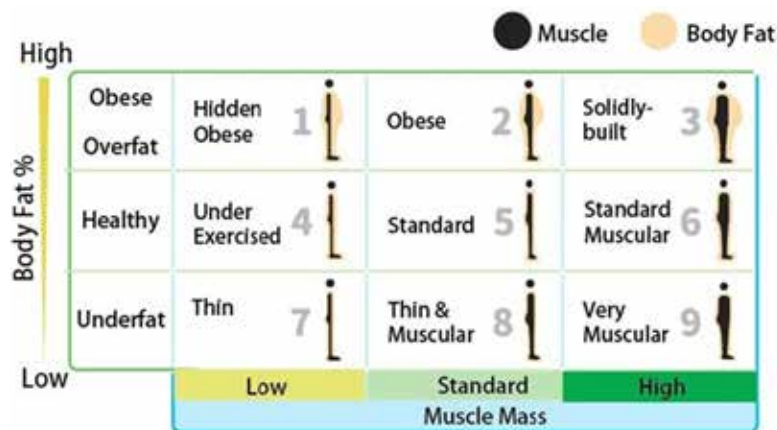


Рис. 1. Класифікація типів статури, отримана методом БІА (https://www.tanita.asia/?_page=understanding&_lang=en&_para%5B0%5D=7)

проаналізовано розподіл виявлених соматотипів за статтю, надано порівняльну характеристику ключових показників компонентного складу тіла у межах визначених груп соматотипів.

Розподіл обстежених студентів за вказаними соматотипами представлений у таблиці 1.

Таблиця 1

Соматотипи обстежених (n, %)

№	Соматотип	Хлопці (n=79)		Дівчата (n=228)	
		n	%	n	%
1	ВЖНМ (n=4)	2	3,5	2	0,9
2	ВЖСМ (n=47)	22	28,5	25	10,8
3	ВЖВМ (n=14)	4	5,2	10	4,3
4	СЖНМ (n=49)	14	18,2	35	15,2
5	СЖСМ (n=150)	29	37,5	121	52,6
6	СЖВМ (n=3)	0	0	3	1,3
7	НЖНМ (n=21)	6	7,7	15	6,5
8	НЖСМ (n=19)	2	2,5	17	7,3
9	НЖВМ (0)	0	0	0	0

Як видно з таблиці 1, у обстежених студентів відмічено широкий діапазон соматотипів – від 1 до 8. Водночас найбільш розповсюдженим типом тілобудови є стандартний тип (СЖСМ), який відмічений у 49% обстежених (37,5% хлопців та у 52,6% дівчат) та вказує на збалансоване співвідношення жиру та м'язів. Також, досить часто зустрічаються такі соматотипи, як ВЖСМ – у 15% студентів (28% хлопців та 10,8% дівчат), який характеризується високим рівнем жирової тканини та середнім рівнем м'язової маси, та СЖНМ – у 16% (18% хлопців та 15% дівчат), який характеризується помірним рівнем жирової тканини, проте із зниженою м'язовою масою. Водночас, практично відсутні у даній вибірці студенти з соматотипом 1 (ВЖНМ), 6 (СЖВМ), а студенти з атлетичною статурою (НЖВМ) взагалі не виявлені серед обстежених.

На наступному етапі дослідження проведено оцінку показників компонентного складу тіла обстежених з урахуванням соматотипу. Оскільки, кількість обстежених із соматотипами 1, 6, 9 була незначною, то у подальшому дослідженні аналіз груп цих соматотипів був виключений із статистичної обробки, оскільки вибірка була недостатньою для статистичного аналізу.

Середні значення показників компонентного складу тіла обстежених з урахуванням соматотипу наведені у таблиці 2.

Для інтерпретації отриманих даних нами були використані референтні значення показників з урахуванням віку та статі, рекомендовані виробником обладнання (Tanita, Японія) та міжнародні стандарти оцінки складу тіла [11–14].

Аналіз отриманих даних дозволив встановити, що соматотип 2 (високий жир, стандартні м'язи) характеризується підвищеною масою тіла (ІМТ=25,6±2,3 кг/м²), високим рівнем загального (BF=29,6±5,0%) та помірним рівнем вісцерального жиру (VF=4,2±1,8 у.о.). Щодо м'язового компоненту, то відносний вміст м'язів (ММ=65,7±5,7%) та скелетної мускулатури (SM,%=43,4±5,4%) є середніми, а саркопенічний індекс (SI = 7,4±1,2 кг/м²) свідчить про достатню абсолютну масу скелетних м'язів. Водний баланс організму, а саме загальний вміст води (TBW= 47,4±4,9%) знижений, що можна пов'язати із збільшеною часткою жиру. Соматотип 3 (ВЖВМ) – це особи з міцною статурою та найбільшою масою тіла (ІМТ=32,4±4,2 кг/м²). Ключова особливість цієї групи – це найвищий рівень вісцерального жиру (VF=7,1±3,2 у.о.) та загального жиру (BF=34,7±6,8%), найвищий показник фазового кута (ФК=6,0±0,5°) та саркопенічного індексу (SI=8,6±1,7 кг/м²), що свідчить про високу клітинну активність та потужний розвиток м'язової системи, попри наявність ожиріння. Натомість, гідратація у обстежених цієї групи є найнижчою (TBW = 44,4±4,4%) серед всіх досліджуваних груп. Соматотип 4 (середній рівень жиру, низький відсоток м'язової маси) характеризується як „недостатньо тренований“ тип. У обстежених цієї групи при нормальному ІМТ (18,5±1,2 кг/м²) спостерігається низький SI (6,0±0,8 кг/м²), що підтверджує дефіцит скелетних м'язів (SM=39,3±4,7%) при збереженому відсотку жирової маси (BF=21,5±5,1%). Показник фазового кута у цій групі є найнижчим (5,2±0,7°), що вказує на низьку енергопродуктивність клітин та слабкий м'язовий тонус. Соматотип 5 (середній вміст жиру та м'язів) – це стандартна тілобудова, найбільш розповсюджена серед обстежених студентів. Всі показники знаходяться у межах середніх фізіологічних

Таблиця 2

Середні значення показників компонентного складу тіла обстежених з урахуванням соматотипу, (M±SD)

Показники (M±SD)	2-ВЖСМ (n=47)	3-ВЖВМ (n=14)	4-СЖНМ (n=49)	5-СЖСМ (n=150)	7-НЖНМ (n=21)	8-НЖСМ (n=19)
ІМТ, кг/м ²	25,6±2,3	32,4±4,2	18,5±1,2	21,9±2,0	16,6±1,5	18,9±1,4
ФК, °	5,6±0,8	6,0±0,5	5,2±0,7	5,5±0,6	5,3±0,4	5,7±0,4
BF, %	29,6±5,0	34,7±6,8	21,5±5,1	23,8±5,1	12,8±4,3	13,6±3,9
VF, ум.од.	4,2±1,8	7,1±3,2	1±0,2	1,4±0,6	1±0,0	1±0,0
ММ, %	65,7±5,7	70,0±6,5	65,4±4,9	73,3±4,9	67,7±4,5	79,1±3,7
SM, %	43,4±5,4	44,4±4,8	39,3±4,7	46,7±4,8	38,9±3,9	47,7±3,6
SI, кг/м ²	7,4±1,2	8,6±1,7	6,0±0,8	6,9±0,9	5,9±0,7	6,9±0,7
TBW, %	47,4±4,9	44,4±4,4	56,0±4,6	52,5±4,4	61,1±4,0	57,3±3,4

значень для даної вікової групи (ІМТ=21,9±2,0 кг/м²; ВФ=23,8±5,1%; ММ=73,3±4,9%; SІ=6,9±0,9 кг/м²; ФК=5,5±0,6%; ТВW=52,5±4,4%). Соматотип 7 (низький вміст жиру та м'язів) типовий для худорлявих осіб із дефіцитом маси тіла, що підтверджено зниженням ІМТ (16,6±1,5 кг/м²). Цікавим є те, що у цій групі обстежених встановлено найвищий відсоток загальної води в організмі серед всіх груп (ТВW=61,1±4,0%) та найнижчий у вибірці обстежених саркопенічний індекс (SІ=5,9±0,7 кг/м²), що свідчить про наявність саркопенії. Соматотип 8 (низький вміст жиру, середній рівень м'язової маси) характерний для худих, проте мускулистих осіб. У обстежених цієї групи виявлено найвищий відносний вміст м'язової маси (ММ=79,1±3,7%), при цьому рівень жиру дуже низький (ВФ=13,6±3,9%). На відміну від типу 7, особи цієї статури мають значно вищий саркопенічний індекс (SІ=6,9±0,7 кг/м² проти SІ=5,9±0,7 кг/м², p<0,05), що вказує на достатній розвиток скелетної мускулатури.

На наступному етапі дослідження біоімпедансний аналіз показників компонентного складу тіла молодих осіб залежно від вихідного соматотипу з урахуванням статі дозволив виявити загальні гендерні закономірності в межах одних і тих самих соматотипів, що підкреслює необхідність диференційованого підходу до оцінки статури (табл. 3).

Так, параметри компонентного складу тіла дівчат значно відрізнялися від таких у хлопців: у осіб жіночої статі виявлялась більш висока частка жиру в організмі і, відповідно, більш низька доля безжирової маси та скелетної м'язової маси, що підтверджує результати дослідження [14].

У ході порівняння ключових параметрів компонентного складу тіла залежно від соматотипу та з урахуванням статі з середньостатистичними віковими нормами для молодих осіб було встановлено наступні

закономірності: у хлопців та дівчат з соматотипом 2 (ВЖСМ) спостерігається понаднормове зростання рівня загального жиру (ВФ=24,3±4,0% у хлопців та 34,4±5,1% у дівчат) та рівня вісцерального жиру (ВФ=5,5±1,5 у хлопців та 2,9±0,7 ум.од. у дівчат), що відповідає критеріям ожиріння.

Соматотип 3 (ВЖВМ). Цей тип демонструє виражені гендерні відмінності у ризиках. Як у дівчат, так і у хлопців значення ІМТ можна класифікувати як ожиріння, проте, незважаючи на те, що відсоток жиру у дівчат більший, ніж у хлопців, хлопці мають значно вищий рівень вісцерального жиру (10,3±2,4 ум.од.), що вказує на абдомінальний тип ожиріння, в той час, як у дівчат цього типу жир розподілений більш рівномірно (підшкірно), а рівень вісцерального жиру майже вдвічі менший (6,1±1,3 ум.од.). У обох статей спостерігається найвищий серед усіх груп саркопенічний індекс (9,1±1,3 кг/м² у хлопців та 7,7±1,1 кг/м² у дівчат), зростання рівня скелетних м'язів у обох статей, що може діяти як своєрідний «метаболічний буфер». Значне перевищення жирової маси (хлопці 31,0±5,0%, дівчата 39,0±6,1%), вказує на ожиріння та на високий ризик розвитку метаболічних порушень навіть за наявності розвинених м'язів, оскільки вісцеральний жир є гормонально активним і провокує системне запалення та інсулінорезистентність. Оцінка ступеня гідратації організму обстежених за показником загальної води в організмі (ТВW, %) виявила ознаки гіпогідрії у хлопців та дівчат із соматотипами ВЖСМ (ТВW, % у хлопців становить 52%, у дівчат 42,3%) та ВЖВМ (ТВW, % у хлопців – 48% та 42% у дівчат). Це можна пояснити вищим вмістом жиру в організмі, який майже не містить води.

Соматотип 4 (СЖНМ). Незважаючи на те, що ІМТ як у хлопців, так і у дівчат знаходиться на нижній межі норми, показники компонентного складу тіла

Таблиця 3

Порівняльна характеристика показників компонентного складу тіла обстежених студентів залежно від соматотипу та статі (M±SD)

Показники (M±SD)	2 - АЕÑİ		3 - АЕАİ		4 - ÑЕİİ		5 - ÑЕÑİ		7 - ІЕİİ		8 - ІЕÑİ	
	x n=22	д n=25	x n=4	д n=10	x n=14	д n=35	x n=29	д n=121	x n=6	д n=15	x n=2	д n=17
ІМТ, кг/м ²	26,2 ±2,1	25,1 ±2,0	32,5 ±4,2	32,4 ±4,2	19,5 ±1,2	18,4 ±1,1	23,3 ±1,9	21,5 ±2,0	17,1 ±1,2	16,5 ±1,1	20,3 ±1,2	18,8 ±1,1
ФК, °	6,1 ±0,5	5,2 ±0,4	6,4 ±0,5	5,8 ±0,3	5,8 ±0,6	4,9 ±0,4	6,5 ±0,5	5,2 ±0,3	6,1 ±0,4	5,1 ±0,3	6,3 ±0,4	5,3 ±0,3
ВФ, %	24,3 ±4,0	34,4 ±5,1	31,0 ±5,0	39,0 ±6,1	14,0 ±3,1	23,1 ±4,1	16,7 ±4,1	25,5 ±5,0	6,9 ±2,3	16,3 ±3,0	8,2 ±2,9	15,3 ±3,9
ВФ, ум.од.	5,5 ±1,5	2,9 ±0,7	10,3 ±2,4	6,1 ±1,3	1 ±0,2	1 ±0,2	2 ±0,6	1,2 ±0,3	1 ±0,0	1 ±0,0	1 ±0,0	1 ±0,0
ММ, %	70,8 ±5,4	63,2 ±4,7	76,1 ±6,5	63,9 ±5,5	71,7 ±4,3	57,9 ±3,9	79,2 ±4,3	70,7 ±3,9	74,4 ±4,3	61,4 ±4,0	86,2 ±3,6	75,3 ±3,3
SM, %	45,6 ±5,4	42,9 ±5,3	48,2 ±4,2	43,1 ±4,0	42,6 ±4,1	36,2 ±3,0	49,7 ±4,6	43,0 ±4,2	43,2 ±3,9	36,6 ±3,1	53,7 ±3,6	41,9 ±3,0
SІ, кг/м ²	8,5 ±1,0	6,3 ±0,9	9,1 ±1,3	7,7 ±1,1	7,0 ±0,8	5,3 ±0,4	8,4 ±0,9	6,2 ±0,5	6,8 ±0,5	5,1 ±0,4	8,1 ±0,7	6,1 ±0,4
ТВW, %	52,0 ±4,7	45,3 ±4,3	48,0 ±4,0	42,0 ±3,3	61,0 ±4,6	54,1 ±3,6	58,1 ±4,4	51,2 ±4,0	63,6 ±4,0	57,5 ±3,5	63,4 ±3,4	55,5 ±3,0

вказують на високі ризики щодо «прихованої саркопенії». Саркопенічний індекс у хлопців ($SI=7,0\pm 0,8$, $\text{кг}/\text{м}^2$) та у дівчат ($SI=5,3\pm 0,4$, $\text{кг}/\text{м}^2$) цієї групи нижче нормативних значень, що підтверджує статус «нетренованої» статури. Дефіцит м'язової маси та середній рівень жиру робить обстежених цієї групи найбільш вразливими щодо розвитку «прихованого ожиріння». Як у дівчат, так і у хлопців зафіксовано найнижчі показники фазового кута серед усієї вибірки, що свідчить про низьку цілісність клітинних мембран та підтверджує функціональну слабкість клітин на фоні дефіциту м'язів.

Соматотип 5 (СЖСМ) демонструє найбільш збалансовані показники для обох статей, які відповідають фізіологічним нормам.

Соматотип 7 (НЖНМ). У дівчат та хлопців цієї групи виявлено значне зниження саркопенічного індексу ($SI=6,8\pm 0,5$, $\text{кг}/\text{м}^2$ у хлопців та $SI=5,1\pm 0,4$, $\text{кг}/\text{м}^2$ у дівчат), що в поєднанні із зниженим менше норми ІМТ може вказувати на білково-енергетичну недостатність. Хлопці цієї групи, хоча й мають дефіцит маси, зберігають вищий фазовий кут ($6,1\pm 0,4^\circ$ проти $5,1\pm 0,3^\circ$ у дівчат), що свідчить про збережену якість м'язової тканини попри її малий об'єм.

Соматотип 8 (НЖСМ). Найбільш «метаболічно здоровий» тип серед худорлявих осіб. У хлопців зафіксовано рекордний вміст м'язів ($MM=86,2\pm 3,6\%$) та найнижчий відсоток жиру ($8,2\pm 2,9\%$). У дівчат цього типу також спостерігається оптимальне співвідношення компонентного складу тіла, що підтверджується достатнім для жінок саркопенічним індексом ($6,1\pm 0,4$ $\text{кг}/\text{м}^2$).

Обговорення результатів дослідження

Результати нашого дослідження дозволили продемонструвати, що при оцінці маси тіла недоцільно орієнтуватися тільки на ІМТ, оскільки він дає тільки непрямую оцінку розвитку жирової тканини. Так, підвищені значення ІМТ можуть бути не тільки при збільшеному вмісті жирової тканини, але і при достатньо розвиненій м'язовій масі, а також можуть виникати при порушенні водного обміну та розвитку набряків. З іншого боку, нормальний ІМТ теж не завжди є ознакою відсутності зайвої ваги, оскільки дефіцит м'язової маси чи зневоднення можуть маскувати надлишок жиру в організмі. Тому, для індивідуальної характеристики ступеня жировідкладення, оцінки рівня безжирової маси, виділення осіб з прихованим ризиком метаболічних порушень варто використовувати дані про співвідношення компонентного складу тіла, отримані за допомогою інструментальних методів, зокрема біоімпедансного аналізу. У нашому дослідженні вперше проведена оцінка компонентного складу тіла великої вибірки молодих практично здорових осіб методом БІА з урахуванням статі та вихідного соматотипу. Це дозволяє виділити осіб з прихованими порушеннями жиру-м'язового співвідношення, які залишаються невидимими при стандартному обчисленні ІМТ, що

дає можливість чітко диференціювати осіб із дефіцитом м'язової маси та зниженою функціональною активністю клітин, забезпечуючи наукове підґрунтя для ранньої профілактики саркопенії та пов'язаних із нею кардіометаболічних ризиків ще на доклінічному етапі.

Порівняльна характеристика показників компонентного складу тіла обстежених студентів залежно від соматотипу та статі дозволила виявити виражений статевий диморфізм основних показників БІА: у дівчат усіх соматотипів спостерігалася достовірно вища частка жирової маси (BF, %) на фоні нижчих показників м'язової маси (MM, %), скелетної мускулатури (SM, %) та саркопенічного індексу (SI, $\text{кг}/\text{м}^2$), порівняно з хлопцями. Дана закономірність пояснюється різницею у гормональному фоні та фізіологічними особливостями, і повністю узгоджується з висновками попередніх авторів [14; 15] щодо необхідності використання диференційованих за статтю референтних значень для точної верифікації порушень жиру-м'язового співвідношення та ознак м'язового дефіциту.

Аналіз вмісту жирової тканини за показником BF, % виявив його підвищення у обох статей із соматотипом ВЖСМ та ВЖВМ. Щодо вісцерального жиру (VF, ум.од.), то тут спостерігається зворотна тенденція. У хлопців із соматотипом 2 та 3 показник VF, ум.од. є достовірно вищим, ніж у дівчат, що вказує на схильність до абдомінального накопичення жиру. Так, у соматотипі ВЖВМ рівень вісцерального жиру у хлопців майже удвічі перевищує показник дівчат (10,3 проти 6,1 ум.од.), що вказує на значно вищі кардіометаболічні ризики у чоловіків навіть при однакових типах статури. Окрім того, відомо, що як збільшена так і зменшена маса жирової тканини може призвести до розвитку гормональних порушень, що особливо небезпечно для осіб жіночої статі. У зв'язку з цим, у групі ризику знаходяться і дівчата із соматотипами НЖСМ та НЖНМ, відсоток жирової маси яких є нижче фізіологічних нормативних значень.

Щодо оцінки вмісту м'язової маси, то найбільш інформативним у цьому плані є показник саркопенічного індексу (SI, $\text{кг}/\text{м}^2$), який демонструє відносну кількість скелетної м'язової маси тіла з урахуванням зросту людини. Оскільки скелетні м'язи – це основний споживач глюкози та кисню, високий саркопенічний індекс демонструє високий базовий метаболізм і добру чутливість до інсуліну. Також він є показником рівня фізичного розвитку та тренуваності індивіда [16–17]. Для здорових нетренованих молодих чоловіків оптимальною нормою SI вважається діапазон 8,0–8,5 $\text{кг}/\text{м}^2$. Якщо в цьому віці індекс становить 7,0–7,2 $\text{кг}/\text{м}^2$, це вже є тривожним сигналом, оскільки з віком (після 30 років) починається природна редукція м'язів, і такий пацієнт дуже швидко опиниться в зоні високого метаболічного ризику. Згідно з європейським консенсусом EWGSOP2 (European Working Group on Sarcopenia) [13], межа, нижче якої діагностується низька м'язова маса, як ознака саркопенії, для чоловіків – це $SI < 7,0$ $\text{кг}/\text{м}^2$.

Так, у нашому дослідженні встановлено критичне зниження SI у хлопців із соматотипом СЖНМ та НЖНМ (SI=7,0 та 6,8 кг/м²). Щодо молодих жінок, то згідно з дослідженням [13], рекомендовані оптимальні значення SI для молодих нетренованих жінок становлять 6,2–7,5 кг/м², а межі, нижче яких діагностується саркопенія у молодих жінок, так звана критична точка відсікання або cut-off point – це SI < 5,5 кг/м². У нашому дослідженні ознаки саркопенії виявлені у дівчат соматотипу СЖНМ та НЖНМ (SI=5,3 та 5,1 кг/м²), а в зону ризику щодо саркопенії входить соматотип НЖСМ. За умови низької сили м'язів за даними кистьової динамометрії ми можемо класифікувати ці соматотипи як групи з підтвердженою саркопенією. Це може свідчити або про конституційну, або набуту слабкість м'язового апарату у зв'язку з низькою фізичною активністю. Для дівчат низький саркопенічний індекс у 18–20 років має довгострокові наслідки: низька м'язова маса (SI < 5,5 кг/м²) є прямим предиктором низької щільності кісток (ризик остеопорузу в майбутньому), оскільки м'язи механічно стимулюють укріплення кісток. Також, при низькому SI метаболічний вік зазвичай вищий за календарний, оскільки м'язи є головним «депо» для спалювання глюкози.

Ще одним показником, який тісно пов'язаний з м'язовою масою організму є фазовий кут (ФК,°). ФК визначається як арктангенс відношення реактивного (загального емнісного опору всіх клітинних мембран, розташованих на шляху вимірювального струму) та активного опору (ділянка тіла між правою кистю і правою стопою) при частоті 50 кГц. Показник вказує на загальний рівень витривалості, тренуваності організму та інтенсивності обміну речовин. За показником ФК можна судити про біологічний вік пацієнта – високі значення параметра вказують на хороший стан клітинних мембран, тоді як з віком або при хронічній патології цей показник знижується [18]. Згідно сучасних фундаментальних наукових досліджень [19], доведено, що ФК є найбільш чутливим маркером біологічної якості м'язової тканини, оскільки він відображає стан клітинних мембран незалежно від загальної маси тіла. Дослідження підтвердили, що ФК корелює з силою стискання кисті (handgrip strength) краще, ніж проста маса м'язів [20]. Це дозволяє нам стверджувати, що наші студенти з низьким ФК мають не лише менше м'язів, а й нижчий силовий потенціал. Оскільки, значення ФК у межах 5,5–6,5° для жінок та 6,0–7,5° для чоловіків

вважаються референтними для молодого віку, то показник нижче 5,0° часто трактується як зниження клітинної маси, порушення цілісності мембран або дефіцит білка. Наші дані про зниження ФК у дівчат 4-го та 7-го соматотипів дозволяють верифікувати початкові стадії м'язової деградації у молодому віці. Якщо SI (як індикатор кількості скелетних м'язів) у дівчини може бути в межах норми, але ФК при цьому низький (наприклад, як у типі СЖНМ – 4,9°), це означає, що ці м'язи «метаболічно» пасивні. Це саме той випадок, коли людина «худа», але має ризики діабету.

Отримані результати свідчать, що комплексна оцінка соматотипу та компонентного складу тіла є інформативним інструментом раннього виявлення доклінічних ризиків порушень обміну речовин і саркопенії у студентської молоді.

Перспективи подальших досліджень

Отримані дані можуть стати основою для розробки індивідуалізованих профілактичних програм, спрямованих на оптимізацію жиру-м'язового співвідношення, покращення клітинного здоров'я та зниження кардіо-метаболічних ризиків у студентської молоді.

Висновки

1. У студентів виявлено широкий спектр соматотипів з домінуванням стандартного типу, що характеризується найбільш збалансованим компонентним складом тіла.
2. Виявлені чіткі гендерні відмінності у межах однакових соматотипів, що обґрунтовує необхідність статеводиференційованого підходу до інтерпретації результатів біоімпадансного аналізу.
3. Соматотипи з високим вмістом жиру, особливо з підвищеним рівнем вісцерального жиру, асоціюються з найбільшим ризиком метаболічних порушень незалежно від рівня м'язової маси.
4. Соматотипи з нормальною або зниженою масою тіла, але низьким м'язовим компонентом, характеризуються ризиком прихованої саркопенії та зниженням клітинної функціональної активності.
5. Нормативні значення індексу маси тіла ІМТ не завжди відповідають збалансованому жиру-м'язовому співвідношенню, що підтверджує доцільність комплексної оцінки компонентного складу тіла.

Література

1. Tomiyama AJ, Hunger JM, Nguyen-Cuu J, Wells C. Misclassification of cardiometabolic health when using body mass index categories in NHANES 2005–2012. *Int J Obes.* 2016;40(5):883–886. DOI:10.1038/ijo.2016.17
2. Donini LM, Busetto L, Bischoff SC, et al. Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obes Facts.* 2022;15(3):321–335. DOI: 10.1159/000521241
3. Prado CM, Batsis JA, Donini LM, Gonzalez MC, Siervo M. Sarcopenic obesity in older adults: a clinical overview. *Nat Rev Endocrinol.* 2024;20(5):261–277. DOI: 10.1038/s41574-023-00943-z
4. Marques M, Baptista F. Pediatric sarcopenia: what do we know? *Acta Med Port.* 2025;38(12):800–807. DOI: 10.20344/amp.23301
5. Guo C, Kong Y, Wang G, Du J, Yu C, Wu J. CT-Based assessment of sarcopenia and its association with biologic treatment outcomes in Chinese Children with Crohn's disease. *Front Nutr.* 2025;12:1660731. DOI: 10.3389/fnut.2025.1660731

6. Lewandowski CG, Silveira TT, Moreno YMF, Leite HP. Sarcopenia in Children and Adolescents With Cancer: A Systematic Review of Diagnostic Assessment Methods. *Pediatr Blood Cancer*. 2025;72(9):e31844. DOI: 10.1002/pbc.31844.
7. Ward LC, Brantlov S. Bioimpedance basics and phase angle fundamentals. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023;24:381–391. DOI: 10.1007/s11154-022-09780-3
8. Catapano A, Trinchese G, Cimmino F et al. Impedance Analysis to Evaluate Nutritional Status in Physiological and Pathological Conditions. *Nutrients*. 2023;10;15(10):2264. DOI: 10.3390/nu15102264
9. da Silva BR, Orsso CE, Gonzalez MC, et al. Phase angle and cellular health: inflammation and oxidative damage. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023;24(3):543–562. DOI: 10.1007/s11154-022-09775-0
10. Yucel HE, Ulcay T, Gorgulu O, Oncu R, Uguz E, Dulkadiroglu E. A new score for metabolic age in type 2 diabetes mellitus: physical rating score. *J Clin Med*. 2025;14:2868. DOI: 10.3390/jcm14092868
11. Black DR, Coster DC, Paige SR. Physiological health parameters among college students to promote chronic disease prevention and health promotion. *Prev Med Rep*. 2017;18;7:64–73. DOI: 10.1016/j.pmedr.2017.05.006
12. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004;23(5):1430–1453. DOI: 10.1016/j.clnu.2004.09.012
13. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31. DOI: 10.1093/ageing/afy169
14. Amaral MA, Mundstock E, Scarpato CH, Cañon-Montañez W, Mattiello R. Reference percentiles for bioimpedance body composition parameters of healthy individuals: a cross-sectional study. *Clinics (Sao Paulo)*. 2022;77:100078. DOI:10.1016/j.clinsp.2022.100078
15. Mattiello R, Mundstock E, Ziegelmann PK. Brazilian Reference Percentiles for Bioimpedance Phase Angle of Healthy Individuals. *Front Nutr*. 2022;9:912840. DOI:10.3389/fnut.2022.912840
16. Merz KE, Thurmond DC. Role of skeletal muscle in insulin resistance and glucose uptake. *Compr Physiol*. 2020;8;10(3):785–809. DOI:10.1002/cphy.c190029
17. Sato H, Akisue T, Tanemura R et al. Association between the skeletal muscle mass index and physical function in adolescents with intellectual and developmental disabilities. *Adv Neurodev Disord*. 2025;9:655–664. DOI:10.1007/s41252-025-00437-1
18. Lafontant K, Sterner DA, Fukuda DH, Stout JR. A non-invasive window into cellular health: phase angle and impedance ratio explained. *ACSMs Health Fit J*. 2024;29:25–31. DOI: 1249/FIT.0000000000001030
19. Costa Pereira JPD, Rebouças AS, Prado CM et al. Phase angle as a marker of muscle quality: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr*. 2024;43(12):308–326. DOI: 10.1016/j.clnu.2024.11.008
20. Di Vincenzo O, Marra M, Sacco AM, Pasanisi F, Scalfi L. Bioelectrical impedance-derived phase angle in adults with obesity: a systematic review. *Clin Nutr*. 2021;40(9):5238–5248. DOI: 10.1016/j.clnu.2021.07.035

Мета дослідження. Провести біоімпедансний аналіз показників компонентного складу тіла здорових осіб молодого віку залежно від вихідного соматотипу.

Матеріали та методи. Обстежено 307 практично здорових студентів віком 18–22 роки. Компонентний склад тіла визначали методом біоімпедансного аналізу з використанням аналізатора Tanita (Японія). Оцінювали індекс маси тіла (ІМТ), відсоток жирової маси (BF, %), вісцеральний жир (VF, ум. од.), відносний вміст м'язової маси (ММ, %), частку скелетної мускулатури (SM, %), саркопенічний індекс (SI) та фазовий кут (ФК). Аналіз проводили з урахуванням соматотипу та статі обстежених.

Результати. Встановлено, що у 37,5% хлопців та 52,6% дівчат переважає стандартний соматотип, який характеризується збалансованим співвідношенням жирової та м'язової маси. У студентів із підвищеним вмістом жирової тканини виявлено зростання рівня ІМТ, BF% та VF, особливо у хлопців, що вказує на ризик розвитку метаболічних порушень вже у ранньому молодому віці. Поряд з цим, виявлено значну частку студентів, індекс маси тіла яких знаходився в межах норми, проте у них встановлено зниження частки м'язової маси, що підтверджено зниженням SM, %, SI та ФК, показника, який асоціюється із порушенням цілісності клітинних мембран, силою та якістю м'язів. Зниження вказаних показників було більш вираженим у дівчат, що може свідчити про приховану саркопенію, навіть при нормальних значеннях ІМТ.

Висновки. Індекс маси тіла не дозволяє об'єктивно оцінити жиром'язове співвідношення та ранні метаболічні ризики. Використання біоімпедансного аналізу з урахуванням соматотипу та статі дає можливість виявити приховані порушення компонентного складу тіла, зокрема надлишок вісцерального жиру та дефіцит м'язової маси у молодих осіб.

Ключові слова: індекс маси тіла, біоімпедансний аналіз, компонентний склад тіла, соматотип, студенти.

Body mass index (BMI) remains the most common indicator of body weight assessment, but it does not take into account the ratio of fat and muscle components, the level of visceral fat and hydration of the body. This limits its informativeness for early detection of metabolic disorders, sarcopenia and hidden obesity, especially in young people with normal BMI. In this regard, the use of bioimpedance analysis (BIA) taking into account somatotype and gender is relevant.

Purpose. The aim of the study was to conduct a bioelectrical impedance analysis of body composition parameters in healthy young people depending on the initial somatotype.

Materials and methods. 307 practically healthy students aged 18–22 (228 girls and 79 boys) were examined. Body composition was determined by bioimpedance analysis using a TANITA MC-780 MA analyser (Japan). BMI, percentage of fat mass (BF, %), visceral fat (VF, conventional units), relative muscle mass (MM, %), skeletal muscle mass (SM, %), sarcopenic index (SI), total water content (TBW, %) and phase angle (PA) were determined. Somatotypes were classified according to the 9-level Physique Rating scale. To interpret the obtained data, we used reference values for indicators based on age and gender, as recommended by the equipment manufacturer (Tanita, Japan) and international standards for body composition assessment. Statistical processing was performed using the Minitab 21.3.1 package. To describe the data, mean values and standard deviations ($M \pm SD$) were calculated.

Results. It was found, that 37.5% of boys and 52.6% of girls have a standard somatotype, which is characterised by a balanced ratio of fat and muscle mass. Students with increased fat content (“High Fat/ Average Muscle” and “High Fat/ High Muscle” somatotypes) showed an increase in BMI, BF% and VF, especially in boys, indicating a risk of developing metabolic disorders at an early young age. At the same time, a significant proportion of students with „Average Fat/Low Muscle“ and „Low Fat/Low Muscle“ somatotypes were found to have a body mass index within the normal range, but they had a reduced ratio of muscle mass, as confirmed by a decrease in percentage of skeletal muscle, sarcopenic index and phase angle, an indicator, that is associated with impaired cell membrane integrity, muscle strength and quality. According to the European consensus EWGSOP2 (European Working Group on Sarcopenia), a sarcopenic index $< 7.0 \text{ kg/m}^2$ in young men and $< 5.5 \text{ kg/m}^2$ in young women is considered as sarcopenia. Our study found a critical decrease in SI in boys with the „Average Fat/Low Muscle“ and „Low Fat/Low Muscle“ somatotypes (SI = 7.0 and 6.8 kg/m^2). As for young women, the signs of sarcopenia were found in girls with the same somatotypes (SI = 5.3 and 5.1 kg/m^2).

Conclusions. Bioelectrical impedance analysis, accounting for somatotype and gender, is an informative tool for detecting hidden imbalances in the fat-to-muscle ratio in young, practically healthy individuals. The use of BIA allows to identify sarcopenic states, reduced cellular functional activity and increased metabolic risks by the excess visceral fat which are not determined when using BMI alone. The results justify the feasibility of implementing body composition analysis into routine preventive screenings for the student population.

Key words: body mass index, bioimpedance analysis, body composition, somatotype, students.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflict of interest: absent.

Відомості про авторів

Сливка Ярослава Іванівна – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету №2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000.

yaroslava.slyvka@uzhnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9364-7254 ^{A, B, C, D, E}

Савка Юліанна Михайлівна – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету №2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000.

yulianna.savka@uzhnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0052-8537 ^{A, B, D}

Крічфалушій Оксана Павлівна – доктор філософії, доцент, доцент кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету №2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000.

oksana.kentesh@uzhnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-6326-5178 ^{A, C, D}

Фекета Володимир Петрович – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету № 2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000.

v.feketa@uzhnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4951-4040 ^{A, E, F}

Мороз Олег Олегович – аспірант кафедри фізіології та патофізіології медичного факультету №2 ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000.

oleh.moroz1@uzhnu.edu.ua, ORCID ID: 0009-0001-5353-8272 ^{B, C, D}

Дата першого надходження статті до видання: 29.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 15.04.2026