

Синіговець В. І.

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3781-115X>
Кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри теорії і методики фізичного виховання,
Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка
(Глухів, Україна) E-mail: sinigovets_59@ukr.net

Синіговець І. В.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4456-4399>
Кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,
доцент кафедри спорту,
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка
(Чернігів, Україна) E-mail: senegovets@ukr.net

Павленко В. Й.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4440-5195>
Заслужений тренер України,
старший викладач кафедри теорії і методики фізичного виховання,
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка
(Глухів, Україна) E-mail: pavlenko_46@ukr.net

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КОМПОНЕНТІВ ТІЛА З БАЗАЛЬНИМ МЕТАБОЛІЗМОМ КВАЛІФІКОВАНИХ БІАТЛОНІСТОК

Моніторинг складу тіла спортсменів дозволяє оцінити стан здоров'я і рівень функціональної і фізичної підготовки спортсменів, що інформативно для управління тренувальним процесом. Важливими кроками в даному напрямку є розробка нових методів діагностики складу тіла, які на сьогоднішній день стали більш точними і достовірними. На теперішній час на озброєнні фахівців існує велика кількість методів оцінки компонентного складу тіла спортсмена. Однак, при всьому різноманітті наявних методів дослідження складу тіла кожен з них має ряд переваг і недоліків для використання у спортивній практиці.

Проведені дослідження дозволили встановити особливості компонентного складу маси тіла і базального метаболізму кваліфікованих біатлоністок методом біоімпедансного аналізу. Результати кореляційного і регресійного аналізу експериментальних досліджень виявили тісноту зв'язку показників, характер і напрям залежності рівня базального метаболізму від абсолютних і відносних компонентів тіла кваліфікованих біатлоністок.

Мета роботи: визначити особливості взаємозв'язку компонентів складу тіла з базальним рівнем метаболізму в кваліфікованих біатлоністок.

Методологія дослідження спрямована на обґрунтування результатів емпіричного дослідження компонентів тіла, базального метаболізму та їх взаємозв'язку як базовою передумовою функціональної підготовленості, індивідуалізації навчально-тренувального процесу кваліфікованих біатлоністок.

Наукова новизна полягає у визначенні абсолютних і відносних компонентів тіла кваліфікованих біатлоністок, характеру та тісноти їх взаємозв'язку з базальним метаболізмом.

Висновки. Баланс тканинних компонентів тіла спортсменів безпосередньо пов'язаний з проявами різноманітних фізичних якостей і розвитком функціональних систем організму, що безпосередньо відбивається на результативності спортсменів-біатлоністок.

Ключові слова: кваліфіковані біатлоністки, компонентний склад тіла, базальний метаболізм, біоімпедансний аналіз.

Постановка проблеми. Сучасний спорт вищих досягнень висуває високі вимоги до фізіологічних систем, енергозабезпечення та рівня метаболізму спортсмена. Це обумовлено тим, що для досягнення високих спортивних результатів спортсмени протягом багаторічної підготовки виконують досить значні за обсягом і режимами тренувальні навантаження різної спрямованості. У результаті зростає рівень функціонування окремих органів, систем та організму спортсмена в цілому. Особливо це характерно для циклічних видів спорту з переважним проявом витривалості і біатлоністів в тому числі [1].

Актуальність роботи. У спортивній практиці для моніторингу фізичного стану і тренувального режиму спортсменів широко застосовують метод вивчення співвідношення тканинних компонентів тіла. Аналіз і контроль жирової, безжирової і м'язової маси, загального вмісту води в організмі дозволяє оцінювати і прогнозувати розвиток метаболічного синдрому [2].

Метаболізм розділяється на базальний (основний), який відбувається постійно і додатковий, пов'язаний з будь-якою активністю, відмінною від спокою. До статичних факторів метаболізму, які не піддаються корекції, відносяться: спадковість, стать, тип статури, вік. До динамічних факторів відносяться: маса тіла, психоемоційний стан, організація раціону, рівень вироблення гормонів, фізичні навантаження та інші. Від взаємодії вказаних факторів залежить швидкість обміну. Якщо правильно коригувати фактори другої групи, можна деякою мірою прискорити або уповільнити метаболізм. Швидкість метаболізму у спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації може дуже сильно відрізнятися. Однак, дослідники виявили показники, які впливають на швидкість обміну речовин: кількість м'язової і жирової тканини в організмі, вік, стать, генетична програма людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Послідовність включення енергозабезпечення м'язової діяльності у кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту безпосередньо пов'язані з параметрами потужності, ємності й ефективності виконуваних вправ. Біоенергетичні кінетичні особливості метаболічних функцій при напруженій м'язовій діяльності доцільно вивчати за допомогою стандартизованих лабораторних тестів. Аналіз градацій фізичних вправ і метаболічних станів дає можливість виділяти строгі кількісні критерії при виборі оптимального обсягу і інтенсивності використовуваних навантажень [5].

Першорядне значення в спорті має обчислення жирової маси, яка виконує функції метаболічноактивного органу, достатній її рівень відіграє істотну роль у підтримці загального здоров'я. Знання про кількість і розподіл компонентів тіла використовують при визначенні спортивної працездатності. Зниження частки жирової маси до 5-6 % від загальної маси тіла, а скелетно-м'язової маси в змагальному періоді – до 46 % від загальної маси тіла небажано і частіше свідчить про перевтому спортсменів. Зміни м'язового і жирового компонентів під впливом тренувальних навантажень відображають спрямованість і вираженість адаптивних зрушень структурного рівня в організмі спортсмена і переважний характер енергозабезпечення. Лабільні морфологічні показники спортсменів можуть служити маркерами адаптації до напруженої м'язової діяльності [4; 6].

Впровадження нових технологій і методів дослідження дозволяє підвищити надійність й оперативність оцінки складу тіла. На сьогоднішній день метод біоімпедансного аналізу складу тіла за частотою застосування перевершив всі відомі технології оцінки складу тіла. Біоімпедансний аналіз – це сучасний високоточний апаратний метод визначення складу тіла людини, заснований на вимірюванні електричного опору тканин людського тіла. Перевага окремих моделей даного методу полягає в можливості одночасної оцінки таких клінічно значущих параметрів, як активна клітинна маса і основний обмін, а також вивчення не тільки інтегральних, а й локальних параметрів складу тіла [3; 4; 7].

Мета роботи: визначити особливості взаємозв'язку компонентів складу тіла з базальним рівнем метаболізму у кваліфікованих біатлоністок.

Методологія дослідження спрямована на обґрунтування результатів емпіричного дослідження компонентів тіла, базального метаболізму та їх взаємозв'язку як базової передумови функціональної підготовленості та індивідуалізації навчально-тренувального процесу кваліфікованих біатлоністок.

Наукова новизна полягає у визначенні абсолютних і відносних компонентів тіла кваліфікованих біатлоністок, характеру та тісноти їх взаємозв'язку з базальним рівнем метаболізму.

Результати дослідження. До складу дослідної групи входили біатлоністки віком від 18 до 20 років, майстри спорту, члени юніорської збірної України. Дослідження аналізу складу тіла кваліфікованих біатлоністок проводилися біоімпедансним методом з допомогою вагів-аналізаторів BC-418MA виробництва Tanita. Аналізувалися такі абсолютні і відносні показники результати досліджень: BM – вага тіла, кг; BMI – ваговий індекс (індекс маси тіла): вага/зріст, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}$; BMR – базальний рівень метаболізму, ккал; FAT MASS – жировий компонент (вага жирової тканини в організмі), кг; FAT – відносний жировий компонент (відсоток жирової тканини в організмі), %; FFM MASS – безжировий компонент (вага безжирової тканини (м'язи, кістки, вода тощо), кг; FFM – відносний безжировий компонент (відсоток безжирової тканини в тілі), %; TBW MASS – загальна кількість води в організмі, кг; TBW – відносний показник вмісту води в організмі, %; PMS – м'язовий компонент безжирової тканини, кг.

Результати експериментальних досліджень свідчать, що середньостатистичні показники абсолютних та відносних компонентів складу тіла кваліфікованих біатлоністок знаходяться в межах норми для даної вікової групи та виду спорту. Усі досліджувані показники характеризувались низьким рівнем мінливості вибіркового даних ($V=1,33-9,95\%$), крім абсолютних і відносних показників жирового компоненту ($V=26,25-31,36\%$) (табл. 1).

Таблиця 1

Середньостатистичні абсолютні, відносні компоненти складу тіла та рівень базального метаболізму кваліфікованих біатлоністок, $n=6$

Позначення статистичних показників	Абсолютні і відносні показники компонентів складу тіла, одиниці вимірювання								
	Вага тіла (ВМ), кг	Ваговий індекс тіла (ВМІ), $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}$	Жировий компонент (FAT MASS), кг	Відносний жировий компонент (FAT), %	Безжировий компонент (FFM MASS), кг	Відносний безжировий компонент (FFM), %	Вміст води в організмі (TBW MASS), кг	Відносний показник вмісту води в організмі (TBW), %	Рівень базального метаболізму (BMR), ккал
X	59,58	22,00	11,0	18,2	48,6	81,81	35,6	59,92	1492,33
S	3,69	2,19	3,45	4,78	0,65	4,76	0,48	3,48	35,75
m	1,51	0,89	1,41	1,95	0,26	1,94	0,20	1,42	14,59
V	6,19	9,95	31,36	26,25	1,33	5,81	1,35	5,81	2,40

Сегментарний аналіз складу компонентів тіла не виявив асиметрії в складі верхніх кінцівок, незначні асиметричні показники були зафіксовані в показниках нижніх кінцівок: жировий компонент (0,04 кг); безжировий компонент (0,05 кг); м'язовий (0,02 кг) (табл. 2).

Таблиця 2

Середньостатистичні компоненти складу сегментів кваліфікованих біатлоністок, $n=6$

Позначення статистичних показників	Сегменти, компоненти тіла, одиниці вимірювання				
	Права нижня кінцівка	Ліва нижня кінцівка	Права верхня кінцівка	Ліва верхня кінцівка	Тулуб
Жировий компонент, кг					
X	2,70	2,67	0,45	0,45	4,78
S	0,77	0,78	0,16	0,16	1,60
m	0,32	0,32	0,07	0,07	0,65
Безжировий компонент, кг					
X	8,45	8,50	2,55	2,52	26,62
S	0,19	0,17	0,05	0,10	0,64
m	0,08	0,07	0,02	0,04	0,26
М'язовий компонент, кг					
X	7,98	8,00	2,35	2,35	25,45
S	0,17	0,17	0,05	0,10	0,65
m	0,07	0,07	0,02	0,04	0,26

Кореляційний аналіз поміж абсолютними показниками компонентів тіла та рівнем базального метаболізму кваліфікованих біатлоністок виявив за шкалою Чеддока дуже високі взаємозв'язки між вагою тіла і жировим компонентом $r=0,986$ та безжировим компонентом і вмістом води в організмі $r=0,999$. Високий рівень зв'язків мали показник базального метаболізму з вагою тіла ($r=0,888$) і жировим компонентом тіла ($r=0,849$). В інших показниках спостерігався слабкий і середній рівень кореляційних зв'язків ($r=0,314-0,580$).

Серед досліджуваних показників найбільшу загальну суму значень коефіцієнтів кореляції, а, відповідно, і процентний вміст в кореляційній дисперсії мав рівень базального метаболізму. Наступні рангові місця посіли: вага тіла; жировий і безжировий компоненти; вміст води в організмі кваліфікованих біатлоністок (табл. 3).

Таблиця 3

**Кореляційні залежності абсолютних показників компонентів тіла
і базального рівня кваліфікованих біатлоністок, n=6**

Показники	Вага тіла (BM)	Жировий компонент (FAT MASS)	Безжировий компонент (FFM MASS)	Вміст води в організмі (TBW MASS)	Рівень базального метаболізму (BMR)
Вага тіла (BT)					
Жировий компонент (FAT MASS)	0,986				
Безжировий компонент (FFM MASS)	0,478	0,322			
Вміст води в організмі (TBW MASS)	0,471	0,314	0,999		
Рівень базального метаболізму (BMR)	0,888	0,849	0,580	0,563	
$\sum r$	2,822	2,471	2,379	2,347	2,880
%	21,88	19,15	18,44	18,20	22,33
Ранг	2	3	4	5	1

Кореляційний аналіз між відносними показниками компонентів тіла та рівнем базального метаболізму кваліфікованих біатлоністок виявив за шкалою Чеддока три дуже високих взаємозв'язки між вагою тіла і відносним жировим компонентом $r=0,957$, відносним безжировим компонентом $r=0,956$, відносним показником вмісту води в організмі $r=0,955$. Відносний жировий компонент тіла біатлоністок мав дуже високу силу взаємозв'язку з відносними показниками безжирового компоненту та вмістом води в організмі $r=0,999$. Між відносними показниками безжирового компоненту та вмістом води в організмі також спостерігався дуже сильні кореляційні зв'язки $r=0,999$. Інші показники мали високий рівень зв'язку ($r=|0,746-0,832|$).

Розподіл відносних досліджуваних показників у кореляційну дисперсію мав такий розподіл: 1 місце – відносний жировий компонент (20,79%); 2 місце – відносний показник вмісту води в організмі (20,782 %); 3 місце – відносний без жировий компонент (20,781 %); 4 місце – ваговий індекс тіла (19,85 %); 5 місце – рівень базального метаболізму (17,79 %) – табл. 4.

Таблиця 4

**Кореляційні залежності відносних показників компонентів тіла і базального рівня
кваліфікованих біатлоністок, n=6**

Показники	Ваговий індекс тіла (BMI)	Відносний жировий компонент (FAT)	Відносний безжировий компонент (FFM)	Відносний показник вмісту води в організмі (TBW)	Рівень базального метаболізму у (BMR)
Ваговий індекс тіла (BMI)					
Відносний жировий компонент (FAT)	0,957				
Відносний безжировий компонент (FFM)	0,956	0,999			
Відносний показник вмісту води в організмі (TBW)	0,955	0,999	0,999		
Рівень базального метаболізму (BMR)	0,746	0,832	-0,831	-0,832	
$\sum r$	3,615	3,787	3,785	3,786	3,242
%	19,848	20,792	20,781	20,784	17,796
Ранг	4	1	3	2	5

З метою аналізу впливу абсолютних і відносних показників компонентів тіла на рівень базального метаболізму використовувався лінійний регресивний аналіз з допомогою методу найменших квадратів. Отримані однопараметричні лінійні моделі оцінювалися за значенням коефіцієнта

детермінації (R^2) за умов, якщо його значення знаходиться в межах (0,55–1,0), то модель є адекватною, а якщо ж значення коефіцієнта детермінації знаходиться у межах (0–0,44), то модель – неадекватна.

Адекватність побудованих лінійних моделей залежностей базального метаболізму від абсолютних показників складу тіла кваліфікованих біатлоністок спостерігалась з показниками ваги тіл ($R^2=0,788$), жирового компоненту ($R^2=0,720$), неадекватність – за показниками безжирового компоненту ($R^2=0,336$), вмісту води в організмі ($R^2=0,317$) (рис. 1).

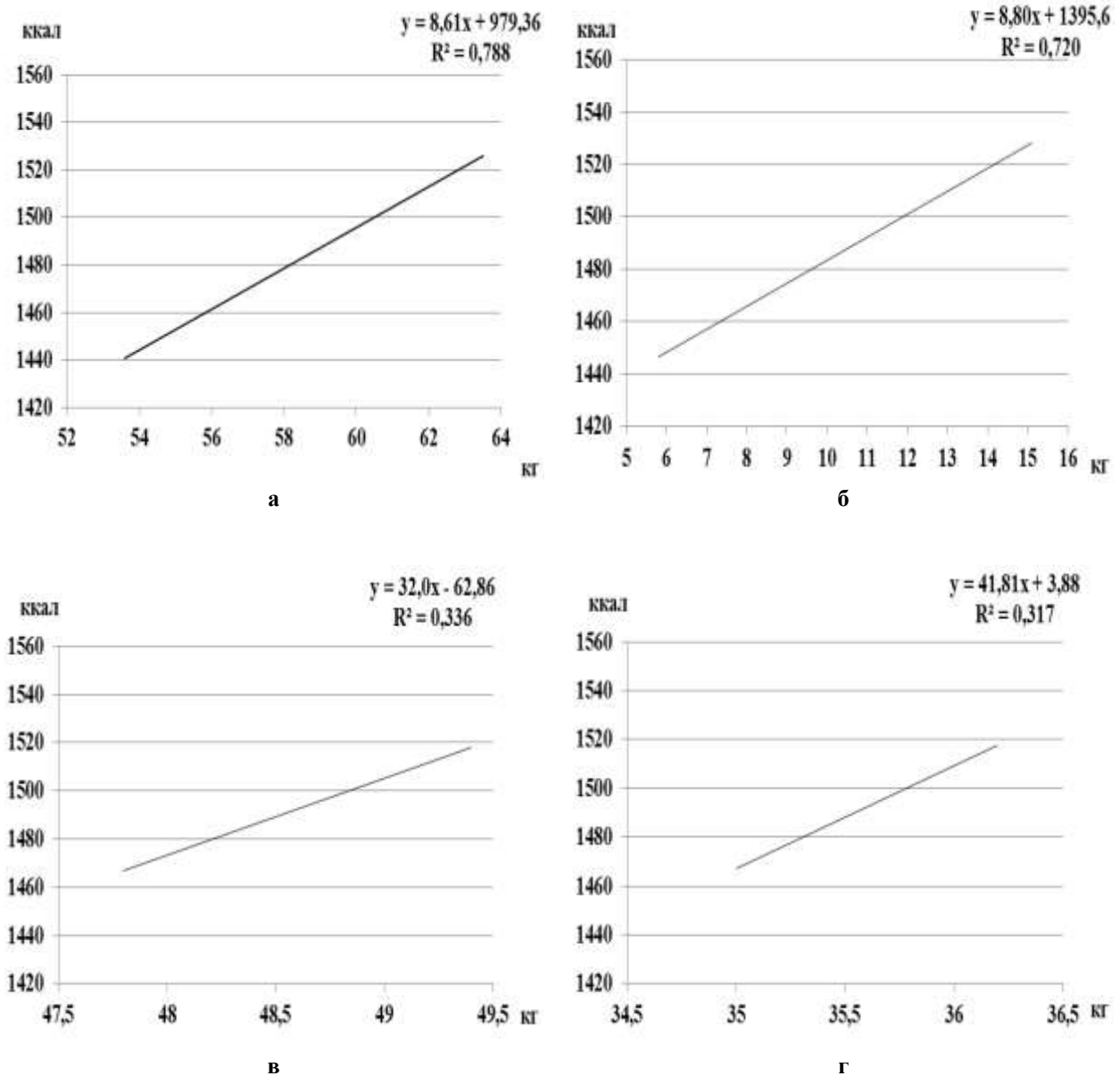
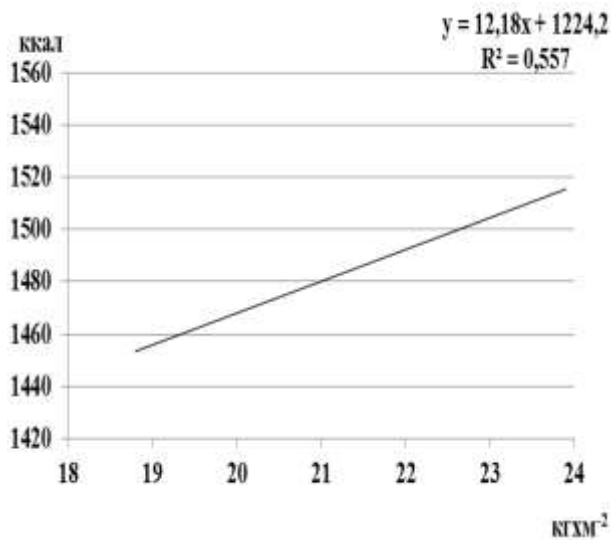
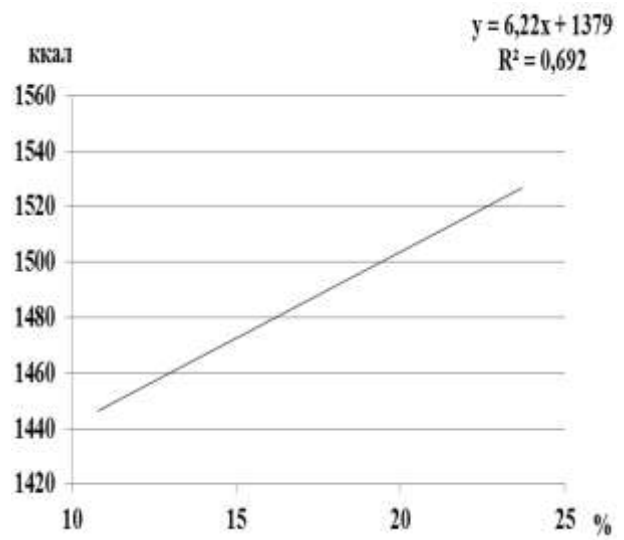


Рис. 1. Залежності базального метаболізму від абсолютних показників складу тіла кваліфікованих біатлоністок від:
а) ваги тіл (BM); б) жирового компоненту (FAT MASS);
в) безжирового компоненту (FFM MASS);
г) вмісту води в організмі (TBW MASS).

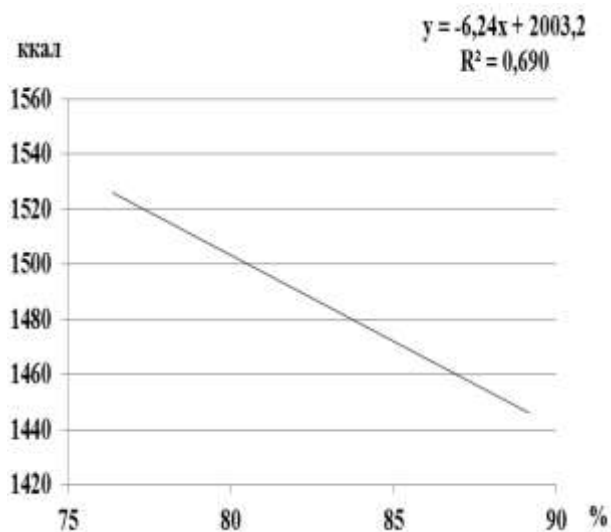
Адекватність побудованих лінійних моделей залежностей базального метаболізму від відносних показників складу тіла кваліфікованих біатлоністок спостерігалась у всіх показниках: вагового індексу тіла ($R^2=0,720$), жирового компоненту ($R^2=0,692$), безжирового компоненту ($R^2=0,690$), вмісту води в організмі ($R^2=0,693$) (рис. 2).



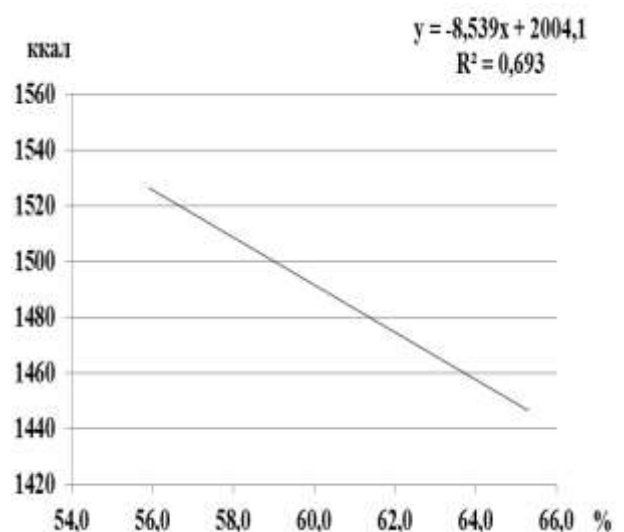
а



б



в



г

Рис. 2. Залежності базального метаболізму від відносних показників складу тіла кваліфікованих біатлоністок від:
а) вагового індексу тіла (ВМІ); б) жирового компоненту (FAT);
в) безжирового компоненту (FFM); г) вмісту води в організмі (TBW)

Висновки. Баланс тканинних компонентів тіла спортсменів безпосередньо пов'язаний з проявами різноманітних фізичних якостей і розвитком функціональних систем організму, що безпосередньо відбивається на результативності спортсменів-біатлоністок. З цієї причини в спорті моніторингу тканинного складу тіла в організації тренувального режиму спортсменів відводять першорядну роль.

Результати експериментальних досліджень складу тіла кваліфікованих біатлоністок виявили, що показники їх абсолютних та відносних компонентів знаходяться в межах норми для даної вікової групи, статі та виду спорту.

Сегментарний аналіз складу тіла не виявив асиметрії компонентів у складі верхніх кінцівок, незначні асиметричні показники були зафіксовані в показниках нижніх кінцівок.

Кореляційний аналіз поміж показниками складу тіла і рівнем базального метаболізму визначив специфічні особливості їх взаємозв'язків, які потребують подальшого вивчення.

Більшість побудованих однопараметричних лінійних моделей залежностей базального метаболізму кваліфікованих біатлоністів з абсолютними і відносними показниками складу тіла свідчать про їх адекватність.

Перспективи подальших досліджень передбачають вивчення залежностей показників складу тіла кваліфікованих біатлоністок від їх функціональної підготовленості.

References

1. Аикин В. А., Реуцкая Е. А., Сухачев Е. А. Функциональное состояние дыхательной системы биатлонисток высокой квалификации. *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта*. Санкт-Петербург. 2015. № 12 (130). С. 14–19.
Aikin, V. A., Reutskaaya, E. A., & Sukhachev, E. A. (2015). Funktsional'noye sostoyaniye dykhatel'noy sistemy biatlonistok vysokoy kvalifikatsii [Functional state of the respiratory system of highly qualified biathletes]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta – Scientific notes of the P. F. Lesgaft University*. St. Petersburg, Russia. № 12 (130). Pp. 14–19.
2. Карузин К. А., Бойцов В. И., Мартусевич А. К., Левушкин С. П. Влияние комплексной программы оптимизации метаболизма на работоспособность спортсменов. *Кубанский научный медицинский вестник*. Краснодар. 2016. №6. С. 80–83.
Karuzin, K. A., Boitsov, V. I., Martusevich, A. K., & Levuschkin, S. P. (2016). Vliyaniye kompleksnoy programmy optimizatsii metabolizma na rabotosposobnost' sportsmenov [Influence of complex program of metabolism optimization on working capacity of athletes]. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik – Kuban scientific medical bulletin*. Krasnodar, Russia. 6. 80–83.
3. Мартиросов Э. Г., Николаев Д. В., Руднев С. Г. Технологии и методы определения состава тела человека. Москва : Наука, 2006. 248 с.
Martirosov, E. G., Nikolaev, D. V., & Rudnev, S. G. (2006). Tekhnologii i metody opredeleniya sostava tela cheloveka [Technologies and methods for determining the composition of the human body]. Moscow, Russia: The science. 248 p.
4. Николаев Д. В., Смирнов А. В., Бобринская И. Г., Руднев С. Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. Москва : Наука, 2009. 392 с.
Nikolaev, D. V., Smirnov, A. V., Bobrinskaya, I. G., & Rudnev, S. G. (2009). Bioimpedansnyy analiz sostava tela cheloveka [Bioimpedance analysis of the composition of the human body]. Moscow, Russia: The science.
5. Реуцкая Е. А. Морфофункциональные аспекты спортивного мастерства квалифицированных биатлонисток. *Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений*. Омск: СГУФКиС. Т. 3. 2015. С. 157–166.
Reutskaaya, E. A. (2015). Morfofunktsional'nyye aspekty sportivnogo masterstva kvalifitsirovannykh biatlonistok [Morphological and functional aspects of sportsmanship of qualified biathletes]. *Voprosy funktsionalnoy podgotovki v sporte vysshikh dostizheniy. – Issues of functional training in sports of the highest achievements*. Omsk, Russia : SSUFKiS. Vol. 3. Pp. 157–166.
6. Тамбовцева Р. В. Состояние метаболизма при напряженной мышечной деятельности спортсменов циклических видов спорта. Москва : ТВТ Дивизион. 2017. 120 с.
Tambovtseva, R. V. (2017). Sostoyaniye metabolizma pri napryazhennoy myshechnoy deyatel'nosti sportsmenov tsiklicheskikh vidov sporta [The state of metabolism during intense muscular activity of athletes in cyclic sports]. Moscow, Russia : TVT Division.
7. Тегако Л. И., Негашева, М. А. О биоимпедансном анализе состава тела. Актуальные вопросы антропологии. *Сборник научных трудов АН Беларуси*. Минск : Беларуская наука, 2010. Вып. 5. С. 12–17.
Tegako, L. I., & Negasheva, M. A. (2010). O bioimpedansnom analize sostava tela [About bioimpedance analysis of body composition. Actual questions of anthropology]. *Sbornik nauchnykh trudov AN Belarusi – Collection of scientific papers of the Academy of Sciences of Belarus*. Minsk, Belarus : Belarusian Science. Issue. 5. 12-17.

Sinigovets V.

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3781-115X>
PhD in pedagogical Sciences, associate professor
Associate professor of the department of
theory and methods of physical Education,
Glukhiv national pedagogical university
named after Alexander Dovzhenko
(Glukhiv, Ukraine) E-mail: sinigovets_59@ukr.net

Sinigovets I.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4456-4399>
PhD in physical education and sports, assistant professor
Associate professor of the department of Sport,
T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: senegovets@ukr.net

Pavlenko V.

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4440-5195>
Honored coach of Ukraine
Senior lecturer of the department of
theory and methods of physical education,
Glukhiv national pedagogical university
named after Alexander Dovzhenko
(Glukhiv, Ukraine) E-mail: pavlenko_46@ukr.net

THE RELATIONSHIP OF BODY COMPONENTS WITH BASAL METABOLISM BY QUALIFIED BIATHLONISTS

Monitoring the body composition of athletes allows assessing the health and level of functional and physical training of athletes, which is informative for the management of the training process. An important step in this direction is the development of new methods for the diagnosis of body composition, which have become more accurate and reliable today. Currently, there are a number of methods to evaluate the component composition of the athlete's body. However, with all the variety of existing methods of body composition research, each of them has several advantages and disadvantages for use in sports practice.

The conducted researches have allowed establishing the features of the component composition of body weight and basal metabolism of qualified biathletes by the method of bioimpedance analysis. The results of the correlation and regression analysis of the experimental studies revealed a close relationship between the indicators, the nature and direction of the level of basal metabolism from the absolute and relative body components of qualified biathletes.

Article's purpose. *To determine the relationship between the components of the body composition and basal metabolism in qualified biathletes.*

Methodology. *The research methodology is aimed at substantiating the results of empirical study of body components, basal metabolism and their interrelation as a basic prerequisite for functional preparedness, individualization of the training process of qualified biathletes.*

Scientific novelty. *The scientific novelty is to determine the absolute and relative components of the body of qualified biathletes, the nature and close relationship of these with basal metabolism.*

Conclusion. *The balance of tissue components of the body of athletes is directly related to the manifestations of various physical qualities and the development of functional systems of the body, which directly affects the performance of athletes, biathletes.*

Key words: *qualified biathletes, component body composition, basal metabolism, bioimpedance analysis.*

Стаття надійшла до редакції 20.09.2019 р.

Рецензент: доктор педагогічних наук, професор **О. К. Проніков**