

25. Preterm Labor and Birth Management: Recommendations from the European Association of Perinatal Medicine / G. C. Di Renzo et al. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. 2017. Vol. 17. P. 2011-2030. DOI: <https://doi.org/10.1080/14767058.2017.1323860>

26. The R Project for statistical computing Core Team R: A language and environment for statistical computing / *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. 2013. URL: <http://www.R-project.org/>

Стаття надійшла до редакції
11.06.2021



УДК 613.2:355.09(477)

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2021.3.242249>

**Ю.М. Депутат,
М.П. Гуліч*,
В.Л. Савицький,
О.М. Іванько,
Й.Р. Левіт,
О.В. Богомолець**

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ РАЦІОНУ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Українська військово-медична академія
вул. Московська, 45/1, буд. 33, Київ, 01015, Україна

ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва НАМН України»*

вул. Попудренка, 50, Київ, 02094, Україна

Ukrainian military-medical academy

Moskovska str., 45/1, 33, Kyiv, 01015, Ukraine

e-mail: yurdep@ukr.net

“Marzeev Institute of Public Health, National Academy of Medical Sciences of Ukraine”*

Popudrenko str., 50, Kyiv, 02094, Ukraine

e-mail: gumara@ukr.net

Цитування: *Медичні перспективи*. 2021. Т. 26, № 3. С. 161-168

Cited: *Medicni perspektivi*. 2021;26(3):161-168

Ключові слова: військовослужбовці, інформаційна модель, добовий раціон харчування, енергетичні витрати, нутрієнти

Ключевые слова: военнослужащие, информационная модель, суточный рацион питания, энергетические затраты, нутриенты

Key words: servicemen, informational model, daily nutrition ration, energy losses, nutrients

Реферат. Применение информационной модели расчета рациона питания для компенсации энергетических затрат военнослужащих Вооруженных сил Украины. Депутат Ю.Н., Гулич М.П., Савицкий В.Л., Иванько О.М., Левит И.Р., Богомолец О.В. Публикация посвящена изучению проблемы компенсации энергетических затрат военнослужащих во время пребывания на квалификационном курсе Сил специальных операций Вооруженных сил Украины, а также созданию метода для оперативного реагирования должностных лиц продовольственной службы на изменения величины энергозатрат курсантов при различных фазах подготовки путем внесения соответствующих коррективов в их рацион питания. Цель работы заключалась в разработке и обосновании информационной модели расчета суточного рациона питания для

обеспечения адекватной компенсации фактических энергозатрат военнослужащих. Применены хронометражно-табличный, инструментальный, расчетный, лабораторный и статистический методы исследований. Расчеты информационной модели выполнялись с использованием функций табличного редактора Microsoft Excel 2007. В статье приводится описание разработанной информационной полипараметрической модели вычислительной системы формирования нутриентного состава и энергетической ценности суточного рациона военнослужащих в зависимости от выявленных величин энергозатрат при выполнении задач по программе квалификационного курса Сил специальных операций Вооруженных сил Украины. Модель предназначена оперативно рассчитывать нутриентный и энергетический состав рациона питания для адекватной компенсации соответствующих энергетических затрат военнослужащих на различных фазах подготовки. Информационная модель прошла тестирование и внедрена в практическую деятельность ССО.

Abstract. Applying of informational model of nutrition ration calculation for compensation of energy losses of the Ukrainian Armed Forces servicemen. Deputat Yu.M., Gulich M.P., Savytskyi V.L., Ivanko O.M., Levit Yo.R., Bogomolets O.V. The article is devoted to the research of the problem of compensation of energy losses of servicemen doing qualification course of the UAF Special Operations Forces as well as development of the method of prompt response of the officials of food service on changing of energy losses of servicemen on different phases of qualification course by corresponding correction of their daily nutrition ration. The aim of work was directed for development and substantiation of informational model of nutrition ration calculation for compensation of energy losses of the Ukrainian Armed Forces servicemen. Time and tabular method of energy losses calculations, calculations of ration composition, instrumental estimations, laboratory and statistics assessments were used as methods of research. Calculations of informational model were done in Microsoft Excel 2007 functional environment. The description of informational polyparametrical model of the computational system of nutrients composition and energy value of servicemen daily nutrition ration depending on revealed energy losses doing qualification course of UAF Special Operations Forces has been presented. The model is meant for operative calculations of nutrients composition and energy value for compensation of energy losses of corresponding servicemen doing different phases of qualification course. Informational model got approval and was implemented in the UAF Special Operations Forces activities.

Зі створенням Сил спеціальних операцій (далі – ССО) як окремого роду військ Збройних сил (ЗС) України у 2016 році згідно з програмою Об'єднаної багатонаціональної групи (США, Литва, Латвія, Естонія) було започатковано кваліфікаційний курс підготовки Сил спеціальних операцій ЗС України (далі – Q-курс) за адаптованою програмою тренувань спецпідрозділів НАТО.

Перед командуванням ССО ЗС України повстало нагальне питання щодо організації харчування курсантів Q-курсу відповідно до їх енергетичних витрат. Однак за часи незалежності досліджень зі встановлення реальних енергетичних витрат військовослужбовців ЗС України при різних видах фахової навчально-бойової підготовки в нашій державі не проводилося. Відповідно харчові та енергетичні потреби різних категорій військовослужбовців, у тому числі й ССО, залишалися не дослідженими, а формування чинних норм харчування особового складу ЗС України відбувалося за шаблонними зразками часів Радянського Союзу.

Натомість, за даними досліджень зарубіжних авторів [7, 6], фізичні та психоемоційні навантаження військовослужбовців ССО, а також і їхні енергетичні потреби для забезпечення енергетичного балансу організму вищі, ніж у середньостатистичного військовослужбовця (не спецназівця) через високі енерговитрати під час, зокрема, тренувальної діяльності ССО, яка характеризується

підвищеним рівнем фізичної активності. Установлено, що рівень фізичних навантажень під час тренувань перевищує прийнятну верхню межу показника коефіцієнта фізичної активності ($> 2,5$) [5] та може призвести до зниження маси тіла та зниження фізичної працездатності [9].

У зв'язку з цим у 2018-2019 роках виконувалася замовлена командуванням ССО ЗС України планова науково-дослідна робота, результати якої показали, що фактичний раціон харчування не забезпечує енергетичний баланс в організмі військовослужбовців Q-курсу [8]. Однією з причин цього була відсутність механізму оперативного реагування посадових осіб продовольчої служби на зміни величини енерговитрат курсантів при різних фазах підготовки. Саме цей факт спонукав до розробки способу корегування раціону харчування для досягнення енергетичного балансу організму при мінливості показника енергетичних витрат військовослужбовців на різних фазах підготовки Q-курсу.

Мета – розробити та обґрунтувати інформаційну модель розрахунку добового раціону харчування для забезпечення адекватного компенсування фактичних енерговитрат військовослужбовців Q-курсу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженнях взяли участь 85 військовослужбовців Q-курсу. Визначення фактичних енергетичних витрат військовослужбовців під час фаз

відбору та підготовки на Q-курсі проводилися за допомогою хронометражно-табличного методу [3].

Реєструвалися вікові та антропометричні дані (зріст, маса тіла), проводилися розрахунки показників загального обміну, індексу маси тіла, структури тіла [2, 3].

Оцінка енергетичної та харчової цінності фактичного раціону харчування проводилася розрахунковим (аналіз тижневих розкладок продуктів з використанням довідкових таблиць хімічного складу продуктів харчування) [4] та лабораторним методами досліджень.

Дослідження проведено відповідно до принципів біоетики, викладених у Гельсінській декларації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людей» та «Загальної декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО)».

Аналіз отриманих результатів здійснювався за допомогою традиційних методів статистичної обробки: описової статистики, дисперсійного аналізу, порівняння вибірок за статистичними критеріями, графічного й регресійного аналізу [1] із застосуванням прикладних програм

статистичного аналізу “Statistica 10,0 for Windows” (Portable – версія).

Розрахунки інформаційної моделі розрахунку нутрієнтного та енергетичного складу добового раціону харчування виконувалися з використанням функцій табличного редактора MS Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Установлено, що згідно з програмою підготовки Q-курс – це 23-тижневий навчально-тренувальний період, який, залежно від навчальних цілей, розподілено на п'ять фаз. Ці фази відрізняються як за тривалістю, так і за складністю виконання поставлених завдань. Відповідно енерговитрати військовослужбовців Q-курсу в різних фазах підготовки також різні.

Так, під час проведення досліджень найвищі середньодобові енерговитрати військовослужбовців на Q-курсі були зафіксовані нами під час першої двотижневої фази відбору й становили $6853 \pm 963,9$ кКал. При цьому енергетична цінність фактичного раціону достовірно ($p < 0,001$) не відповідала енерговитратам, тобто не компенсувала їх у цей період, і становила в середньому $4015,6 \pm 231,7$ кКал за добу (рис. 1).

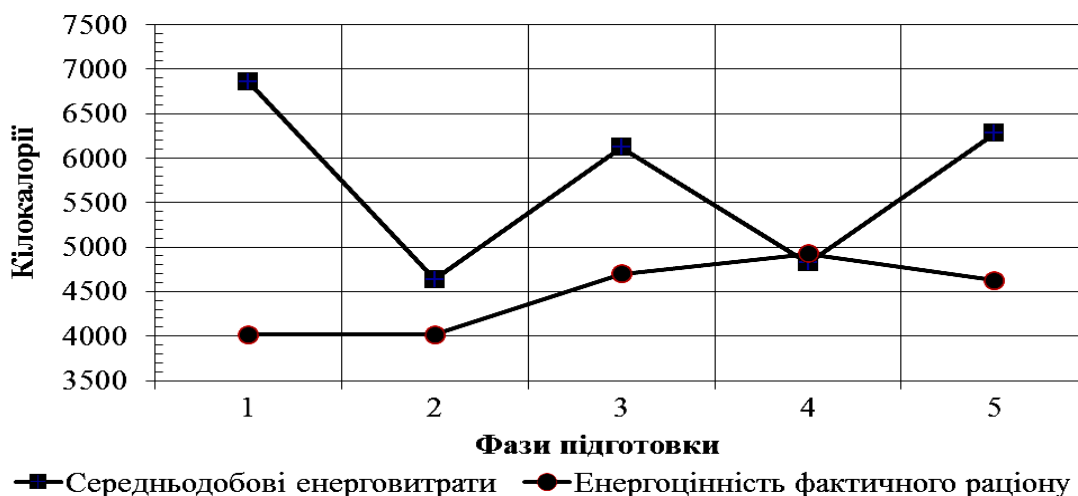


Рис. 1. Зіставлення середньодобових енерговитрат військовослужбовців з енергоцінністю фактичного раціону харчування під час різних фаз Q-курсу

Показники середньодобових енерговитрат під час другої ($4635 \pm 385,4$ кКал), третьої ($6120 \pm 627,3$ кКал) та п'ятої ($6277 \pm 837,2$ кКал) фаз достовірно ($p < 0,001$) перевищували енергетичну цінність раціону харчування військовослужбовців ($4015,6 \pm 231,7$, $4927,3 \pm 314,4$ та $4628 \pm 251,2$ кКал відповідно).

Лише в четвертій фазі підготовки середньодобовий показник енерговитрат організму ($4824 \pm 541,3$ кКал) не мав статистичної розбіжності зі спожитими з їжею кілокалоріями в

курсантів Q-курсу, що свідчило про спроможність фактичного раціону харчування до компенсування енергетичних витрат військовослужбовців у цей період.

Вищевказані дані свідчать про неспроможність фактичного раціону харчування військовослужбовців до адекватного компенсування реальних енерговитрат їхнього організму під час навчально-тренувальної діяльності на Q-курсі, що може призвести до виснаження, зниження

працездатності та передчасної дискваліфікації курсантів на різних фазах підготовки.

За програмою підготовки тренувальні комплекси фізичних навантажень мають багатовекторний характер і складаються із вправ, які співвідносяться з різноманітними видами спорту та відповідними їм енерговитратами. Ці енерговитрати за принципами раціонального харчування повинні бути компенсовані енергією, що надходить з їжею [2].

Тому для забезпечення енергетичного балансу в організмі курсантів Q-курсу, збереження їх здоров'я та підвищення працездатності нами було розроблено інформаційну модель розрахунку добового раціону харчування для забезпечення адекватного компенсування фактичних енерговитрат військовослужбовців Q-курсу.

В основу цієї моделі покладено задачу визначення кількісного складу продуктів для складання раціону харчування, який здатен компенсувати встановлену або прогнозовану конкретну величину енергетичних витрат при

різних видах складності фізичних навантажень під час відбору та підготовки до спецпідрозділів силових структур.

Під час відбору до Q-курсу військово-службовці виконують завдання різної фізичної складності. Для оптимізації процесу забезпечення їхнього раціонального харчування та більш точного відтворення кількісно-якісного нутрієнтного складу раціону харчування, при хронометражі добової діяльності всі навантаження групували за фізичною активністю, а саме: легкі, помірні, інтенсивні та тяжкі.

При цьому добові енерговитрати військово-службовців при різних видах навантажень є вихідними даними для проведення розрахунків складових добового раціону харчування і ґрунтуються на певних співвідношеннях основних нутрієнтів (білків, жирів, вуглеводів) та їхнього внеску в його загальну калорійність.

Структура інформаційної моделі представлена на рисунку 2.

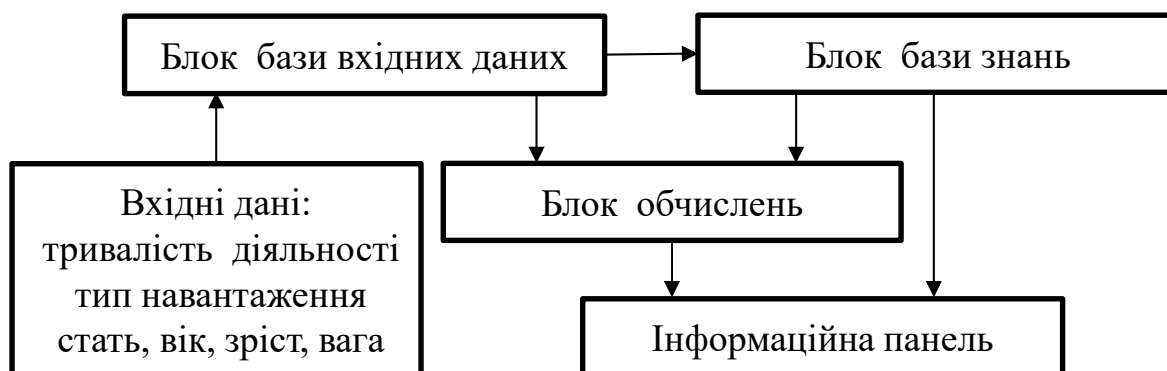


Рис. 2. Структура інформаційної моделі

До блоку бази вхідних даних надходять вхідні показники групи військовослужбовців: вік, стать та антропометричні параметри (маса тіла, зріст) для визначення загального обміну, дані хронометражу виконання всіх видів добової фізичної діяльності, а також відповідні кожному з видів цієї діяльності табличні значення коефіцієнта фізичної активності (КФА).

Блок бази знань (рис. 3) містить інформацію про коефіцієнти фізичної активності окремих груп вправ фізичних навантажень згідно з програмою відбору до ССО, раціональне співвідношення нутрієнтів та їхній внесок (у %) у загальну калорійність добового раціону харчування з урахуванням зіставлення фізичних навантажень військовослужбовців з відповід-

ними видами спорту [2], табличні дані хімічного складу (за вмістом макро- та мікронутрієнтів) у 100 г продуктів харчування та їх енергетична цінність у кілокалоріях (кКал) [4], а також значення показника питомого загального обміну (e), що залежить від віку й статі особи. При визначенні складових добового раціону харчування військовослужбовців за інформаційною моделлю проводиться перевірка на відповідність загальноприйнятим кількісно-якісним характеристикам нутрієнтного складу раціонів за формулою збалансованого харчування (ФЗХ) [3].

За рекомендаціями ВООЗ [3], загальний обмін за добу обчислюється за даними віку, маси тіла та зросту.

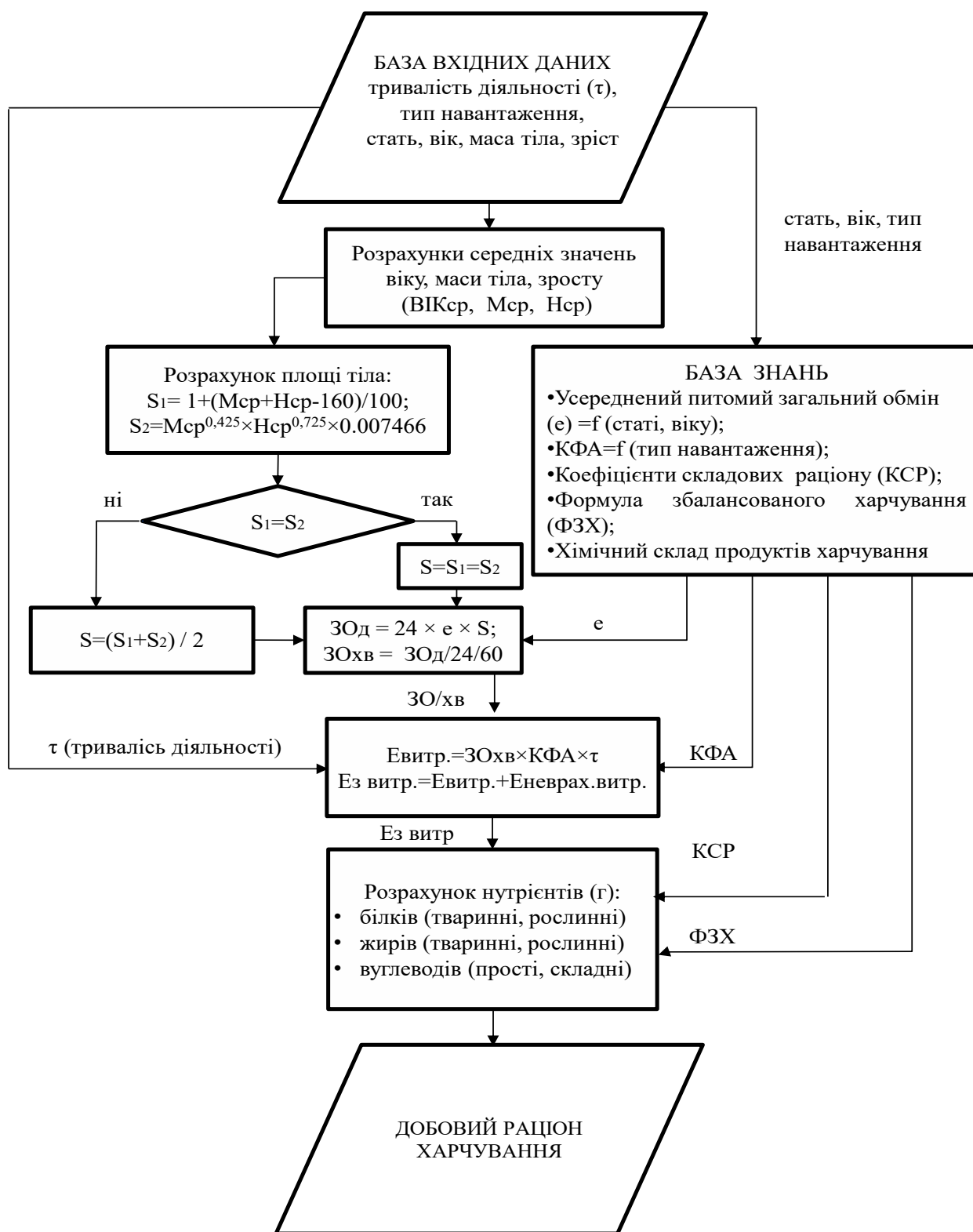


Рис. 3. Алгоритм роботи інформаційної моделі

Для більш точного визначення показника загального обміну слід додатково враховувати ще й площу тіла. Тому в розробленій інформаційній моделі застосовується розрахунок площі тіла з використанням значення питомого

загального обміну (e), за якими визначається показник загального обміну за добу.

Блок обчислень за антропометричними даними військовослужбовців визначає величини загального обміну за добу (ЗОД) та за 1 хвилину

(ЗОхв). За хронометражними даними тривалості виконання фізичних вправ (τ) та відповідними коефіцієнтами фізичної активності (КФА) визначаються регульовані енерговитрати (Е витр.).

Загальні добові енерговитрати (Ез витр.) складають суму показників розрахованих регульованих енерговитрат (Е витр.) (на виконання фізичної роботи), нерегульованих (на основний обмін), енерговитрат на специфічну динамічну дію їжі та різних неврахованих витрат енергії (Е неврах.витр.) (у т.ч. на психоемоційні навантаження). Величину неврахованих енерговитрат (Е неврах.витр.) приймали за 15% від енерговитрат на фізичну роботу.

За значенням Ез витрат розраховується масова кількість основних нутрієнтів з використанням відповідних до навантажень коефіцієнтів збалансованого раціону (КСР).

За розрахованими значеннями загальних енерговитрат та відповідними даними бази знань, які включають особливості кількісних співвідношень основних нутрієнтів (білків, жирів, вуглеводів) при певних видах фізичних навантажень, обчислюються складові добового раціону харчування.

На інформаційну панель виводяться дані, за якими проводяться необхідні обчислення, результати обчислень та визначені кількісні та якісні показники основних нутрієнтів, які повинні входити до раціону харчування при відповідних середньодобових енерговитратах.

За визначеними даними оптимального вмісту білків, жирів, вуглеводів та внесеними до бази знань таблиць хімічного складу продуктів

харчування розраховується кількісний (у грамах) набір базових продуктів добового раціону, який має забезпечувати надходження до організму військовослужбовців основних компонентів їжі в збалансованій кількості та адекватно компенсувати енерговитрати на різних фазах Q-курсу.

Перевірка ефективності інформаційної моделі засвідчила, що енергетична цінність розрахованого за нею добового раціону харчування відповідала енергетичним потребам курсантів на всіх фазах Q-курсу та мала тісний кореляційний зв'язок з показниками їхніх середньодобових енерговитрат ($r=0,997$ при $p<0,001$).

Результатами дисперсійного аналізу встановлено, що розрахований за моделлю раціон харчування достовірно ($p<0,001$) відрізнявся за показниками енергетичної цінності на різних фазах підготовки. Це дало підстави до перевірки рівності середніх значень показників енергоцінності розрахованого раціону з енерговитратами військовослужбовців за t-критерієм Стьюдента окремо в кожній з фаз. У результаті достовірних розбіжностей між цими досліджуваними параметрами на жодній з фаз підготовки виявлено не було, що доводить ефективність розрахунків за допомогою нашої моделі.

Співвідношення енергоцінності фактичного та розрахованого за інформаційною моделлю раціонів харчування до показників середньодобових енерговитрат курсантів Q-курсу представлені на рисунку 4.

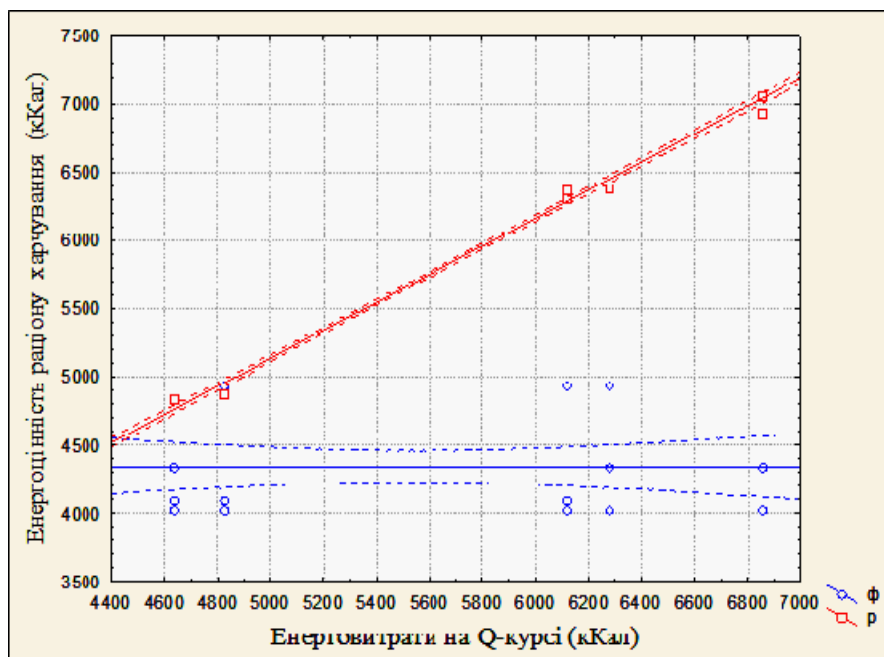


Рис. 4. Показники енергоцінності фактичного (Φ) та розрахованого (Ψ) раціонів харчування по відношенню до встановлених середньодобових енерговитрат

На рисунку 4 регресійна модель енергетичного вмісту фактичного раціону (Ф) харчування описується функцією $E=4348(\pm 406)-0,001(\pm 0,07)$ при відсутності його відповідності зареєстрованим енерговитратам на Q-курсі ($r=0,003$ при $p>0,05$).

Натомість регресійна модель енергетичного вмісту розрахованого раціону (Р) описується функцією $E=1.027(\pm 0,002)P$ і повністю відповідає показникам енерговитрат військовослужбовців ($r=0,0999$, $p<0,001$) під час підготовки на Q-курсі.

Ця інформаційна модель лягла в основу розробки Організаційно-методичних вказівок щодо раціонального харчування військовослужбовців Сил спеціальних операцій ЗС України, які були затверджені та введені в дію наказом командувача ССО №534 від 11.11.2020 р.

Після розробки інформаційна модель була передана до військової частини А2772 для 5-місячного тестування під час проведення чергового Q-курсу. За результатами тестування модель була прийнята комісією та впроваджена в практичну діяльність ССО ЗС України як спосіб визначення складу раціону харчування військовослужбовців для компенсації фактичних енерговитрат (акт впровадження від 30.12.2020 р.).

ВИСНОВКИ

1. Установлено, що показники середньодобових енерговитрат військовослужбовців Q-курсу

достовірно відрізняються від енергоцінності фактичного раціону харчування під час I, II, III і V фаз ($p<0,001$) підготовки і не повною мірою компенсуються наданим їм харчуванням.

2. Неспроможність фактичного раціону харчування до адекватного компенсування реальних енерговитрат військовослужбовців може призвести до виснаження організму, зниження працездатності та передчасної дискваліфікації на різних фазах Q-курсу.

3. Розроблена та впроваджена в практичну діяльність ССО Інформаційна модель може слугувати інструментом для оперативного розрахунку маси основних продуктів харчування в кількості, яка забезпечить адекватне енергетичне споживання, раціональну кількість та оптимальне співвідношення білків, жирів та вуглеводів в їжі при відповідних енерговитратах.

4. Розрахований за інформаційною моделлю раціон харчування повністю відповідає показникам енерговитрат військовослужбовців ($r=0,0999$, $p<0,001$) та спроможний адекватно їх компенсувати під час навчально-тренувальної підготовки на Q-курсі.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. 2-е изд. Київ: МИЦ «Мединформ», 2018. 579 с.
2. Диагностика и общие принципы коррекции нутритивно-метаболического статуса у спортсменов высокой квалификации: метод. рек. / А. Е. Шестопалов и др. Москва: ФМБА России, 2015. 67 с. URL: <https://docplayer.ru/44777006-Diagnostika-i-obshchie-principy-korrekcii-nutritivno-metabolicheskogo-statusa-u-sportsmenov-vysokoy-kvalifikacii.html>
3. Кузнецова О. Т. Адекватність та збалансованість харчування. Методика розрахунку енерговитрат і оцінки індивідуального харчування: метод. вказ. до практ. занять. Рівне: НУВГП, 2019. 44 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15128/1/09-02-33%20%281%29.pdf>
4. Химический состав пищевых продуктов: справочник / ред. И. М. Скурихин, М. Н. Волгарев. Москва: ВО «Агропромиздат», 1987. 358 с.
5. Energy balance and body composition during us army special forces training / L. M. Margolis et al. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2013. Apr. (Vol. 38, No. 4). P. 396-400. DOI: <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0323>
6. Energy Requirements of US Army Special Operation Forces During Military Training / L. M. Margolis et al. *Nutrients.* 2014. 12 May. (Vol. 6, No. 5). P. 1945-55. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu6051945>
7. Prediction equation for estimating total daily energy requirements of special operations personnel / N. D. Barringer et al. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2018. Vol. 15, No. 1. P. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0219-x>
8. Research of the actual energy consumption of the military personnel of the Armed Forces of Ukraine to substantiate the correction of their daily diet / Yu. N. Deputat et al. *Wiadomości Lekarskie.* 2021. Vol. 74, No. 3. P. 684-689. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek202103222>
9. Westerterp K. R. Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: Measurement, determinants, and effects. *Front. Physiol.* 2013. 26 Apr. (Vol. 4). P. 90. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00090>

REFERENCES

1. Antomonov MYu. [Mathematical processing and analysis of medical and biological data]. 2-nd ed. Kyiv: MITS «Medinform»; 2018. p. 579. Russian.
2. Shestopalov AE, Tokarev ES, Samoilo AS, et al. [Diagnosis and general principles of correction of nutritional and metabolic status in highly qualified athletes]. Methodical recommendations. Moskva; 2015.p. 67. Russian. Available from: <https://docplayer.ru/44777006-Diagnostika-i-obshchie-principy-korrekcii-nutritivno-metabolicheskogo-statusa-u-sportsmenov-vysokoy-kvalifikacii.html>
3. Kuznietsova OT. [Adequacy and balance of nutrition. Methods of calculating energy consumption and evaluation of individual nutrition]. *Metodychni vказivky do praktychnykh zaniat.* Rivne: NUVHP; 2019. p. 44. Ukrainian. Available from: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15128/1/09-02-33%20%281%29.pdf>
4. Skurikhina IM, Volgareva MN. [Chemical composition of food products: directory]. Moskva: Agropromizdat;1987. p. 358. Russian.
5. Margolis LM, Rood J, Champagne C, Young AJ, Castellani JW. Energy balance and body composition during us army special forces training. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2013 Apr;38(4):396-400. doi: <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0323>
6. Margolis LM, Crombie AP, McClung HL, McGraw SM, Rood JC, Montain SJ, Young AJ. Energy Requirements of US Army Special Operation Forces During Military Training. *Nutrients.* 2014 May 12;6(5):1945-55. doi: <https://doi.org/10.3390/nu6051945>
7. Barringer ND, Pasiakos SM, McClung HL, Crombie AP, Margolis LM. Prediction equation for estimating total daily energy requirements of special operations personnel. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* 2018 Apr 5;15:15. doi: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0219-x>
8. Deputat YuN, Ivanko OM, Savytskyi VL6 et all. Research of the actual energy consumption of the military personnel of the Armed Forces of Ukraine to substantiate the correction of their daily diet. *Wiadomości Lekarskie.* 2021;74(3p.II):684-9. doi: <https://doi.org/10.36740/WLek202103222>
9. Westerterp KR. Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: Measurement, determinants, and effects. *Front. Physiol.* 2013 Apr 26;4:90. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00090>

Стаття надійшла до редакції
13.04.2021

