

Fedorchuk S.V.: <https://orcid.org/0000-0002-2207-9253>^{DEF}

Oliinyk T. M.: <https://orcid.org/0000-0003-4685-1479>^{BCD}

Kutsenko T. V.: <https://orcid.org/0000-0003-4244-3187>^{BCD}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Luts Yulia Petrivna / Луць Юлія Петрівна

National University of Physical Education and Sport of Ukraine / Національний університет фізичного виховання і спорту України

Ukraine, 02000, Kyiv, 1 Fizkultury str. / Адреса: Україна, 02000, м. Київ, вул. Фізкультури 1

Tel.: 0996015635 / Тел.: 0996015635

E-mail: yulialuts06@gmail.com

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 24.04.2025 / Стаття надійшла 24.04.2025 року

Accepted 13.08.2025 / Стаття прийнята до друку 13.08.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-3-178-515-525

UDC 796.01:612

^{1,2}Sedukin D. V.

THE INFLUENCE OF CHANGES IN BODY FAT MASS OF STRIKING COMBAT SPORT ATHLETES ON MAXIMAL OXYGEN UPTAKE

¹State Scientific Research Institute of Physical Culture and Sports (Kyiv, Ukraine)

²National University of Ukraine on Physical Education and Sport (Kyiv, Ukraine)

sedukin.ds@gmail.com

According to recent studies in sports science, the functional condition of boxers accounts for approximately 25% of their overall fitness level, which directly impacts their performance in competition. Weight control (due to weight categories) is one of the key factors in combat sports. The existence of weight categories also determines the specifics of the training process, as athletes in different weight groups have distinct fighting styles. Forced weight loss is often used in the pre-competition period to reach the required weight category. This, in turn, is accompanied by a reduction in the percentage of adipose tissue to critically low levels. As a result, there is a decrease in VO_2max , disruption of functional systems, and a decrease in performance. Maintaining optimal body composition enables the effective utilisation of the body's functional reserves.

The aim of this study was to investigate the relationship between the percentage of adipose tissue and the level of functional abilities in combat sports athletes, as well as to determine the optimal range of fat mass that ensures the highest performance.

The study involved 52 athletes (boxing – $n=37$; kickboxing – $n=15$) aged 18-29, representing different weight categories and having different levels of qualification (Candidate Master of Sports, Master of Sports of Ukraine, Master of Sports of Ukraine of international class, Honored Master of Sports). A total of 121 human examinations were conducted as part of the study. Literature analysis, anthropometric and bioimpedance measurements of body composition (InBody 770, Republic of Korea), ergospirometric tests with Oxycon Mobile, Vyntus CPX, Care Fusion (Germany) gas analyzers, and mathematical statistics methods were used. The study was conducted in compliance with bioethical standards. All study participants signed informed consent forms for data collection and processing.

The results confirmed the significant impact of fat mass percentage on VO_2max . The optimal fat mass range is $10\pm 3\%$, within which maximum functional capacity is observed. This emphasises the importance of maintaining an optimal level of fat tissue in the context of athletic training.

Key words: maximal oxygen uptake, pulmonary ventilation, body composition, weight category.

Connection of the publication with planned research works.

The research was conducted within the framework of the following scientific topics: “Improvement of the system for assessing the functional capabilities of qualified athletes” (state registration number 0120U102907) and “Control and correction of metabolism in qualified athletes under conditions of intense physical exertion” (state registration number 0120U103004).

Introduction.

Contemporary research on combat sports emphasizes the significant role of physical qualities in training highly skilled athletes, such as endurance, strength, and speed. Thus, modern researchers [1] note that the most important factors in the training of a skilled boxer are: level of special physical training (74%), technical and tactical training (65%), functional condition (25%), and psychomotor properties of the athlete (24%) [1].

It is worth noting that athletes in different weight categories employ distinct fighting styles. That is, depending on the weight category, the influence of each of the physical qualities is different. For example, for boxers in the light weight categories (48-63.5 kg), the most important indicators are: explosive power, speed of punches in series, speed-strength and strength endurance; for middleweight boxers (67-75 kg) – explosive and maximum punching power, strength endurance; for heavyweight boxers (80+92 kg) – strength endurance and maximum punching power. Accordingly, the training process for athletes in different weight categories will also differ [2].

Given that highly skilled athletes possess a sufficiently high level of technical and tactical preparedness, gaining an advantage in competition primarily comes down to enhancing functional fitness.

To assess aerobic power and capacity in the process of endurance control, one of the main indicators of functional capabilities is maximum oxygen consumption (VO_{2max}). This indicator characterizes the rate of maximum oxygen consumption ($ml \cdot min \cdot kg^{-1}$) and is used to assess the power of the aerobic process. An important component of the process is the time to reach VO_{2max} as it reflects the ability to mobilize the capabilities of the aerobic energy supply process.

Lung ventilation ($V'E$) is also one of the important limiting factors. This indicator characterizes the volume of air inhaled in one minute. Although this indicator is quite individual and depends on anthropometric factors, its development directly affects the amount of oxygen entering the lungs and, in turn, will affect the VO_{2max} indicator.

In combat sports, athletes are divided into weight categories. That is why weight control and correction are important factors in these sports. However, despite the importance of this factor, excess weight or suboptimal body composition is a fairly common problem in combat sports. Often, athletes exhaust themselves to reach the required weight category, which, in turn, negatively affects the functional indicators of their body and, subsequently, affects the effectiveness of competitive activity. Therefore, it is important to achieve an optimal ratio between lean and fat body mass, which, on the one hand, ensures compliance with the required weight category and, on the other hand, provides the necessary conditions for achieving a high level of special working capacity and demonstrating it during fights. It is known that reducing the proportion of fat mass to 3-5% for men, depending on individual body characteristics, can lead to negative health consequences for athletes and a decrease in physical performance [3]. Maintaining an optimal body composition creates conditions for the effective utilisation of the athlete's functional reserves, preventing injuries and potential disorders, prolonging the stages of maximum individual capability, and preserving achievements.

The question of the relationship between body composition and special working capacity and the manifestation of an athlete's functional abilities remains a pressing issue in the theory and practice of training athletes who specialize in combat sports, particularly in striking combat sports.

The aim of the study.

To determine the nature of the relationship between the percentage of adipose tissue and the level of functional capabilities of skilled athletes in striking martial arts, as well as to outline the optimal range of fat mass at which functional indicators reach their highest values.

Object and research methods.

The study was conducted with the participation of 52 athletes specializing in striking martial arts (boxing (n=37), kickboxing (n=15), aged 18 to 29 (24.43 ± 0.49) years, of different weight categories (light, middle, and heavy categories) and sports qualifications (Candidate Master of Sports, Master of Sports of Ukraine, Master of Sports of Ukraine of international class, Honored Master of Sports). A total of 121 people were examined as part of the study. The study was conducted in compliance with bioethical standards. All study participants signed informed consent forms for data collection and processing.

The following methods were used to achieve the research objectives:

- analysis of data from specialized literature on the research topic;
- determination of body composition (InBody 770, Republic of Korea). Body weight (BW, kg), fat-free body mass (FFBW, kg), fat content (FC, kg, %), skeletal mineral mass (SMM, kg), etc. were determined;
- ergospirometric testing, gas analysis (Oxycon Mobile, Vyntus CPX, Care Fusion, Germany);
- methods of mathematical statistics.

Body composition tests were conducted in the morning, after an overnight fast.

Ergospirometric testing of athletes was conducted on a treadmill (LE 500, HP Cosmos, Germany) in compliance with safety regulations. The testing protocol consisted of four stages: rest (two minutes), warm-up (five minutes, starting at a speed of 4.5 km/h and gradually accelerating to 8.5 km/h), the initial speed of the test was 10 km/h, and every 2 minutes of the test, the speed of the treadmill was increased by 1 km/h. The test was performed until maximum oxygen consumption (VO_{2max} , $ml \cdot min \cdot kg^{-1}$) was reached; the criterion for reaching VO_{2max} was the absence of an increase in oxygen consumption of at least $150 ml \cdot min^{-1}$ with an increase in the power of the test load. After reaching VO_{2max} or if it was impossible to maintain the set running speed, the test was completed with a three-minute recovery period (walking at a speed of $4.5 km \cdot h^{-1}$).

The following morphofunctional indicators were analyzed as the main ones: height, weight, fat tissue mass, fat content in percent, fat-free body mass, maximum oxygen consumption, maximum pulmonary ventilation, and relative maximum pulmonary ventilation.

Compliance with normal distribution was checked using the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk criteria.

The Kolmogorov-Smirnov criterion is used to determine whether two empirical distributions follow the same law or to assess whether an empirical distribution conforms to a specific model.

The Shapiro-Wilk test is the most effective for testing the hypothesis that a sample follows a normal distribution. The test works equally well for small and large sample sizes.

Research results and their discussion.

Based on the results of a study of the anthropometric characteristics and body composition of athletes specializing in striking martial arts, the following was established: the average height of athletes was 178.51±0.90 cm, the average weight was 76.35±1.58 kg, the average fat mass was 8.85±0.49 kg, the average fat content was 10.92±0.39, and the average fat-free mass was 67.51±1.17 kg (**table 1**).

According to studies of the body composition of athletes [4], the reference values for fat content in international-level martial arts (wrestling, boxing) athletes are within the range of 5-16%. Some studies [5] of the anthropometric profile of international kickboxers noted average fat content values of 10.5±2.9% fat.

Table 1 – Height and body composition of athletes practicing striking martial arts (n=121)

Indicator	X	± m
Height, cm	178.51	0.90
Weight, kg	76.35	1.58
Fat mass, kg	8.85	0.49
Fat content, %	10.92	0.39
Fat-free body mass, kg	67.51	1.17

A comparison of the actual weight recorded at the time of the study and the weight category revealed significant variability. On average, the athletes' weight exceeded the weight category limit by 3.4±0.25 kg, and their lean body mass was on average 4.1±0.46 kg below the weight category. In some cases, the athlete's weight exceeded the weight category by 10.2 kg, which required the athlete to lose 13% of his weight to comply with the weight category, and the fat-free body mass values exceeded the weight category limits by 2.7 kg (4.2% of the athlete's total body mass), which, in turn, led to excessive stress on the body during body weight adjustments, significant fluid and muscle mass loss.

In addition, 15.5% of the athletes studied were found to have a fat content exceeding 15%.

For a more detailed assessment of the body composition of all athletes, they were conditionally divided into three weight categories: light, middle, and heavy. The lightweight category included athletes weighing 48-63.5 kg; the middle weight category included athletes weighing 67-75 kg; and the heavyweight category included athletes weighing 81-91 kg (boxing) and 79-94 kg (kickboxing) (**table 2**).

As can be seen from the data presented in **table 2**, the percentage of fat in athletes in heavy weight categories exceeds that in athletes in light and middle weight categories. At the same time, a significant difference was found between the weight category and lean body mass in athletes in heavy weight categories – on average 9.51±0.41 kg, which is a significant reserve for reducing active body mass loss when reducing total weight before competitions. Thus, by reducing

Table 2 – Body composition by weight category groups of athletes in striking martial arts (n=121)

Indicator	Weight category		
	Lightweight	Middleweight	Heavyweight
BW, kg	60.52±0.51	70.63±0.56	92.85±1.24
FFBW, kg	55.09±0.51	63.96±0.51	79.14±0.91
BFM, %	9.01±0.22	9.36±0.47	14.59±0.42
Δ BW-WC*, kg	4.28±0.20	3.19±0.30	2.06±0.27
Δ FFBW-WC**, kg	-1.15±0.21	-3.48±0.43	-9.51±0.41

Notes: *Δ BW-WK – difference between the athlete's body weight and weight category; **Δ FFBW-WK – difference between the athlete's fat-free body weight and weight category.

the fat tissue content by 2-2.5% in representatives of heavy weight categories, it is possible to ensure compliance with the weight category and, therefore, preserve lean body mass (the amount of intracellular fluid and muscle mass).

Within the scope of this study, to assess the functional capabilities of athletes specializing in striking martial arts, the maximum oxygen consumption (VO_{2max}, ml/min/kg) was determined at 56.86±1.55 ml/min/kg and the maximum pulmonary ventilation (V'E, l/min; L/min/kg) at 146.95±5.55 L/min. According to other authors [6, 7, 8], the VO_{2max} values of Portuguese elite athletes were 57.99±10.3 ml/min/kg, and those of Canadian athletes were 61.5±7.5 ml/min/kg. Our data are comparable in value to those of other authors and align with the world level of elite athletes in striking martial arts [9, 10].

For example, we can cite the dynamics of oxygen consumption and body composition of two athletes (weight categories up to 69 and 71 kg) (**fig. 1-4**).

As can be seen from the data shown in **figs. 1-2**, the athlete (weight category up to 71 kg) exceeded the actual weight limits of the weight category during 5 studies, while the values of lean body mass were close to the weight category limits. An increase in the athlete's weight above 77 kg is accompanied by an increase in fat content of more than 10% (12.7 and 15% fat) and a decrease in fat-free body mass (67.6 and 67.7 kg, respectively).

Analysis of the dynamics of maximum oxygen consumption values in this athlete showed the highest VO_{2max} values when fat content reached 7 to 12.7%. A decrease in fat content to the limit of 5.4% is accompanied by a decrease in maximum oxygen consumption.

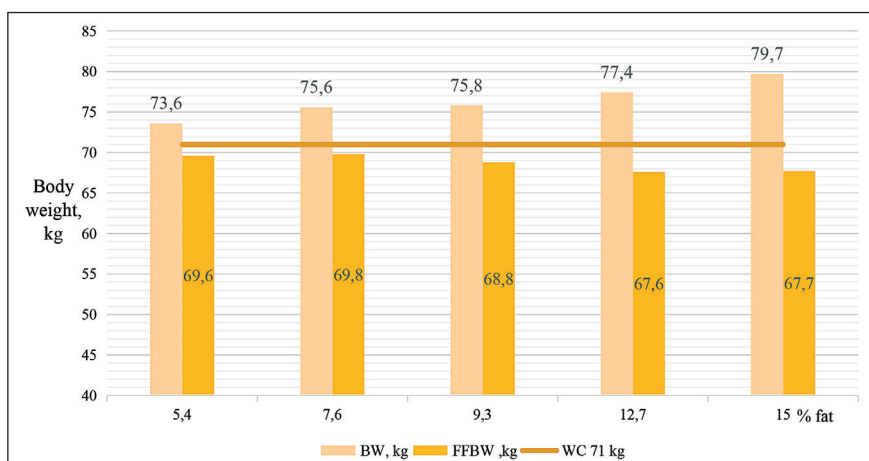


Figure 1 – Dynamics of body weight (BW, kg) and fat-free body weight (FFBW, kg) (weight category up to 71 kg).

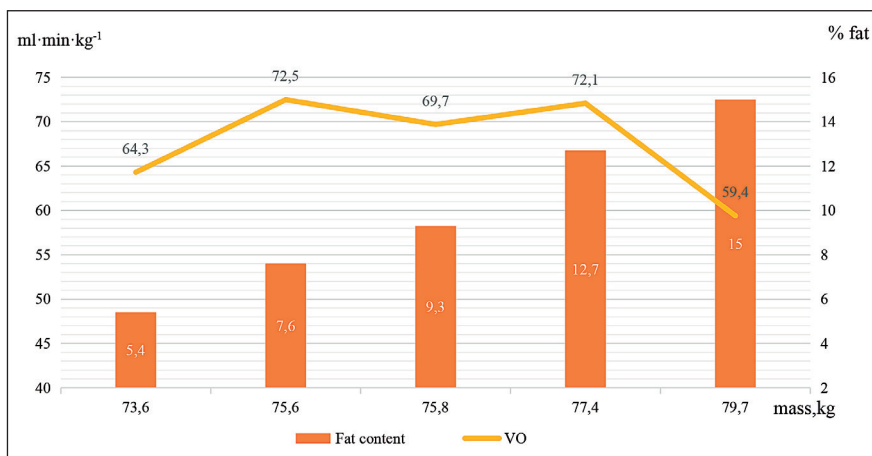


Figure 2 – Dynamics of maximum oxygen consumption (VO_{2max}) and fat percentage (weight category up to 71).

An increase in fat content to 15% is accompanied by a significant decrease in VO_{2max} values.

As can be seen from the data shown in figures 3-4, the athlete (weight category up to 69 kg) also exceeded the actual weight limits of the weight category during 5 studies, while the fat-free body mass was close to the weight category limits in only one case. The increase in the athlete's weight was accompanied by an increase in fat content of more than 10% in only some cases, but it did not exceed 12.7%. No significant decrease in fat-free

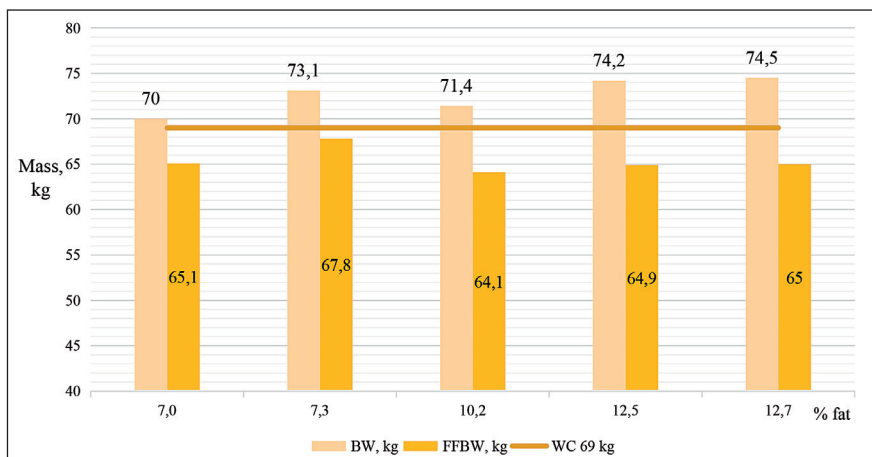


Figure 3 – Dynamics of body weight and fat-free body mass in an athlete (weight category up to 69 kg).

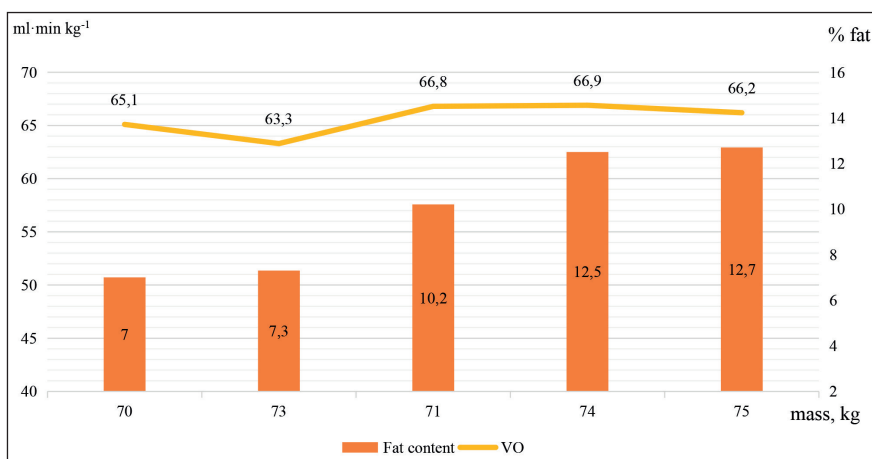


Figure 4 – Dynamics of VO_{2max} relative to body composition indicators in athletes (weight category up to 69 kg).

mass was recorded for this athlete during the five studies.

To determine the relationship between body composition and indicators of functional capacity, a correlation analysis of VO_{2max}, V'E, and fat content values was performed (table 3). A significant inverse relationship (p ≤ 0.05) was found between VO_{2max}, V'E, and fat content. Therefore, based on the data obtained, it can be concluded that an increase in fat percentage will likely be accompanied by a decrease in maximum oxygen consumption and maximum pulmonary ventilation, and thus will negatively affect the functional capabilities of athletes specializing in striking martial arts.

To determine the optimal body composition using cluster analysis (K-means method), the sample was divided into five clusters. The groups were selected based on fat percentage (table 4). The first cluster included athletes with a fat content of up to 6.9%, the second cluster - with a fat content ranging from 7.0 to 9.9%, the third cluster with a fat content ranging from 10.0 to 12.9%, the fourth with a fat content ranging from 13.0 to 15.0%, and the fifth cluster with a fat content of 15.1% or more.

The first and second clusters were similar in terms of body weight and lean body mass. The same similarity is observed between the third and fourth clusters. The fifth cluster does not show such similarity with the others in terms of these indicators. This indicates that athletes in both light and middle weight categories can fall into any of the first four clusters. It also confirms a wide discrepancy in fat and lean body mass indicators, with a slight tendency to increase in the middle categories and a significant increase in the heavy categories.

Within the framework of this study, an analysis of the values of maximum oxygen consumption (VO_{2max}, ml/min/kg) and maximum pulmonary ventilation (V'E, l·min⁻¹, l·min⁻¹·kg⁻¹) was carried out in athletes included in the above clusters (table 5).

It was found that the highest values of maximum oxygen consumption (VO_{2max}) were recorded in athletes belonging to the second and third clusters (7.0-13.0% fat tissue). At the same time, athletes in the first cluster (fat content <6.9%) were characterized by significantly lower

VO_{2max} values, which indicates that an improvement in aerobic performance does not accompany a reduction in fat mass below 7%. The lowest VO_{2max} and maximum lung ventilation ($V'E$, $l \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) values were recorded in representatives of the fifth cluster ($\geq 15.1\%$ fat), indicating a probable decrease in these parameters when fat mass increases above 15%. The data obtained are consistent with the results of previous studies, where the average body fat level in elite athletes ranges from 8 to 12% [5, 6].

Dynamic analysis of VO_{2max} indicators in one athlete showed consistently high values in the fat content range from 7.0 to 12.7%, with a slight decrease as lean mass approached the weight category limits. In both athletes, a negative difference between body weight (BW) and weight category (WC) was recorded throughout all observation series, which necessitated periodic BW adjustments. In one of them, at certain moments, a critical approach of fat-free mass to the weight category was recorded, which potentially affected the adaptive capabilities of the body.

Analysis of changes in VO_{2max} over time confirmed a decrease in this indicator when the percentage of fat fell below 7.6% in one athlete and below 10.2% in the other. In addition, a significant decrease in VO_{2max} was observed when the level of adipose tissue reached 15%.

Thus, the optimal fat content range for athletes practicing striking martial arts is 7.0-12.9%. Reducing fat tissue below 7% does not increase VO_{2max} and maximum lung ventilation, while exceeding 13% is accompanied by a significant decrease in these parameters. The vast majority of cases of exceeding 13% fat tissue were recorded in athletes in heavy weight categories, which negatively affected their functional capabilities.

Conclusions.

As a result of the study, the maximum oxygen consumption in athletes practicing striking martial arts (VO_{2max} , ml/min/kg) was determined to be 56.86 ± 1.55 ml/min/kg, and the maximum pulmonary ventilation ($V'E$, l/min ; $l/min/kg$) at 146.95 ± 5.55 l/min . The optimal range of body fat percentage was also determined to be 7 to

Table 3 – Maximal oxygen consumption (VO_{2max} , $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) and maximal pulmonary ventilation (VE , $l \cdot min^{-1}$; $l \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) in athletes of striking martial arts (n=121)

Indicator	X	$\pm m$
VO_{2max} , $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$	56.86	1.55
VE	$l \cdot min^{-1}$	146.95
	$l \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$	1.98

Table 4 – Body composition of athletes practicing striking martial arts, classified into different clusters ($X \pm m$, n=121)

Indicator	Cluster				
	1*	2	3	4	5
Weight, kg	67.1 \pm 1.6	68.4 \pm 1.6	79.8 \pm 3.0	84.0 \pm 1.9	109.4 \pm 2.9
Fat content, %	6.5 \pm 0.2	9.1 \pm 0.1	11.9 \pm 0.2	14.5 \pm 0.2	20.70 \pm 0.4
Body fat mass, kg	4.3 \pm 0.2	6.2 \pm 0.2	9.5 \pm 0.4	12.2 \pm 0.3	22.7 \pm 0.9
Fat-free body mass, kg	62.8 \pm 1.3	62.2 \pm 1.5	70.2 \pm 2.6	71.8 \pm 1.7	86.7 \pm 2.2

Notes: 1 – $\leq 6.9\%$ fat; 2 – 7.0-9.9% fat; 3 – 10.0-12.9%; 4 – 13.0-15% fat; 5 – $\geq 15.1\%$ fat.

Table 5 – Maximum oxygen consumption (VO_{2max} , $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$), maximum pulmonary ventilation (VE , $l \cdot min^{-1}$, $l \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) in athletes of striking martial arts classified into different clusters ($X \pm m$, n=121)

Indicators	Cluster				
	1*	2	3	4	5
VO_{2max} , $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$	55.4 \pm 2.9	57.6 \pm 2.4	59.6 \pm 4.1	52.0 \pm 2.6	36.3 \pm 3.9*
VE, $l \cdot min^{-1}$	147.6 \pm 12.5	137.4 \pm 9.2	159.4 \pm 12.0	150.4 \pm 14.6	156.0 \pm 5.0
VE, $l \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$	2.1 \pm 0.2	2.0 \pm 0.1	2.1 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2	1.3 \pm 0.2*

Notes: 1 – $\leq 6.9\%$ fat; 2 – 7.0-9.9% fat; 3 – 10.0-12.9%; 4 – 13.0-15% fat; 5 – $\geq 15.1\%$ fat.

13%. It was within this range that the VO_{2max} indicators of athletes reached their highest individual values.

Analyzing the effect of fat mass percentage on VO_{2max} , a decrease in VO_{2max} was found when deviating from the 7-13% fat range in both the lower and upper directions. This proves that the range of 10 \pm 3% fat mass is the optimal range for elite male athletes engaged in combat sports.

Prospects for further research.

Further research will allow for a more detailed study of the impact of variations in body fat percentage on VO_{2max} indicators. The results of these studies can be incorporated into the training process for athletes and can also serve as a basis for expanding knowledge in the field of sports science.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-3-178-515-525

УДК 796.01:612

^{1,2}Седукін Д. В.

ВПЛИВ ЗМІНИ ЖИРОВОЇ МАСИ ТІЛА СПОРТСМЕНІВ УДАРНИХ ВИДІВ СПОРТИВНИХ ЄДИНОБОРСТВ НА ПОКАЗНИК МАКСИМАЛЬНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

¹Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту (м. Київ, Україна)

²Національний університет фізичного виховання і спорту України (м. Київ, Україна)

sedukin.ds@gmail.com

Згідно сучасних досліджень у галузі спортивної науки, функціональний стан боксерів зумовлює близько 25% рівню їх підготовленості, що безпосередньо впливає на результативність змагальної діяльності. Контроль маси тіла (через наявність вагових категорій) виступає одним із ключових чинників у видах спорту з ударною технікою. Наявність вагових категорій також зумовлює специфіку тренувального процесу через те, що для спортсменів різних вагових груп характерні відмінні стилі ведення бою. Форсоване зниження маси тіла з метою потрапляння до потрібної вагової категорії часто застосовується у

предзмагальний період. Це в свою чергу супроводжується зменшенням відсотку жирової тканини до критично низьких показників. В результаті відбувається зниження VO_{2max} , порушення функціональних систем та зниження працездатності. Підтримання оптимального складу тіла створює умови для ефективного використання функціональних резервів організму.

Метою дослідження було визначити взаємозв'язок між відсотком жирової тканини та рівнем прояву функціональних можливостей у спортсменів ударних єдиноборств, а також встановити оптимальний діапазон жирової маси, що забезпечує найвищі показники.

У дослідженні брали участь 52 спортсмени (бокс – $n=37$; кікбоксинг – $n=15$) віком 18-29 років, які представляли різні вагові категорії та мали різний рівень кваліфікації (КМС, МСУ, МСМК, ЗМС). Всього в рамках дослідження було проведено 121 людино-обстеження. Використовували аналіз літератури, антропометричні та біоімпедансні вимірювання складу тіла (InBody 770, Республіка Корея), ергоспірометричні тести з газоаналізаторами Oxycon Mobile, Vyntus CPX, Care Fusion (Німеччина) та методи математичної статистики. Дослідження проводилось з дотриманням біетичних норм. Всіма учасниками дослідження було підписано інформовані згоди на збір і обробку даних.

Результати підтвердили суттєвий вплив відсотку жирової тканини на VO_{2max} . Оптимальний діапазон жирової маси становить $10\pm 3\%$, у межах якого спостерігається максимальна реалізація функціональних можливостей. Це підкреслює необхідність підтримання оптимального рівня жирової тканини в структурі спортивної підготовки.

Ключові слова: максимальне споживання кисню, легенева вентиляція, композиційний склад тіла, вагова категорія.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження виконано в межах наукових тем: «Удосконалення системи оцінки функціональних можливостей кваліфікованих спортсменів» (номер державної реєстрації 0120U102907) та «Контроль та корекція метаболізму кваліфікованих спортсменів за умов інтенсивних фізичних навантажень» (номер державної реєстрації 0120U103004).

Вступ.

Сучасні дослідження ударних видів спортивних єдиноборств відмічають велику роль фізичних якостей у підготовці спортсмена високої кваліфікації, таких як: витривалість, силові та швидкісні якості. Так, сучасними дослідниками [1] зазначено, що найбільшу роль в підготовленості кваліфікованого боксера відіграють такі фактори, як: рівень спеціальної фізичної підготовленості (74%), техніко-тактична підготовленість (65%), функціональний стан (25%) та психомоторні властивості спортсмена (24%) [1].

Слід зауважити, що для спортсменів різних вагових категорій притаманні різні стилі ведення поєдинку. Тобто, залежно від вагової категорії вплив кожної з фізичних якостей є різним. Наприклад, для боксерів легких вагових категорій (48-63,5 кг) найважливішими є такі показники, як: вибухова сила, швидкість ударів у серіях, швидкісно-силова та силова витривалість; для боксерів середніх вагових категорій (67-75 кг) – вибухова та максимальна сила ударів, силова витривалість; для боксерів важких вагових категорій (80+92кг) – силова витривалість та максимальна сила ударів. Відповідно до цього процес підготовки спортсменів різних вагових категорій також буде відрізнятися [2].

Враховуючи те, що у висококваліфікованих спортсменів рівень техніко-тактичної підготовленості є достатньо високим, здобуття переваги у двобої відбувається за рахунок підвищення рівня функціонального стану.

Для оцінки аеробної потужності та ємності у процесі контролю витривалості одним з основних показників функціональних можливостей є максимальне споживання кисню (VO_{2max}). Цей показник характе-

ризує швидкість максимального споживання кисню ($ml \cdot x^{-1} \cdot kg^{-1}$) і використовується для оцінки потужності аеробного процесу. Важливою складовою процесу є час досягнення VO_{2max} , так як він відображає здатність мобілізації можливостей процесу аеробного енергозабезпечення.

Легенева вентиляція ($V'E$) також є одним з важливих обмежувальних чинників. Цей показник характеризує об'єм повітря, що вдихалось за одну хвилину. Хоча цей показник є доволі індивідуальним і залежить від антропометричних чинників, його розвиток прямо впливає на кількість кисню, що надходить в легені, і, своєю чергою, буде впливати на показник VO_{2max} .

У спортивних єдиноборствах розподіл спортсменів відбувається за системою вагових категорій. Саме тому контроль і корекція маси тіла є важливим чинником у цих видах спорту. Про те, незважаючи на важливість цього фактору, надлишкова вага або неоптимальна композиція складу тіла спортсменів є доволі поширеною проблемою у спортивних єдиноборствах. Часто спортсмени, задля потрапляння у необхідну вагову категорію, доводять себе до виснаження, що, своєю чергою, негативно відображається на функціональних показниках його організму і, в подальшому, впливає на результативність змагальної діяльності. Тому важливим є оптимальне співвідношення між безжировою та жировою масою тіла, що, з одного боку, забезпечує дотримання необхідної вагової категорії, а з іншого – забезпечення необхідних умов для досягнення високого рівня спеціальної працездатності та її демонстрації під час сутичок. Відомо, що зниження частки жирової маси до 3-5% для чоловіків залежно від індивідуальних особливостей організму може призвести до негативних наслідків для здоров'я спортсменів та зниження фізичної працездатності [3]. Дотримання оптимального композиційного складу тіла створює умови для ефективного використання функціональних резервів організму спортсмена, профілактики травм та можливих розладів, подовження тривалості етапів максимальної реалізації індивідуальних можливостей та збереження досягнень.

Питання зв'язку композиційного складу тіла зі спеціальною працездатністю та проявом функціональних можливостей спортсмена залишаються актуальною проблемою теорії та практики підготовки спортсменів, що спеціалізуються в спортивних єдиноборствах, зокрема в ударних видах спортивних єдиноборств.

Мета дослідження.

Визначити характер взаємозв'язку між відсотком жирової тканини та рівнем прояву функціональних можливостей кваліфікованих спортсменів ударних видів спортивних єдиноборств, а також окреслити оптимальний діапазон жирової маси, за якого функціональні показники досягають найвищих значень.

Об'єкт і методи дослідження.

Дослідження було здійснено за участю 52 спортсменів, що спеціалізуються в ударних видах спортивних єдиноборств (бокс ($n=37$), кікбоксинг ($n=15$), віком від 18 до 29 ($24,43 \pm 0,49$) років, різних вагових категорій (легких, середніх, та важких категорій) та спортивної кваліфікації (КМС, МСУ, МСМК, ЗМС). Всього в рамках дослідження було проведено 121 людино-обстеження. Дослідження проводилось з дотриманням біетичних норм. Всіма учасниками дослідження було підписано інформовані згоди на збір і обробку даних.

Для досягнення мети дослідження використано такі методи:

- аналіз даних спеціальної літератури з проблеми дослідження;
- визначення композиційного складу тіла (InBody 770, Республіка Корея). Визначали масу тіла (МТ, кг), безжирову масу тіла (БМТ, кг), вміст жиру (МЖТ, кг, %), мінеральну масу скелета (ММС, кг) тощо;
- ергоспірометричне тестування, газоаналіз (Охусон Mobile, Vyntus CPX, Care Fusion, Німеччина);
- методи математичної статистики.

Дослідження складу тіла проводили з ранку, натщесерце.

Ергоспірометричне дослідження спортсменів проводили на біговій доріжці (LE 500, HP Cosmos, Німеччина) з дотриманням правил техніки безпеки, протокол тестування мав чотири стадії: спокій (дві хвилини), розминка (п'ять хвилин, початок руху на швидкості $4,5 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ і поступове пришвидшення до $8,5 \text{ км} / \text{год}$), швидкість початкової сходинки тесту – $10 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$, кожні 2 хвилини тесту швидкість доріжки збільшувалась на $1 \text{ км} / \text{год}$. Тест виконували до досягнення максимального споживання кисню ($\text{VO}_{2\text{MAX}}$, $\text{мл} \cdot \text{хв} \cdot \text{кг}^{-1}$); критерієм досягнення $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ слугувало відсутність збільшення споживання кисню щонайменше на $150 \text{ мл} \cdot \text{хв}^{-1}$ при зростанні потужності тестового навантаження. Після досягнення $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ або у разі неможливості підтримувати задану швидкість бігу тест завершували трихвилинним відновним періодом (ходьба зі швидкістю $4,5 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$).

Як основні аналізували такі морфофункціональні показники: зріст, вага, маса жирової тканини, вміст жиру у відсотках, безжирова маса тіла, максимальне споживання кисню, максимальна легенева вентиляція, а також відносна максимальна легенева вентиляція.

Відповідність нормальному розподілу перевіряли за критеріями Колмогорова-Смірнова та Шапіро-Уїлко.

Критерій Колмогорова-Смірнова – використовують для того, щоб визначити, чи підпорядковуються два емпіричних розподіли одному закону, або визначити, чи підпорядковується емпіричний розподіл певній моделі.

Критерій Шапіро-Уїлко є найбільш ефективним для перевірки гіпотези належності вибірки до нормального закону розподілення. Критерій працює однаково ефективно при малих та великих об'ємах вибірки.

Результати досліджень та їх обговорення.

За результатами дослідження антропометричних характеристик та композиційного складу тіла спортсменів, що спеціалізуються в ударних видах спортивних єдиноборств, встановлено: середній зріст спортсменів $178,51 \pm 0,90$ см, середня вага – $76,35 \pm 1,58$ кг, середня маса жирової тканини становила $8,85 \pm 0,49$ кг, середній вміст жиру становив $10,92 \pm 0,39$, а середня безжирова маса – $67,51 \pm 1,17$ кг (табл. 1).

За даними досліджень складу тіла спортсменів [4] референтні значення вмісту жиру у представників спортивних єдиноборств (боротьба, бокс) міжнародного рівня перебувають в межах у 5-16%. Деякі дослідження [5] антропометричного профілю кікбоксерів міжнародного рівня відзначили середні значення вмісту жиру $10,5 \pm 2,9\%$ жиру.

Таблиця 1 – Зріст та композиційний склад тіла у спортсменів ударних видів спортивних єдиноборств ($n=121$)

Показник	X	$\pm m$
Зріст, см	178,51	0,90
Вага, кг	76,35	1,58
Маса жирової тканини, кг	8,85	0,49
Вміст жиру, %	10,92	0,39
Безжирова маса тіла, кг	67,51	1,17

Порівнювання фактичної ваги, зареєстрованої на момент дослідження, та вагової категорії виявило значну варіативність. Так, в середньому вага спортсменів перевищувала граничну межу вагової категорії на $3,4 \pm 0,25$ кг, а безжирова маса тіла в середньому була нижче вагової категорії на $4,1 \pm 0,46$ кг. В окремих випадках вага спортсмена перевищувала вагову категорію на $10,2$ кг, що вимагало від спортсмена для відповідності ваговій категорії втрат 13% його ваги, а значення безжирової маси тіла – перевищували граничні межі вагової категорії на $2,7$ кг ($4,2\%$ загальної маси тіла спортсмена), що, своєю чергою, призводило до надлишкового стресу організму під час коригувань маси тіла, значних втрат рідини та м'язової маси.

Крім зазначеного, у $15,5\%$ досліджених спортсменів виявлено перевищення вмісту жиру більше 15% .

Для більш детальної оцінки композиційного складу тіла всіх спортсменів було умовно поділено на 3 групи вагових категорій: легкі, середні та важкі категорії. До легкої вагової категорії належали спортсмени з вагою $48-63,5$ кг; середньої – $67-75$ кг; важкої – $81-91$ кг (бокс) та $79-94$ кг – кікбоксинг (табл. 2).

Як видно з даних, наведених у таблиці 2, відсоток жиру у спортсменів важких вагових категорій перевищує значення у спортсменів легких та середніх вагових категорій. При цьому виявлено значну різницю

Таблиця 2 – Композиційний склад тіла за групами вагових категорій спортсменів ударних видів спортивних єдиноборств (n=121)

Показник	Вагова категорія		
	Легкі	Середні	Важкі
МТ, кг	60.52±0.51	70.63±0.56	92.85±1.24
БМТ, кг	55.09±0.51	63.96±0.51	79.14±0.91
ЖМТ, %	9.01±0.22	9.36±0.47	14.59±0.42
Δ МТ-ВК*, кг	4.28±0.20	3.19±0.30	2.06±0.27
Δ БМТ-ВК**, кг	-1.15±0.21	-3.48±0.43	-9.51±0.41

Примітки: *Δ МТ-ВК – різниця маси тіла спортсмена та вагової категорії; **Δ БМТ-ВК – різниця безжирової маси тіла спортсмена та вагової категорії.

між ваговою категорією та безжировою масою тіла у спортсменів важких вагових категорій – в середньому 9,51±0,41 кг, що є значним резервом для зменшення втрат активної маси тіла під час зменшення загальної ваги перед змаганнями. Так, зменшивши вміст жирової тканини на 2-2,5% у представників важких вагових категорій, переважно можна забезпечити відповідність ваги ваговій категорії, а отже, зберегти безжирову масу тіла (кількість внутрішньоклітинної рідини та м'язової маси).

В межах цього дослідження для оцінки функціональних можливостей спортсменів, що спеціалізуються в ударних видах єдиноборств, визначено максимальне споживання кисню (VO_{2max} , мл/хв/кг) на рівні 56,86±1,55 мл/хв/кг та максимальна легене-

ва вентиляція ($V'E$, л/хв; л/хв/кг) на рівні 146,95±5,55 л/хв. За даними інших авторів [6, 7, 8] величини VO_{2max} португальських елітних спортсменів становили 57,99±10,3 мл/хв/кг, а канадських 61,5±7,5 мл/хв/кг. Отримані нами дані близькі за своїми величинами до даних інших авторів та відповідають світовому рівню елітних спортсменів з ударних видів спортивних єдиноборств [9, 10].

Для прикладу, можна навести динаміку споживання кисню та композиційного складу тіла двох спортсменів (вагові категорії до 69 та 71 кг) (рис. 1-4).

Як видно з даних, наведених на рис. 1-2, у спортсмена (вагова категорія до 71 кг) впродовж 5-ти досліджень виявлено перевищення фактичної ваги обмежувальних значень вагової категорії, при цьому значення безжирової маси тіла наближені до граничних обмежень вагової категорії. Збільшення ваги спортсмена більше 77 кг супроводжується зростанням вмісту жиру більше 10% (12,7 та 15% жиру) та зменшення безжирової маси тіла (67,6 та 67,7 кг відповідно).

Аналіз динаміки значень максимального споживання кисню у цього спортсмена показав найвищі значення VO_{2max} при досягненні вмісту жиру від 7 до 12,7%. Зниження вмісту жиру до граничних меж – 5,4% супроводжується зниженням максимального споживання кисню. Збільшення вмісту жиру до 15% супроводжується значним зменшення значень VO_{2max} .

Як видно з даних, наведених на рис. 3-4, у спортсмена (вагова категорія до 69 кг) впродовж 5-ти досліджень також виявлено перевищення фактичної ваги обмежувальних значень вагової категорії, при цьому значення безжирової маси тіла було наближено до граничних обмежень вагової категорії лише в одному випадку. Збільшення ваги спортсмена лише в деяких випадках супроводжувалось зростанням вмісту жиру більше 10%, проте, яке не перевищувало 12,7%. У цього спортсмена впродовж 5-ти досліджень суттєвого зменшення безжирової маси не було зафіксовано.

Для визначення взаємозв'язку між композиційним складом тіла і показниками функціональних можливостей організму проведено кореляційний аналіз значень VO_{2max} , $V'E$ та вмісту жиру (табл. 3). Виявлено обернений достовірний ($p \leq 0,05$) взаємозв'язок між показниками VO_{2max} , $V'E$ і вмісту жиру. Отже, ґрунтуючись на отриманих даних, можна дійти висновку, що збільшення відсотку жиру буде вірогідно супроводжуватися зменшенням максимального споживання кисню та максимальної легеневої вентиляції,

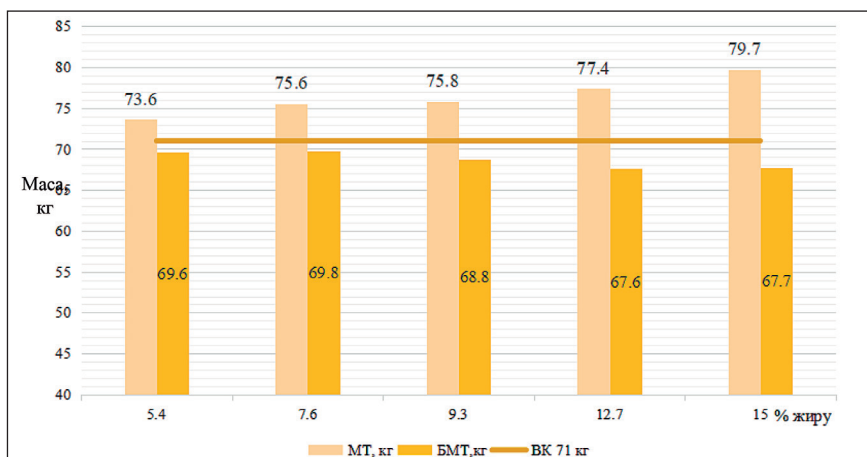


Рисунок 1 – Динаміка маси тіла (МТ, кг) та безжирової маси тіла (БМТ, кг) (вагова категорія до 71 кг).

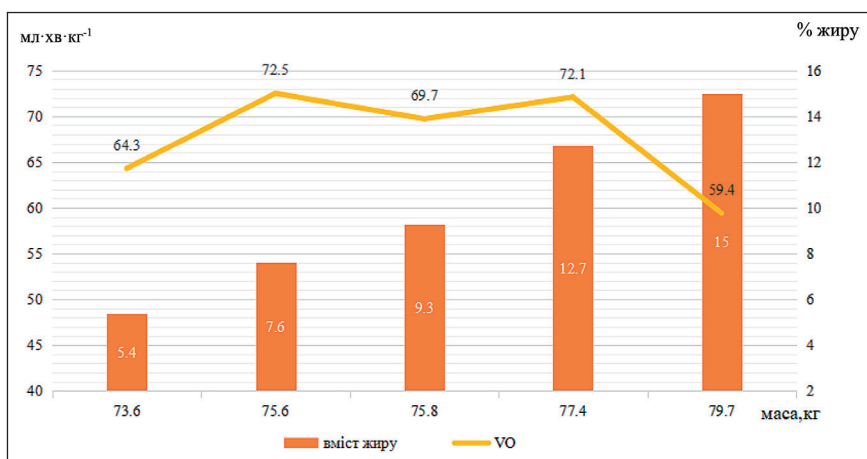


Рисунок 2 – Динаміка максимального споживання кисню (VO_{2max}) та відсотку жиру (вагова категорія до 71).

а, отже, негативно впливатиме на функціональні можливості спортсмена, що спеціалізується в ударних видах спортивних єдиноборств.

Для визначення оптимального композиційного складу тіла методом кластерного аналізу (метод К середніх) вибірку було умовно поділено на п'ять кластерів. Виділення груп було здійснено за значенням відсотку жиру (табл. 4). До першого кластеру увійшли спортсмени з вмістом жиру до 6,9% включно, до другого кластеру - з вмістом жиру в діапазоні від 7,0 до 9,9%, до третього кластеру - з вмістом жиру від 10,0 до 12,9%, до четвертого - від 13,0 до 15,0% жиру, п'ятий кластер - з вмістом жиру від 15,1%.

Перший і другий кластери були близькі між собою за показниками маси тіла та безжирової маси тіла. Така сама тотожність спостерігається і між третім та четвертим кластерами. У п'ятого кластеру такої тотожності з іншими за даними показниками не спостерігається. Це свідчить про те, що спортсмени і легких і середніх вагових категорій можуть потрапляти до кожного з перших чотирьох кластерів. Також це констатує широку розбіжність за показниками вмісту жиру і безжирової маси тіла, з невеликою тенденцією до її збільшення у середніх категоріях та її суттєвим збільшенням у важких категоріях.

У межах цього дослідження проведено аналіз значень максимального споживання кисню (VO_{2max} , мл/хв/кг) та максимальної легеневої вентиляції ($V'E$, л·хв⁻¹, л·хв⁻¹·кг⁻¹) у спортсменів, що увійшли до зазначених вище кластерів (табл. 5).

Встановлено, що найвищі значення максимального споживання кисню (VO_{2max}) зафіксовано у спортсменів, віднесених до другого та третього кластерів (7,0-13,0% жирової тканини). Водночас спортсмени першого кластеру (вміст жиру <6,9%) характеризувалися достовірно нижчими показниками VO_{2max} , що свідчить: зниження жирової маси нижче 7% не супроводжується покращенням аеробної продуктивності. Найнижчі показники VO_{2max} і максимальної вентиляції легень ($V'E$, л·хв⁻¹·кг⁻¹) зафіксовано у представників п'ятого кластеру (≥ 15,1% жиру), що вказує на вірогідне зниження цих параметрів при збільшенні жирової маси понад 15%. Отримані дані узгоджуються з результатами попередніх досліджень, де середній рівень жиру в організмі елітних спортсменів коливається у межах 8-12% [5, 6].

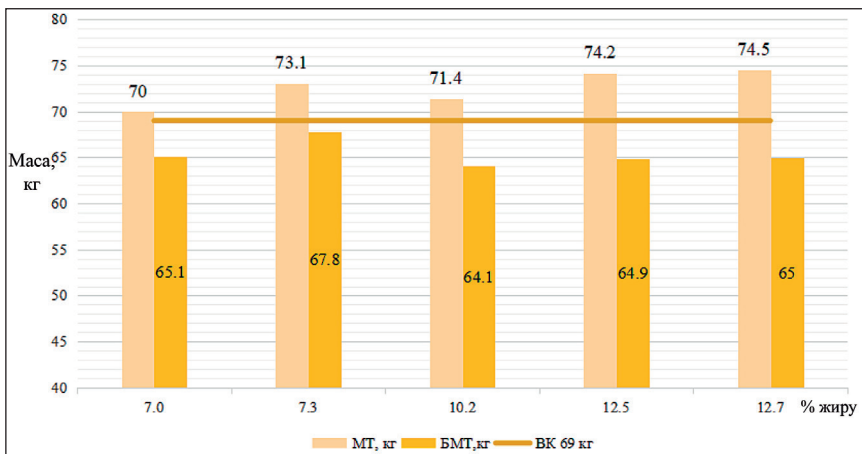


Рисунок 3 – Динаміка маси тіла та безжирової маси тіла у спортсмена (вагова категорія до 69 кг).

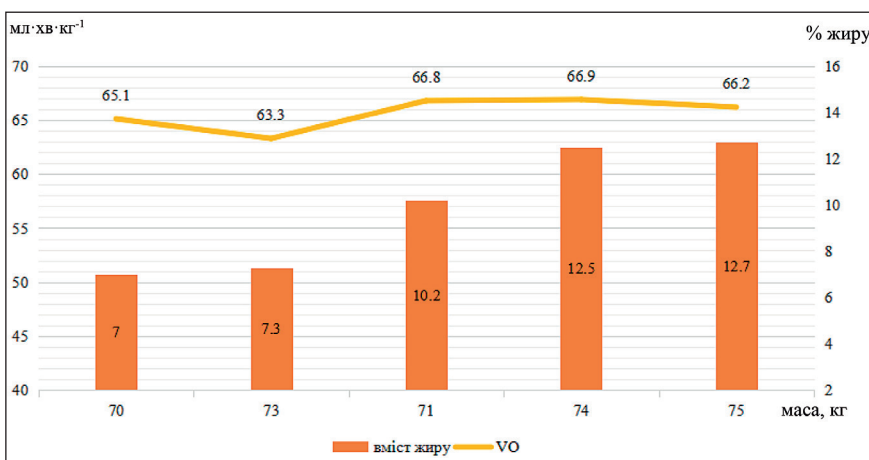


Рисунок 4 – Динаміка показнику VO_{2max} відносно показників складу тіла у спортсмена (вагова категорія до 69).

Динамічний аналіз показників VO_{2max} у одного спортсмена продемонстрував стабільно високі значення у діапазоні вмісту жиру від 7,0 до 12,7%, із незначним зниженням при наблизненні безжирової маси до меж вагової категорії. В обох спортсменів протягом усіх серій спостережень фіксувалася від'ємна різниця між масою тіла (MT) та вагою категорії.

Таблиця 3 – Максимальне споживання кисню (VO_{2max} , мл·хв⁻¹·кг⁻¹) та максимальна легенева вентиляція (VE , л·хв⁻¹; л·хв⁻¹·кг⁻¹) у спортсменів ударних видів спортивних єдиноборств (n=121)

Показник		X	± m
VO_{2max} , мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹		56,86	1,55
VE	л·хв ⁻¹	146,95	5,55
	л·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	1,98	0,07

Таблиця 4 – Композиційний склад тіла у спортсменів ударних видів спортивних єдиноборств, віднесених до різних кластерів (X±m, n=121)

Показник	Кластер				
	1*	2	3	4	5
Вага, кг	67.1±1.6	68.4±1.6	79.8±3.0	84.0±1.9	109.4±2.9
Вміст жиру, %	6.5±0.2	9.1±0.1	11.9±0.2	14.5±0.2	20.70±0.4
Жирова маса тіла, кг	4.3±0.2	6.2±0.2	9.5±0.4	12.2±0.3	22.7±0.9
Безжирова маса тіла, кг	62.8±1.3	62.2±1.5	70.2±2.6	71.8±1.7	86.7±2.2

Примітки: 1 – ≤ 6,9% жиру; 2 – 7,0-9,9% жиру; 3 – 10,0-12,9%; 4 – 13,0-15% жиру; 5 – ≥15,1% жиру.

Таблиця 5 – Максимальне споживання кисню (VO_{2max} , мл·хв·кг⁻¹), максимальна легенева вентиляція (VE , л·хв⁻¹, л·хв·кг⁻¹) у спортсменів ударних видів спортивних єдиноборств, віднесених до різних кластерів ($\bar{X} \pm t$, n=121)

Показники	Кластер				
	1*	2	3	4	5
VO_{2max} , мл·хв·кг ⁻¹	55.4±2.9	57.6±2.4	59.6±4.1	52.0±2.6	36.3±3.9*
VE , л·хв ⁻¹	147.6±12.5	137.4±9.2	159.4±12.0	150.4±14.6	156.0±5.0
VE , л·хв·кг ⁻¹	2.1±0.2	2.0±0.1	2.1±0.2	1.8±0.2	1.3±0.2*

Примітки: 1 – ≤ 6,9% жиру; 2 – 7,0-9,9% жиру; 3 – 10,0-12,9%; 4 – 13,0-15% жиру; 5 – ≥15,1% жиру.

єю (ВК), що зумовлювало необхідність періодичного коригування МТ. У одного з них у певні моменти реєструвалося критичне наближення безжирової маси до вагової категорії, що потенційно впливало на адаптаційні можливості організму.

Аналіз змін VO_{2max} у динаміці підтвердив зниження цього показника при зменшенні відсотку жиру нижче 7,6% у одного спортсмена та нижче 10,2% – у іншого. Крім того, суттєве зниження VO_{2max} спостерігалось при досягненні рівня жирової тканини 15%.

Таким чином, оптимальний діапазон вмісту жиру для спортсменів ударних видів єдиноборств становить 7,0-12,9%. Зменшення рівня жирової тканини нижче 7% не забезпечує підвищення VO_{2max} і максимальної вентиляції легень, а перевищення 13% супроводжується достовірним їх зниженням. Переважна більшість випадків перевищення 13% жирової тканини була зареєстрована у спортсменів важких

вагових категорій, що негативно відобразилося на їх функціональних можливостях.

Висновки.

В результаті проведеного дослідження, було визначено максимальне споживання кисню у спортсменів з ударних видів спортивних єдиноборств (VO_{2max} , мл/хв/кг) на рівні 56,86±1,55 мл/хв/кг та максимальна легенева вентиляція ($V'E$, л/хв; л/хв/кг) на рівні 146,95±5,55 л/хв. Також було визначено найбільш оптимальний діапазон відсотку жиру від 7 до 13%.

Саме за такого діапазону показники VO_{2max} у спортсменів досягали найбільших індивідуальних значень.

Аналізуючи вплив відсотку жирової маси на показник VO_{2max} було виявлено зменшення показнику VO_{2max} при відхиленні від діапазону 7-13% жиру як в менший, так і в більший бік. Це доводить, що діапазон 10±3% жирової маси є оптимальним діапазоном для елітних спортсменів чоловіків, що займаються ударними видами спортивних єдиноборств.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження дозволять більш докладно вивчити вплив коливання відсотку жирової маси тіла на показники VO_{2max} . Результати цих досліджень можуть бути запроваджені в підготовчий процес спортсменів, а також можуть стати базою розширення знань у галузі спортивної науки.

References / Література

1. Maydanyuk OV, Ostyanov VN. Kontrol spetsialnoy fizychnoy pidhotovlenosti kvalifikovanykh bokseriv riznykh vahovykh katehoriy. Aktualni problemy fizychnoy kultury i sportu. 2011;20(1):44-9. [in Ukrainian].
2. Pavelets OYA, Ostyanov VN, Maydanyuk OV. Modelnye kharakterystyky kak osnova yndyvduallyzatsyy podhotovky bokserov vysshnykh razryadov (elyty). Pedagogika, psikhologiya ta medyko-biologichni problemy fizychnoho vykhovannya i sportu. 2013;10:52-5.
3. Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. Physiology of sport and exercise. 4th ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2004. 592 p.
4. Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers; 1992. 150 p.
5. Silva P, Silva M, Duarte J, Ahmed A, Tavares O, Valente-Dos-Santos J, et al. Physical, physiological characteristics and sport goal orientation of top Portuguese kickboxing athletes. Rev Artes Marciales Asiát. 2016;11(2s):34-5.
6. Slimani M, Chaabene H, Miarka B, Franchini E, Chamari K, Cheour F. Kickboxing review: Anthropometric, psychophysiological and activity profiles and injury epidemiology. Biol Sport. 2017;34:185-96. DOI: [10.5114/biolsport.2017.65338](https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.65338).
7. Wallace WA, Wroble RR, Maffulli N, Kordi R, editors. Combat sports medicine. London: Springer London; 2009. Chapter, Kickboxing; p. 331-350.
8. Morton JP, Robertson C, Sutton L. Making the weight: A case study from professional boxing. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2010;20(1):80-5.
9. Reale R, Burke LM, Cox GR, Slater G. Body composition of elite Olympic combat sport athletes. Eur J Sport Sci. 2020;20(2):147-56.
10. Dimitrijevic M, Paunovic V, Zivkovic V, Bolevich S, Jakovljevic V. Body fat evaluation in male athletes from combat sports by comparing anthropometric, bioimpedance, and dual-energy X-ray absorptiometry measurements. Biomed Res Int. 2022;2022:3456958. DOI: [10.1155/2022/3456958](https://doi.org/10.1155/2022/3456958).

ВПЛИВ ЗМІНИ ЖИРОВОЇ МАСИ ТІЛА СПОРТСМЕНІВ УДАРНИХ ВИДІВ СПОРТИВНИХ ЄДИНОБОРСТВ НА ПОКАЗНИК МАКСИМАЛЬНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

Седукін Д. В.

Резюме. На сучасному етапі розвитку спортивної науки встановлено, що близько 25% рівня підготовленості кваліфікованих боксерів зумовлено їхнім функціональним станом, що безпосередньо впливає на результативність змагальної діяльності. У видах єдиноборств з ударною технікою одним із визначальних чинників виступає контроль маси тіла у зв'язку з наявністю вагових категорій. Для спортсменів різних категорій характерні відмінні стилі ведення поєдинку, що обумовлює специфіку тренувального процесу. У передзмагальний період часто застосовується форсоване зниження маси тіла з метою потрапляння до відповідної вагової категорії, що супроводжується зменшенням відсотку жирової тканини до критично низьких показників. Такі зміни сприяють зниженню показнику VO_{2max} . Зниження рівня жирової маси до 3-5% у чоловіків, залежно від індивідуальних особливостей організму, може спричинити порушення функціональних систем і зниження працездатності. Підтримання оптимального складу тіла створює передумови для раціонального використання функціональних резервів організму. Метою дослідження було визначити характер взаємозв'язку між відсотком жирової тканини та рівнем прояву функціональних можливостей кваліфікованих спортсменів ударних видів спортивних єдиноборств, а також окреслити оптимальний діапазон жирової маси, за якого функціональні показники досягають найвищих значень. У дослідженні брали участь 52 спортсмени (бокс – n=37; кікбоксинг – n=15) віком від 18 до 29 років (24,43±0,49), які представляли різні вагові категорії (легку, середню та

важку) та мали різний рівень спортивної кваліфікації (КМС, МСУ, МСМК, ЗМС). Всього в рамках дослідження було проведено 121 людино-обстеження. Для реалізації мети було застосовано: аналіз спеціальної наукової літератури; антропометричні та біоімпедансні вимірювання складу тіла за допомогою InBody 770 (Республіка Корея) – визначення маси тіла (МТ, кг), безжирової маси (БМТ, кг), жирової маси (МЖТ, кг, %), мінеральної маси скелета (ММС, кг) тощо; ергоспірометричне тестування з використанням газоаналізаторів Oxycon Mobile, Vyntus CPX, Care Fusion (Німеччина); методи математичної статистики. Отримані в результаті дослідження дані підтвердили істотний вплив відсотку жирової тканини на показник $VO_{2\max}$ спортсменів, що спеціалізуються в ударних видах єдиноборств. Встановлено, що оптимальний діапазон жирової маси становить $10\pm 3\%$, у межах якого спостерігається максимальна реалізація функціональних можливостей. Це підкреслює необхідність підтримання оптимального рівня жирової тканини у структурі спортивної підготовки.

Ключові слова: максимальне споживання кисню, легенева вентиляція, композиційний склад тіла, вагова категорія.

THE INFLUENCE OF CHANGES IN BODY FAT MASS OF STRIKING COMBAT SPORT ATHLETES ON MAXIMAL OXYGEN UPTAKE

Sedukin D. V.

Abstract. At the current stage of sports science development, it has been established that approximately 25% of the preparedness level of qualified boxers is determined by their functional state, which directly influences competitive performance. In striking combat sports, body mass control is a decisive factor due to the existence of weight categories. Athletes across different weight divisions exhibit distinct fighting styles, which, in turn, shape the specificity of the training process. In the pre-competition period, athletes often resort to rapid weight reduction to fit into a desired weight category, a process commonly accompanied by a decrease in body fat percentage to critically low levels. Such alterations are associated with a decline in $VO_{2\max}$. Reducing body fat to 3-5% in men, depending on individual characteristics, may lead to dysfunction of physiological systems and reduced working capacity. Maintaining optimal body composition, therefore, creates the foundation for the effective utilization of the body's functional reserves. The aim of the present study was to examine the relationship between body fat percentage and functional performance in qualified athletes specializing in striking combat sports, as well as to determine the optimal fat mass range associated with maximal functional capacity. The study sample comprised 52 athletes (boxing – $n=37$; kickboxing – $n=15$) aged 18-29 years (24.43 ± 0.49), representing various weight categories (lightweight, middleweight, and heavyweight) and levels of athletic qualification (Candidate for Master of Sport, Master of Sport of Ukraine, International Master of Sport, Honored Master of Sport). In total, 121 individual examinations were conducted within the framework of the study. To achieve the study objectives, the following methods were employed: analysis of specialized scientific literature; anthropometric and bioimpedance assessment of body composition using InBody 770 (Republic of Korea), including measurements of body mass (BM, kg), fat-free mass (FFM, kg), fat mass (FM, kg, %), skeletal mineral mass (SMM, kg), among others; ergospirometric testing with gas analyzers Oxycon Mobile, Vyntus CPX, Care Fusion (Germany); and statistical analysis. The findings demonstrated a significant impact of body fat percentage on $VO_{2\max}$ among athletes engaged in striking combat sports. It was determined that the optimal fat mass range is $10\pm 3\%$, within which functional capacities are maximized. These results highlight the necessity of maintaining an optimal level of body fat as a critical component of sports training.

Key words: maximal oxygen uptake, pulmonary ventilation, body composition, weight category.

ORCID and contribution / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Sedukin D. V.: <https://orcid.org/0000-0001-9769-0068>^{ABCDEF}

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Sedukin Danylo Vsevolodovych / Седукін Данило Всеволодович
State Scientific Research Institute of Physical Culture and Sports / Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту
Ukraine, 02000, Kyiv, Stolychne shose 19 / Адреса: Україна, 02000, м. Київ, Столичне шосе 19
Tel.: +380984059549 / Тел.: +380984059549
E-mail: sedukin.ds@gmail.com

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 03.05.2025 / Стаття надійшла 03.05.2025 року
Accepted 15.08.2025 / Стаття прийнята до друку 15.08.2025 року