

ectomorphic somatotype (average – 29.39%, of which reliable – 7.87%); the smallest number of relationships was found in volleyball players of the mesomorphic type (average – 8.33%, of which reliable – 4.17%). In volleyball players of ecto-mesomorphs and mesomorphs, the vast majority of significant relationships between anthropometric and hemodynamic parameters were directly proportional; in volleyball players of ectomorphic and average intermediate somatotypes, they were inverse. In volleyball players of all somatotypes, body composition indicators were the tone indicator of all arteries of the shin were most closely correlated.

Determining the relationships between somatometric and rheovasographic indicators is a theoretical basis for modeling appropriate indicators of peripheral hemodynamics in female athletes of different constitutional types.

Key words: correlation, peripheral hemodynamics, anthropometry, somatotype, female athletes, volleyball.

ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Stepanenko I.O.: <https://orcid.org/0000-0001-5589-4951>^{BCDE}

Sarafyniuk L. A.: <https://orcid.org/0000-0001-8253-5997>^{ABF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Sarafyniuk Larysa Anatoliivna / Сарафинюк Лариса Анатоліївна

National Pirogov Memorial Medical University / Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова

Ukraine, 21018, Vinnytsia, 56 Pirogov str. / Адреса: Україна, 21018, м. Вінниця, вул. Пирогова 56

Tel.: +380674300853 / Тел.: +380674300853

E-mail: lsarafyniuk@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 25.09.2024 / Стаття надійшла 25.09.2024 року

Accepted 13.02.2025 / Стаття прийнята до друку 13.02.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-1-176-135-143

UDC 572.087:612.13:796.071

¹Khapitska O. P., ²Bilash S. M., ¹Androshchuk O. V., ¹Dus S. V., ¹Shevchyshen V. I.

MATHEMATICAL MODELING OF SHIN REGIONAL BLOOD CIRCULATION PARAMETERS IN MESOMORF SOMATOTYPE WRESTLERS

¹National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya (Vinnytsya, Ukraine)

²Poltava State Medical University (Poltava, Ukraine)

androshchuk1975@gmail.com

Morpho-functional parameters of the cardiovascular system, particularly regional hemodynamics, are used to assess the adaptive capacity of the body and predict sports performance. The aim of the study was to determine the influence of external body structure indicators on regional blood circulation indicators in the shin in wrestlers of the mesomorphic somatotype and to build mathematical models to determine the appropriate values of rheovasographic indicators. 61 athletes from freestyle and Greco-Roman wrestling, lightweight and middleweight categories participated in the comprehensive examination. To determine rheovasographic parameters of the shin, tetrapolar rheography was utilized using a computer diagnostic complex, and anthropometric dimensions were measured according to the recommendations of P. P. Shaparenko (2000). The scoring of the endomorphic, mesomorphic, and ectomorphic components of the somatotype was carried out using a calculated modification of the Heath-Carter method (1990). The results of the study revealed that 40 wrestlers had signs of a mesomorphic type of constitution. Mathematical modeling was carried out using the certified program "Statistica 5.5" using step by step multivariate regression analysis. The total influence of 53 anthro-somatotypological parameters on 18 rheovasographic indicators of the shin in wrestlers of the mesomorphic somatotype was determined. Mathematical models with an accuracy of describing rheovasographic parameters (ranging from 62.33% to 97.24%) were constructed for 8 indicators. The models we have created can provide an opportunity to determine the appropriate values of these parameters of regional blood circulation in the shin in wrestlers of mesomorphic constitution type using their own anthropometric dimensions.

Key words: rheovasography of the shin, anthropometry, somatotype, mathematical modeling, regression, wrestlers.

Connection of the publication with planned research works.

The work is a fragment of the planned scientific research work of National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya "Somato-viscerometric features of the human body in different periods of ontogenesis" (state registration number 0121U113772).

Introduction.

Determination of physiological indicators of peripheral blood circulation in individuals with certain types of motor activity, which has a dominant influence on the development of individual physical qualities, is of great practical importance for the detection, treatment and prevention of vascular diseases of the lower extremities [1, 2, 3]. The importance of determining regional blood circulation indicators in the formation of scientific and methodological recommendations in sports medicine is noted, without denying the importance of assessing the adaptive capabilities of the body and indicators of central hemodynamics [4, 5]. However, even when using objective methods of studying the state of the peripheral blood stream, in particular rheovasography, in order to adequately assess the results obtained, it is necessary to compare them with similar reference indicators, which should be based on population, gender and age variability of the physiological norm [6-8]. When we consider the body of an athlete who has been systematically exposed to specific intense physical exertion for many years, the variability of cardiovascular system indicators increases dramatically. And therefore, an urgent question arises: what value of the indicator should be considered the norm for an athlete of a particular sport? A practical solution to this problem may be the use of step by step regression multivariate analysis, which allows for mathematical modeling [9, 10, 11]. The results of recent studies [12, 13] prove the medical, social, and economic effectiveness of using mathematical models to determine individual appropriate values of cardiovascular system indicators, taking into account the anthropo-somatotypological characteristics of the human body.

The aim of the study.

To determine the influence of external body structure indicators on regional blood circulation indicators in the shin in wrestlers of the mesomorphic somatotype and to build mathematical models to determine the appropriate values of rheovasographic indicators.

Object and research methods.

A comprehensive examination of 61 athletes who specialized in freestyle and Greco-Roman wrestling and belonged to the light and middle weight categories was conducted at the Scientific Research Center of the M.I. Pirogov VNMU. All wrestlers had high sports ranks (from the first adult category to masters of sports of Ukraine) and by age (from 17 to 21 years inclusive) belonged to the adolescent period of ontogenesis. Despite the fact that each athlete had at least 3 years of sports experience, in terms of health they belonged to the group of practically healthy, because each examined person underwent such instrumental examinations as ultrasound diagnostics of the heart, major vessels, thyroid gland, parenchymal organs of the abdominal cavity, kidneys; spirometry, chest radiography, tetrapolar rheocardiography. Athletes with health abnormalities were excluded from further study.

Rheovasographic parameters of the lower leg were determined on a computer diagnostic complex using tetrapolar rheography. Anthropometric research was carried out according to the recommendations of P. P. Shaparenko [14] with the determination of 3 total (length, mass, body surface area) and 47 partial dimensions and the use of certified anthropometric equipment. The scoring of the endomorphic, mesomorphic, and ectomorphic components of the somatotype was carried out using a calculated modification of the Heath-Carter method [15]. It was found that 40 wrestlers belonged to the mesomorphic type of constitution, a feature of this somatotype is the good development of the musculoskeletal system, as indicated by the circumferences of individual segments of the limbs and chest and the transverse dimensions of long tubular bones (the width of their distal epiphyses).

To perform mathematical modeling of the proper reovasographic parameters of the shin, a step by step multivariate regression analysis was performed in the certified program "Statistica 5.5" in compliance with the following requirements: coefficient of determination (R^2) >0.60; Fisher's F-criterion >2.0 and its actual value is greater than the calculated one [12].

All athletes provided informed consent to participate in this study. The Bioethics Commission of the National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya determined that the research conducted does not contradict the basic bioethical norms (protocol № 1 from 31 January 2018).

Research results and their discussion.

We determined the total influence of 53 anthropo-somatotypological parameters on each of 18 rheovasographic indicators of the lower leg based on the step by step multivariate regression analysis. And at the same time, it was found that only 8 rheovasographic indicators of the shin in wrestlers with a mesomorphic somatotype met the requirements of regression modeling [12], the main one of which was the predominant determination (more than 50% of the influence) of the constitutional characteristics of the organism. The same indicators as the amplitude of rapid blood filling and the diastolic index did not depend at all on the factors of the external structure of the body, and the duration of the rheographic wave was only 36.72% determined by these factors, the time of rapid blood filling had 41.53% of determination, the amplitude of the incision had 41.15% of determination, the indicators of the tone of all arteries – 43.12% of determination, and the tone of large-diameter arteries – 49.94% of determination, therefore it was not justified to conduct mathematical modeling for them. In addition, the time of the descending part of the rheogram by 51.69%, the diastolic index by 57.89%, the amplitude of the diastolic wave by 58.81% depended on factors of the external structure of the body, but at the same time the actual value of the Fisher criterion of these indicators was less than their calculated appropriate value of this criterion, in addition, most of the coefficients that determined the variability of these rheovasographic indicators were not statistically significant. This was the basis for refusing to conduct mathematical modeling for these indicators of peripheral hemodynamics of the shin.

Therefore, let us focus on the practically significant results of the regression analysis, which made it possible to determine the appropriate values of 8 parameters of

the shin rheogram based on the constructed models and to argue the basis of this modeling.

In wrestlers with a mesomorphic somatotype, the basic impedance on the lower leg was 91.91% due to the total influence of 13 body dimensions, the coefficient of determination of each of them was reliable, so they were included in this regression model. In addition, the actual value (17.06) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (14.21), which was another reason to consider the polynomial we constructed as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$Z = 88,06 - 2,77 \times \text{SAGDUG} + 6,24 \times \text{GZPL} + 11,71 \times \text{LX} + 3,71 \times \text{SPIN} + 6,268 \times \text{OBPL} - 8,10 \times \text{OBPR1} - 3,63 \times \text{PNG} + 2,53 \times \text{PSG} + 5,185 \times \text{OBS} - 3,69 \times \text{GGP} - 1,11 \times \text{OBGK1} - 0,93 \times \text{ATP} - 6,97 \times \text{EPB}$$

where, here and ahead: Z – baseline impedance of the shin rheovasogram (Om); SAGDUG – sagittal arc (cm); GZPL – thickness of the skin-fat fold on the back of the shoulder (mm); LX – ectomorphic component of the somatotype (points); SPIN – iliac spine distance (cm); OBPL – shoulder girth in a tense state (cm); OBPR1 – upper arm circumference (cm); PNG – transverse infrathoracic diameter (cm); PSG – transverse midthoracic diameter (cm); OBS – foot circumference (cm); GGP – thickness of the skin-fat fold on the chest (mm); OBGK1 – chest circumference during inhalation (cm); ATP – finger point height (cm); EPB – width of the distal femoral epiphysis (cm).

We found that the time of the ascending part of the rheovasogram of the lower leg was 97.24% due to the total influence of body size, the coefficient of determination of each of them was reliable, so they were included in this regression model. In addition, the actual value (29.14) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (19.16), which was another reason to consider the polynomial we constructed as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$A = 0,174 - 0,004 \times \text{OBT} + 0,004 \times \text{SAGDUG} + 0,003 \times \text{GB} - 0,006 \times \text{GG} + 0,004 \times \text{OBS} + 0,005 \times \text{GGP} + 0,014 \times \text{OM} - 0,005 \times \text{ATND} + 0,004 \times \text{ATPL} + 0,005 \times \text{OBG2} + 0,007 \times \text{OBPR2} - 0,025 \times \text{EPPR} - 0,006 \times \text{OBK} - 0,003 \times \text{SHNCH} - 0,007 \times \text{EPG}$$

where, here and ahead: A – time of the ascending part of the rheovasogram of the shin (s); OBT – waist circumference (cm); GB – thickness of the skin-fat fold on the side (mm); GG – thickness of the skin-fat fold on the abdomen (mm); OM – bone mass (kg); ATND – supra-sternal point height (cm); ATPL – acromial point height (cm); OBG2 – shin circumference (cm); OBPR2 – lower forearm circumference; EPPR – width of the distal epiphysis of the forearm (cm); OBK – hand circumference (cm); SHNCH – width of the lower jaw (cm); EPG – width of the distal epiphysis of the shin (cm).

We found that the time of slow blood filling of the rheovasogram of the shin was 82.24% due to the total influence of body size, the coefficient of determination of each of them was reliable, so they were included in this regression model. In addition, the actual value (12.23) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (8.87), which was another reason to consider the polynomial we constructed

as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$A2 = -0,157 + 0,005 \times \text{BSHGL} - 0,002 \times \text{GGP} + 0,003 \times \text{SAGDUG} - 0,004 \times \text{OBSh} + 0,023 \times \text{EPPR} - 0,008 \times \text{EPPL} + 0,002 \times \text{ACR} - 0,003 \times \text{SHNCH} - 0,003 \times \text{OBK} + 0,001 \times \text{ATND}$$

where, here and ahead: A2 – slow blood filling time rheovasogram (s); BSHGL – greatest width of the head (cm); OBSh – neck circumference (cm); EPPL – width of the distal epiphysis of the shoulder (cm); ACR – shoulder width (cm).

We found that the amplitude time of the systolic wave of the shin rheovasogram was 79.43% due to the total influence of body size, the coefficient of determination of each of them was reliable, so they were included in this regression model. In addition, the actual value (15.39) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (7.28), which was another reason to consider the polynomial we constructed as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$H1 = 0,083 - 0,001 \times \text{ACR} + 0,003 \times \text{GGL} - 0,001 \times \text{OBT} + 0,002 \times \text{ATPL} - 0,004 \times \text{OBS} - 0,002 \times \text{SAGDUG}$$

where, here and ahead: H1 – amplitude of the systolic wave of the shin rheovasogram (Om); GGL – thickness of the skin-fat fold on the shin (mm).

The variability of the average rate of rapid blood filling of the shin by 68.54% was due to the total influence of five body sizes, the coefficient of determination of each of them was reliable, so they were included in this regression model. In addition, the actual value (8.69) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (7.28), which was another reason to consider the polynomial we constructed as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$H4A1 = 0,853 - 0,021 \times \text{GGP} + 0,017 \times \text{GGL} + 0,004 \times \text{ATV} - 0,018 \times \text{SAGDUG} + 0,006 \times \text{ATP}$$

where, here and ahead: H4A1 – average rapid blood filling rate (Om/s); ATV – height of the trochanter point (cm).

We found that the average velocity of slow blood filling of the shin was 68.13% due to the total influence of six body dimensions, the coefficient of determination of each of them was reliable, so they were included in this regression model. In addition, the actual value (10.34) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (6.29), which was another reason to consider the polynomial we constructed as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$H1H4A2 = 0,914 - 0,023 \times \text{MX} - 0,018 \times \text{SAGDUG} + 0,017 \times \text{GGL} + 0,006 \times \text{ATPL} - 0,009 \times \text{ACR} - 0,019 \times \text{OBS}$$

where, here and ahead: H1H4A2 – average rate of slow blood filling (Om/s); MX – mesomorphic component of the somatotype (point).

We found that the value of the tone of the arteries of medium and small diameters of the shin was 92.92% due to the total influence of fourteen body sizes, the coefficient of determination of each of them was reliable,

so they were included in this regression model. In addition, the actual value (17.56) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (15.22), which was another reason to consider the polynomial we constructed as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$A2C = 14,79 + 0,618 \times BSHGL - 1,312 \times FX - 0,399 \times OBK + 0,539 \times OBPL1 - 0,197 \times OBGK1 + 17,07 \times S - 0,225 \times OBGK2 + 1,005 \times EPG + 0,381 \times EPPR - 0,336 \times SPIN + 0,222 \times PNG - 2,154 \times EPPR - 0,053 \times OBB - 0,651 \times LX$$

where, here and ahead: A2C – an indicator of the tone of the arteries of medium and small diameter of the thigh (%); FX – endomorphic component of the somatotype (point); OBPL1 – shoulder girth in a relaxed state (cm); S – body surface area (m²); OBGK2 – chest circumference on exhalation (cm); OBB – hip circumference (cm).

Most of the coefficients of the model of the ratio of the tone of the arteries of the shin were significant, except for the circumference of the lower third of the leg and the width of the lower epiphysis of the shoulder. The coefficient of determination of 62.33% determined the variability of this rheovasographic parameter by the total influence of eight body sizes. In addition, the actual value (8.27) of the Fisher criterion of this model was larger compared to its calculated value (5.56), which was another reason to consider the polynomial we constructed as plausible, which was also confirmed by the results of regression and variance analyses. ($p < 0,001$). The mathematical model looked like this:

$$A1A2 = 287,1 + 15,29 \times GGP - 3,054 \times GGP - 5,365 \times BSHGL - 5,075 \times ACR + 6,278 \times SHNCH + 17,94 \times EPPL - 3,380 \times BDLGL + 4,675 \times OBG2$$

where: A1A2 – indicator of the ratio of the tones of the arteries of the shin (%); BDLGL – greatest length of head (cm).

Thus, we have proven a significant influence of the constitutional characteristics of the body of wrestlers of the mesomorphic somatotype on the variability of indicators of peripheral hemodynamics of the shin.

It is necessary to dwell on the generalized results of the regression analysis, in particular, the 8 constructed models included 77 anthropometric dimensions and components of the somatotype. Girth dimensions had the most significant influence (27.32% of all 77 parameters presented in the models), they were included in 87.54% of the constructed models. Head dimensions had a 16.93% occurrence and were included in 100% of the constructed models, of which 75.00% of the models had a sagittal head arc. The thickness of skin-fat folds was 15.63% in relation to other anthropometric components of mathematical models and was included in all constructed models (100%). A highly notable finding was the influence of craniometric dimensions on the variability of all shin parameters, for which mathematical modeling was carried out. In our opinion, the explanation for this phenomenon is the peculiarity of the wrestlers' training and competitive activities, in particular the large number of grabs and head compressions. According to scientists, the shape of bones in athletes changes under the influence of increased muscle activity. General adaptive changes occur in all bones of the skeleton, and local ones occur in its parts that are subjected to the greatest load [16]. In the study by V.O. Khavtur and co-authors [13], during the modeling of rheographic parameters of the thigh in ectomorph volleyball players, it was determined that the models most often included head size, fat fold thickness, girth and sagittal body dimensions, and individual components of the somatotype. Thus, the regression analysis performed makes it possible to determine the appropriate parameters of peripheral hemodynamics of a particular wrestler, taking into account his individual constitutional characteristics.

eters presented in the models), they were included in 87.54% of the constructed models. Head dimensions had a 16.93% occurrence and were included in 100% of the constructed models, of which 75.00% of the models had a sagittal head arc. The thickness of skin-fat folds was 15.63% in relation to other anthropometric components of mathematical models and was included in all constructed models (100%). A highly notable finding was the influence of craniometric dimensions on the variability of all shin parameters, for which mathematical modeling was carried out. In our opinion, the explanation for this phenomenon is the peculiarity of the wrestlers' training and competitive activities, in particular the large number of grabs and head compressions. According to scientists, the shape of bones in athletes changes under the influence of increased muscle activity. General adaptive changes occur in all bones of the skeleton, and local ones occur in its parts that are subjected to the greatest load [16]. In the study by V.O. Khavtur and co-authors [13], during the modeling of rheographic parameters of the thigh in ectomorph volleyball players, it was determined that the models most often included head size, fat fold thickness, girth and sagittal body dimensions, and individual components of the somatotype. Thus, the regression analysis performed makes it possible to determine the appropriate parameters of peripheral hemodynamics of a particular wrestler, taking into account his individual constitutional characteristics.

Conclusions.

1. A significant influence of factors of external body structure on the variability of peripheral hemodynamic indicators in the shin in wrestlers with a mesomorphic somatotype has been established.

2. 8 models were constructed to determine the appropriate rheographic parameters of the shin with R2 determination coefficients from 0.623 to 0.972.

3. Most often, mathematical models of rheovasographic indicators of the shin included craniometric dimensions, namely the sagittal arc, the thickness of the skin-fat folds, and the girth dimensions of the body.

Prospects for further research.

The results obtained provide the opportunity in the future to apply aspects of the constitutional approach to determine the norm of regional hemodynamic indicators in athletes of different ages, genders, somatotypes, and sports specializations.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-1-176-135-143

УДК 572.087:612.13:796.071

¹Хапіцька О. П., ²Білаш С. М., ¹Андрощук О. В., ¹Дусь С. В., ¹Шевчишен В. І.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГІОНАРНОГО КРОВООБІГУ ГОМІЛКИ У БОРЦІВ МЕЗОМОРФНОГО СОМАТОТИПУ

¹Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова (м. Вінниця, Україна)

androshchuk1975@gmail.com

Морфо-функціональні показники серцево-судинної системи, зокрема, регіональної гемодинаміки, використовують для оцінки адаптаційних можливостей організму і прогнозування спортивної результативності. Метою дослідження було визначити вплив показників зовнішньої будови тіла на показники регіонального кровообігу на гомілці у борців мезоморфного соматотипу та побудувати математичні моделі для визначення належних значень реовасографічних показників. У комплексному обстеженні брали участь 61 спортсмен з вільної та греко-римської боротьби, легкої і середньої вагових категорій. Для визначення реовасографічних параметрів гомілки використовували тетраполяруну

реографію за допомогою комп'ютерного діагностичного комплексу, антропометричні розміри вимірювали за рекомендаціями П. П. Шапаренка (2000). Бальну оцінку ендоморфного, мезоморфного й екторморфного компонентів соматотипу здійснювали за розрахунковою модифікацією метода Heath-Carter (1990). За результатами дослідження було виявлено, що 40 борців мали ознаки мезоморфного типу конституції. Математичне моделювання здійснювали з використанням сертифікованої програми "Statistica 5.5" за допомогою покрокового багатофакторного регресійного аналізу. Визначено сумарний вплив 53 антропо-соматотипологічних параметрів на 18 реовазографічних показників гомілки у борців мезоморфного соматотипу. Математичні моделі з точністю опису реовазографічних параметрів (у межах від 62,33% до 97,24%) були побудовані для 8 показників. Розроблені нами моделі можуть надавати можливість визначати належні значення даних параметрів регіонального кровообігу на гомілці у борців мезоморфного типу конституції з використанням їх власних антропометричних розмірів.

Ключові слова: реовазографія гомілки, антропометрія, соматотип, математичне моделювання, регресія, борці.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом планової науково-дослідної роботи Вінницького національного медичного університету ім. І.М. Пирогова «Сомато-вісцерометричні особливості організму людини в різні періоди онтогенезу» (номер державної реєстрації 0121U113772).

Вступ.

Визначення фізіологічних показників периферичного кровообігу в осіб з певними видами рухової діяльності, яка має домінуючий вплив на розвиток окремих фізичних якостей, має велике практичне значення для виявлення, лікування та профілактики захворювань судин нижніх кінцівок [1-3]. Відзначається важливість визначення показників регіонального кровообігу при формуванні науково-методичних рекомендацій у спортивній медицині, не заперечуючи і важливість для оцінки адаптаційних можливостей організму і показників центральної гемодинаміки [4, 5]. Однак, навіть використання об'єктивних методів дослідження стану периферичного кров'яного русла, зокрема реовазографії, для того щоб провести адекватну оцінку одержаних результатів необхідно провести їх співставлення з аналогічними референтними показниками, які мають базуватися на популяційній, статевій і віковій мінливості фізіологічної норми [6-8]. Коли ж ми розглядаємо організм спортсмена, який протягом багатьох років зазнавав систематичного впливу специфічних інтенсивних фізичних навантажень, варіабельність показників серцево-судинної системи різко збільшується. І тому виникає нагальне питання: яке значення показника вважати нормою для спортсмена окремого виду спорту? Практичним вирішенням даної проблеми може бути використання регресійного покрокового багатофакторного аналізу, який дає можливість для проведення математичного моделювання [9, 10, 11]. Результати досліджень останніх років [12, 13] доводять медичну, соціальну й економічну ефективність використання математичних моделей для визначення індивідуальних належних значень показників серцево-судинної системи з врахуванням антропо-соматотипологічних особливостей організму людини.

Мета дослідження.

Визначити вплив показників зовнішньої будови тіла на показники регіонального кровообігу на гомілці у борців мезоморфного соматотипу та побудувати математичні моделі для визначення належних значень реовазографічних показників.

Об'єкт і методи дослідження.

У науково-дослідному центрі ВНМУ ім. М.І. Пирогова було проведене комплексне обстеження 61 спортсмена, які спеціалізувалися у вільній і греко-римській боротьбі та належали до легкої і середньої вагових категорій. Всі борці мали високі спортивні розряди (від першого дорослого до майстрів спорту України) і за віком (від 17 до 21 року включно) належали до юнацького періоду онтогенезу. Не зважаючи на те, що кожен спортсмен не менше 3 років мав спортивного стажу, за рівнем здоров'я належав до групи практично здорових, тому що кожному обстеженому було проведено такі інструментальні дослідження, як ультразвукову діагностику серця, магістральних судин, щитоподібної залози, паренхіматозних органів черевної порожнини, нирок; спірографію, рентгенографію грудної клітки, тетраполярну реокардіографію. Спортсмени з відхиленнями у здоров'ї відсторонялися від подальшого дослідження.

Реовазографічні параметри гомілки визначали на комп'ютерному діагностичному комплексі з використанням тетраполярної реографії. Антропометричне дослідження здійснювали за рекомендаціями П. П. Шапаренка [14] із визначенням 3 тотальних (довжини, маси, площі поверхні тіла) і 47 парціальних розмірів і використанням сертифікованого антропометричного обладнання. Бальну оцінку ендоморфного, мезоморфного й екторморфного компонентів соматотипу здійснювали за розрахунковою модифікацією метода Heath-Carter [15]. Було виявлено, що 40 борців належали до мезоморфного типу конституції, особливості даного соматотипу є гарний розвиток кістково-м'язового апарату, про що вказують окружності окремих сегментів кінцівок та грудної клітки та поперечні розміри довгих трубчастих кісток (ширина їх дистальних епіфізів).

Для проведення математичного моделювання належних реовазографічних параметрів гомілки використали покроковий багатофакторний регресійний аналіз у сертифікованій програмі "Statistica 5.5" з дотриманням таких вимог: коефіцієнт детермінації (R^2) $>0,60$; F-критерій Фішера $>2,0$ і його фактичне значення більше за розраховане [12].

Всі спортсмени давали інформовану згоду для участі у даному дослідженні. Комісією з біоетики ВНМУ ім. М.І. Пирогова визначено, що проведене дослідження не заперечує основним біоетичним нормам (протокол № 1 від 31 січня 2018 р.).

Результати дослідження та їх обговорення.

Нами визначено сумарний вплив 53 антропо-соматотипологічних параметрів на кожен із 18 реовазографічних показників гомілки на базі проведеного покрокового багатфакторного регресійного аналізу. І при цьому було встановлено, що лише 8 реовазографічних показників гомілки в борців з мезоморфним соматотипом відповідали вимогам регресійного моделювання [12], головною із яких була переважаюча детермінація (більше 50% впливу) саме конституціональних характеристик організму. Такі ж показники як амплітуда швидкого кровонаповнення та дикротичний індекс взагалі не залежали від факторів зовнішньої будови тіла, а тривалість реографічної хвилі лише на 36,72% була обумовлена даними факторами, час швидкого кровонаповнення мав 41,53% детермінації, амплітуда інцизури мала 41,15% детермінації, показники тонуусу всіх артерій – 43,12% детермінації а тонуусу артерій великого діаметру – 49,94% детермінації, тому не було аргументованим проведення для них математичного моделювання. Крім того, час низхідної частини реограми на 51,69%, діастолічний індекс на 57,89%, амплітуда діастолічної хвилі на 58,81% залежали від факторів зовнішньої будови тіла, але при цьому фактичне значення критерію Фішера даних показників було меншим за їх розрахункову належну величину даного критерію, крім того більшість коефіцієнтів, що визначали варіабельність даних реовазографічних показників, не були статистично значущими. Це було підґрунтям відмови від проведення математичного моделювання для даних показників периферичної гемодинаміки гомілки.

Тому зупинимось на практично значущих результатах регресійного аналізу, які дали можливість визначити належні значення 8 параметрів реограми гомілки на основі побудованих моделей та аргументувати підґрунтя даного моделювання.

У борців з мезоморфним соматотипом базовий імпульс на гомілці на 91,91% був обумовлений сумарним впливом 13 розмірів тіла, коефіцієнт детермінації кожного з них був вірогідним, тому вони увійшли до даної регресійної моделі. Крім того, фактичне значення (17,06) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (14,21), що було ще однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$Z = 88,06 - 2,77 \times \text{SAGDUG} + 6,24 \times \text{GZPL} + 11,71 \times \text{LX} + 3,71 \times \text{SPIN} + 6,268 \times \text{OBPL} - 8,10 \times \text{OBPR1} - 3,63 \times \text{PNG} + 2,53 \times \text{PSG} + 5,185 \times \text{OBS} - 3,69 \times \text{GGP} - 1,11 \times \text{OBGK1} - 0,93 \times \text{ATP} - 6,97 \times \text{EPB}$$

де, тут і в подальшому: Z – базовий імпульс реовазограми гомілки (Ом); SAGDUG – сагітальна дуга (см); GZPL – товщина шкірно-жирової складки на задній поверхні плеча (мм); LX – екоморфний компонент соматотипу (бал); SPIN – міжостова відстань (см); OBPL – обхват плеча у напруженому стані (см); OBPR1 – обхват передпліччя у верхній частині (см); PNG – поперечний нижньогрудний діаметр (см); PSG – поперечний середньогрудний діаметр (см); OBS – обхват стопи (см); GGP – товщина шкірно-жирової складки на грудях (мм); OBGK1 – обхват грудної клітки на вдиху (см); ATP – висота пальцевої точки (см); EPB – ширина дистального епіфіза стегна (см).

Нами встановлено, що час висхідної частини реовазограми гомілки на 97,24% був обумовлений сумарним впливом розмірів тіла, коефіцієнт детермінації кожного з них був вірогідним, тому вони увійшли до даної регресійної моделі. Крім того, фактичне значення (29,14) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (19,16), що було ще однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$A = 0,174 - 0,004 \times \text{OBT} + 0,004 \times \text{SAGDUG} + 0,003 \times \text{GB} - 0,006 \times \text{GG} + 0,004 \times \text{OBS} + 0,005 \times \text{GGP} + 0,014 \times \text{OM} - 0,005 \times \text{ATND} + 0,004 \times \text{ATPL} + 0,005 \times \text{OBG2} + 0,007 \times \text{OBPR2} - 0,025 \times \text{EPPR} - 0,006 \times \text{OBK} - 0,003 \times \text{SHNCH} - 0,007 \times \text{EPG}$$

де, тут і в подальшому: A – час висхідної частини реовазограми гомілки (с); OBT – обхват талії (см); GB – товщина шкірно-жирової складки на боці (мм); GG – товщина шкірно-жирової складки на животі (мм); OM – кісткова маса (кг); ATND – висота надгрудничної точки (см); ATPL – висота акроміальної точки (см); OBG2 – обхват гомілки у нижній частині (см); OBPR2 – обхват передпліччя у нижній частині; EPPR – ширина дистального епіфіза передпліччя (см); OBK – обхват кисті (см); SHNCH – ширина нижньої щелепи (см); EPG – ширина дистального епіфіза гомілки (см).

Нами встановлено, що час повільного кровонаповнення реовазограми гомілки на 82,24% був обумовлений сумарним впливом розмірів тіла, коефіцієнт детермінації кожного з них був вірогідним, тому вони увійшли до даної регресійної моделі. Крім того, фактичне значення (12,23) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (8,87), що було ще однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$A2 = -0,157 + 0,005 \times \text{BSHGL} - 0,002 \times \text{GGP} + 0,003 \times \text{SAGDUG} - 0,004 \times \text{OBSh} + 0,023 \times \text{EPPR} - 0,008 \times \text{EPPL} + 0,002 \times \text{ACR} - 0,003 \times \text{SHNCH} - 0,003 \times \text{OBK} + 0,001 \times \text{ATND}$$

де, тут і в подальшому: A2 – час повільного кровонаповнення реовазограми (с); BSHGL – найбільша ширина голови (см); OBSh – обхват шиї (см); EPPL – ширина дистального епіфіза плеча (см); ACR – ширина плечей (см).

Нами встановлено, що час амплітуди систолічної хвилі реовазограми гомілки на 79,43% був обумовлений сумарним впливом розмірів тіла, коефіцієнт детермінації кожного з них був вірогідним, тому вони увійшли до даної регресійної моделі. Крім того, фактичне значення (15,39) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (7,28), що було ще однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$H1 = 0,083 - 0,001 \times \text{ACR} + 0,003 \times \text{GGL} - 0,001 \times \text{OBT} + 0,002 \times \text{ATPL} - 0,004 \times \text{OBS} - 0,002 \times \text{SAGDUG}$$

де, тут і в подальшому: H1 – амплітуда систолічної хвилі реовазограми гомілки (Ом); GGL – товщина шкірно-жирової складки на гомілці (мм).

Варіабельність середньої швидкості швидкого кровонаповнення гомілки на 68,54% була обумовлена сумарним впливом п'яти розмірів тіла, коефіцієнт детермінації кожного з них був вірогідним, тому вони увійшли до даної регресійної моделі. Крім того, фактичне значення (8,69) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (7,28), що було ще однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$H4A1 = 0,853 - 0,021 \times GGP + 0,017 \times GGL + 0,004 \times ATV - 0,018 \times SAGDUG + 0,006 \times ATP$$

де, тут і в подальшому: H4A1 – середня швидкість швидкого кровонаповнення (Ом/с); ATV – висота вертлюгової точки (см).

Нами встановлено, що величина середньої швидкості повільного кровонаповнення гомілки на 68,13% була обумовлена сумарним впливом шести розмірів тіла, коефіцієнт детермінації кожного з них був вірогідним, тому вони увійшли до даної регресійної моделі. Крім того, фактичне значення (10,34) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (6,29), що було ще однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$H1H4A2 = 0,914 - 0,023 \times MX - 0,018 \times SAGDUG + 0,017 \times GGL + 0,006 \times ATPL - 0,009 \times ACR - 0,019 \times OBS$$

де, тут і в подальшому: H1H4A2 – середня швидкість повільного кровонаповнення (Ом/с); MX – мезоморфний компонент соматотипу (бал).

Нами встановлено, що величина тонуусу артерій середнього та малого діаметрів гомілки на 92,92% була обумовлена сумарним впливом чотирнадцяти розмірів тіла, коефіцієнт детермінації кожного з них був вірогідним, тому вони увійшли до даної регресійної моделі. Крім того, фактичне значення (17,56) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (15,22), що було ще однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$A2C = 14,79 + 0,618 \times BSHGL - 1,312 \times FX - 0,399 \times OBK + 0,539 \times OBPL1 - 0,197 \times OBGK1 + 17,07 \times S - 0,225 \times OBGK2 + 1,005 \times EPG + 0,381 \times EPPR - 0,336 \times SPIN + 0,222 \times PNG - 2,154 \times EPPR - 0,053 \times OBB - 0,651 \times LX$$

де, тут і в подальшому: A2C – показник тонуусу артерій середнього та малого діаметру стегна (%); FX – ендоморфний компонент соматотипу (бал); OBPL1 – обхват плеча у ненапруженому стані (см); S – площа поверхні тіла (m^2); OBGK2 – обхват грудної клітки на видиху (см); OBB – обхват стегна (см).

Більшість коефіцієнтів моделі показника співвідношення тонуусів артерій гомілки були достовірними, за винятком обхвату гомілки в нижній третині та ширини нижнього епіфіза плеча. Коефіцієнт детермінації на 62,33% обумовлював мінливість даного реовазографічного параметра сумарним впливом восьми розмірів тіла. Крім того, фактичне значення (8,27) критерію Фішера цієї моделі було більше порівняно із своїм розрахунковим значенням (5,56), що було ще

однією із підстав вважати побудований нами поліном вірогідним, що підтверджувалося і результатами регресійного та дисперсійного аналізів ($p < 0,001$). Математична модель мала такий вигляд:

$$A1A2 = 287,1 + 15,29 \times GGP - 3,054 \times GGP - 5,365 \times BSHGL - 5,075 \times ACR + 6,278 \times SHNCH + 17,94 \times EPPL - 3,380 \times BDLGL + 4,675 \times OBG2$$

де: A1A2 – показник співвідношення тонуусів артерій гомілки (%); BDLGL – найбільша довжина голови (см).

Таким чином, нами доведений значущий вплив конституціональних характеристик організму борців мезоморфного соматотипу на варіабельність показників периферичної гемодинаміки гомілки.

Необхідно зупинитися на узагальненні результатів регресійного аналізу, зокрема, до 8 побудованих моделей увійшло 77 антропометричних розмірів і компонентів соматотипу. Найбільш значущий вплив мали обхватні розміри (27,32% відносно всіх 77 параметрів, представлених у моделях), вони були у складі 87,54% побудованих моделей. Розміри голови склали 16,93% відносно всіх антропометричних параметрів, які входили до моделей і були у складі усіх побудованих моделей, із них у 75,00% моделей була сагітальна дуга голови. Товщини шкірно-жирових складок становили 15,63 % по відношенню до інших антропометричних складових математичних моделей і були у складі всіх побудованих моделей (100%). Привертає увагу вплив краніометричних розмірів варіабельність усіх параметрів гомілки. Для яких було проведено математичне моделювання. На нашу думку, поясненням такого феномену є особливості тренувально-змагальної діяльності борців, зокрема великої кількості захватів і стискання голови. На думку науковців форма кісток у спортсменів змінюється під впливом підвищеної м'язової діяльності. Загальні адаптаційні зміни відбуваються у всіх кістках скелету, а локальні – у його відділах, які зазнають найбільшого навантаження [16]. У дослідженні В.О. Хавтур з співавторами [13] під час моделювання реографічних параметрів стегна у волейболісток екоморфів було визначено, що до моделей найчастіше входили теж розміри голови, товщина жирових складок, обхватні та сагітальні розміри тіла, окремі компоненти соматотипу. Таким чином, проведений регресійний аналіз дає можливість визначити належні параметри периферичної гемодинаміки конкретного спортсмена борця з врахуванням його індивідуальних конституціональних характеристик.

Висновки.

1. Встановлений значущий вплив факторів зовнішньої будови тіла на варіабельність показників периферичної гемодинаміки на гомілці у борців з мезоморфним соматотипом.

2. Було побудовано 8 моделей для визначення належних реографічних параметрів гомілки із коефіцієнтами детермінації R^2 від 0,623 до 0,972.

3. Найчастіше до математичних моделей реовазографічних показників гомілки входили краніометричні розміри, а саме сагітальна дуга, товщина шкірно-жирових складок, обхватні розміри тіла.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати дають у перспективі можливість застосовувати аспекти конституціонального підходу для визначення норми показників регіональної гемодинаміки у спортсменів різних віку, статі, соматотипу, спортивної спеціалізації.

References / Література

1. Usova OV, Sologub OV, Ulianytska NYa, Yakobson OO, Ushko IaA, Sitovskiy AM et al. Biomechanika krovoobihu pidlitiv riznykh medychnykh hrup fizychnoho vykhovannia. Medical Science of Ukraine. 2022;18(3):73-82. DOI: [10.32345/2664-4738.3.2022.11](https://doi.org/10.32345/2664-4738.3.2022.11). [in Ukrainian].
2. Malyuga S, Lukyantseva H, Bakunovsky O. Features of functional changes in blood vessels during the period of early recovery after static physical exercise. Reports of Morphology. 2022;28(4):48-53. DOI: [10.31393/morphology-journal-2022-28\(4\)-07](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2022-28(4)-07).
3. Khapitska OP, Ivanytsya AA, Stefanenko IS, Sarafyniuk LA, Moroz VM. Zminy reohrafichnykh pokaznykiv homilky u sportsmeniv riznykh vydiv sportu. Physiological Journal. 2017;63(1):51-9. Dostupno: https://fz.kiev.ua/journals/2017_V.63/2017_1/1_2017-51-59.pdf. [in Ukrainian].
4. Nalyvayko NV, Bardin OI, Pavlova luO, Levkiv LV. Analiz zviazkiv mizh pokaznykamy komponentnoho skladu tila i sertsevo-sudynnoi systemy molodykh zhinok z riznymy typamy hemodynamiky. Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport. 2020;5(5):394-399. DOI: [10.26693/jmbs05.05.394](https://doi.org/10.26693/jmbs05.05.394). [in Ukrainian].
5. Berhtraum D, Vovkanych L, Strokun M, Kohut Yu. Pokaznyky tsentralnoi hemodynamiky netrenovanykh studentiv ta studentiv-bihuniv na seredni dystantsii. Scientific discourse in physical education and sports. 2023;2:77-87. Dostupno: <https://sportscience.ldufk.edu.ua/index.php/discourse/article/view/1485/1450>. [in Ukrainian].
6. Voloshyn OS, Humeniuk HB, Voloshyn VD, Smorshchok YuS. Otsinka adaptatsiinykh mozhlyvostei osib yunatskoho viku z riznym rivnem efektyvnosti funktsionuvannia sertsia. Achievements of Clinical and Experimental Medicine. 2022;4:83-8. DOI: [10.11603/1811-2471.2022.v.i4.13502](https://doi.org/10.11603/1811-2471.2022.v.i4.13502). [in Ukrainian].
7. Zhang Y, Qi L, van de Vosse F, Du C, Yao Y, Du J et al. Recovery Responses of Central Hemodynamics in Basketball Athletes and Controls After the Bruce Test. Front. Physiol. 2020;11:593277. DOI: [10.3389/fphys.2020.593277](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.593277).
8. Moroz VM, Sarafyniuk OP. Features of the shin rheogram values in volleyball players. Deutscher Wissenschaftsherold. 2016;4:12-14.
9. Nesterenko YA, Dzevulska IV, Gunko IP, Karpenko IA, Datsenko GV, Prokopenko SV, et al. Modeling of individual teleroentgenometric indicators using the "Cephalometrics for orthognathic surgery" method in Ukrainian young women with a wide face type and orthognathic bite. Reports of Morphology. 2024;30(2):76-83. DOI: [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2024-30\(2\)-10](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2024-30(2)-10).
10. Kostuchenko-Faifor OS, Piliponova VV, Beliaev EV, Ocheretna OL, Ivanitsa AO, Vakar TV, et al. Regression models of the area of the soft palate and tongue in young men and young women with an orthognathic bite without and taking into account the type of face depending on teleroentgenometric indicators of the upper respiratory tract. Reports of Morphology. 2023;29(4):5-10. DOI: [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2023-29\(4\)-01](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2023-29(4)-01).
11. Sarafyniuk LA, Sivak AV, Piliponova VV, Dus SV, Lezhneva OV. Modeliuvannia nalezhnykh pokaznykiv variatsiinoi pulsometrii voleibolistiv mezomorfnoho somatotypu zalezno vid antropometrychnykh osoblyvostei orhanizmu. Visnyk of Vinnytsia National Medical University. 2019;4(23):567-572. [in Ukrainian].
12. Sarafyniuk L, Stepanenko I, Khapitska O, Vlasenko R, Sarafyniuk P. Mathematical modelling of peripheral haemodynamics of the shin in volleyball players of mesomorphic somatotype. Bulletin of Medical and Biological Research. 2023;5(4):62-70. DOI: <https://doi.org/10.61751/bmbr/4.2023.62>.
13. Khavtur VO, Fedoniuk LY, Sarafyniuk LA, Khapitska OP, Kovalchuk OV. Simulation of appropriate rheovasographic indicators of the femur in volleyball players of ectomorphic somatotype depending on anthropometric features. Wiad Lek. 2022;75(1.2):275-280.
14. Shaparenko PP. Antropometriia. Vinnytsya; 2000. 71 s. [in Ukrainian].
15. Carter JL, Heath BH. Somatotyping – development and applications. Cambridge: University Press; 1990. 504 p.
16. Zagura F, Oghirko I. Morfo-funktsionalni osoblyvosti kvalifikovanykh dziudoistiv riznykh styliv borotby. Young sports science of Ukraine. 2002;6(2):89-93 [in Ukrainian].

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГІОНАРНОГО КРОВООБІГУ ГОМІЛКИ У БОРЦІВ МЕЗО-МОРФНОГО СОМАТОТИПУ

Хапіцька О. П., Білаш С. М., Андрощук О. В., Дусь С. В., Шевчишен В. І.

Резюме. Визначення показників периферичної гемодинаміки використовують для оцінки адаптаційних можливостей організму і прогнозування спортивної результативності. Метою дослідження було визначити вплив показників зовнішньої будови тіла на показники регіонального кровообігу на гомілці у борців мезоморфного соматотипу та побудувати математичні моделі для визначення належних значень реовазографічних показників. Було проведено комплексне обстеження 61 спортсмена, які спеціалізувалися у вільній і греко-римській боротьбі та належали до легкої і середньої вагових категорій та мали високий рівень спортивної майстерності та мали вік у межах 17-21 року. Реовазографічні параметри гомілки визначали на комп'ютерному діагностичному комплексі з використанням тетраполярної реографії, антропометричні розміри вимірювали за рекомендаціями П. П. Шапаренка (2000). Бальну оцінку ендоморфного, мезоморфного й екторморфного компонентів соматотипу здійснювали за розрахунковою модифікацією методу Heath-Carter (1990). Було виявлено, що 40 борців належали до мезоморфного типу конституції. Для проведення математичного моделювання у сертифікованій програмі "Statistica 5.5" використали покроковий багатофакторний регресійний аналіз. Визначено сумарний вплив 53 антропо-соматотипологічних параметрів на 18 реовазографічних показників гомілки у борців мезоморфного соматотипу. Лише для 8 із них були побудовані математичні моделі з точністю опису реовазографічних параметрів у межах від 62,33% до 97,24%. До математичних моделей увійшло 77 антропометричних розмірів і компонентів соматотипу. Найсуттєвіший вплив на величину показників периферичної гемодинаміки гомілки у борців мезоморфів мали обхватні розміри тіла (на них припадало 27,32% із всіх інших розмірів зовнішньої будови тіла, які були в побудованих математичних моделях); розміри голови (на них припадало 16,93% антропометричних складових моделей); товщина шкірно-жирових складок (на них припадало 15,63% антропометричних складових моделей). Побудовані моделі нападуть можливість визначення належних значень цих параметрів регіонального кровообігу на гомілці у борців мезоморфів використовуючи їх власні антропометричні розміри.

Ключові слова: реовазографія гомілки, антропометрія, соматотип, математичне моделювання, регресія, борці.

MATHEMATICAL MODELING OF SHIN REGIONAL BLOOD CIRCULATION PARAMETERS IN MESOMORPHIC SOMATOTYPE WRESTLERS

Khapitska O. P., Bilash S. M., Androshchuk O. V., Dus S. V., Shevchyshen V. I.

Abstract. Determination of peripheral hemodynamic indicators is used to assess the body's adaptive capabilities and predict sports performance. The aim of the study was to determine the influence of external body structure indicators on regional blood circulation indicators in the shin in wrestlers of the mesomorphic somatotype and to build mathematical models to determine the appropriate values of rheovasographic indicators. A comprehensive examination was conducted of 61 athletes who specialized in freestyle and Greco-Roman wrestling and belonged to the light and middle weight categories and had a high level of sportsmanship and were aged between 17-21 years. Rheovasographic parameters of the lower leg were determined on a computer diagnostic complex using tetrapolar rheography, anthropometric dimensions were measured according to the recommendations of P. P. Shaparenko (2000). The scoring of the endomorphic, mesomorphic, and ectomorphic components of the somatotype was carried out using a calculated modification of the Heath-Carter method (1990). It was found that 40 wrestlers belonged to the mesomorphic type of constitution. To conduct mathematical modeling in the certified program "Statistica 5.5", step by step multivariate regression analysis was used. The total influence of 53 anthropo-somatotypological parameters on 18 rheovasographic indicators of the shin in wrestlers of the mesomorphic somatotype was determined. Mathematical models were only constructed for 8 of them with an accuracy of description of rheovasographic parameters ranging from 62.33% to 97.24%. The mathematical models included 77 anthropometric dimensions and components of the somatotype. The most significant influence on the values of peripheral hemodynamics of the shin in mesomorph wrestlers was exerted by the girth dimensions of the body (they accounted for 27.32% of all other dimensions of the external structure of the body that were in the constructed mathematical models); head dimensions (they accounted for 16.93% of the anthropometric component models); thickness of skin-fat folds (they accounted for 15.63% of the anthropometric component models). The constructed models will make it possible to determine the appropriate values of these parameters of regional blood circulation in the lower leg in mesomorph wrestlers using their own anthropometric dimensions.

Key words: rheovasography of the shin, anthropometry, somatotype, mathematical modeling, regression, wrestlers.

ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Khapitska O. P.: <https://orcid.org/0000-0002-1333-5892>^{ABF}

Bilash S. M.: <https://orcid.org/0000-0002-8351-6090>^{ACD}

Androshchuk O. V.: <https://orcid.org/0000-0002-9288-0660>^{BCF}

Dus S. V.: <https://orcid.org/0000-0002-9805-8301>^{DE}

Shevchyshen V. I.: <https://orcid.org/0000-0002-1333-5892>^{BD}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Androshchuk Olha Vasylivna / Андрощук Ольга Василівна

National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya / Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова

Ukraine, 21018, Vinnytsia, 56 Pirogov str. / Адреса: Україна, 21018, м. Вінниця, вул. Пирогова 56

Tel.: +380679761645 / Тел.: +380679761645

E-mail: androshchuk1975@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 статистичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 10.10.2024 / Стаття надійшла 10.10.2024 року

Accepted 28.02.2025 / Стаття прийнята до друку 28.02.2025 року