

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 519.22 (572.087 +572.512)

3.3.1. Анатомия человека (медицинские науки)

doi: 10.29039/1992-6499-2023-1-72-80

**КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ
КАК ИНТЕГРАТОР РАЗНЫХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА**

*Алексей Анатольевич Семенов^{1,2}, Иван Васильевич Гайворонский^{1,2},
Владимир Владимирович Криштоп²

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Воздействие внешних факторов может значительно отклонять распределение соматотипов от показателей генеральной совокупности, что принуждает исследователей подбирать наиболее подходящую схему соматотипирования из числа уже известных или конструировать свою. Абитуриенты военных вузов представляют собой частный случай таких выборок, формирующихся в результате реализации комплекса факторов, в том числе работы военно-врачебных комиссий. **Цель исследования:** с помощью кластерного анализа разработать интегративную классификацию для оценки физического развития практически здоровых лиц юношеского возраста. **Материалы и методы исследования.** Объектом исследования послужили 280 абитуриентов (234 юноши и 46 девушек), прошедших обследование специалистов в составе медицинских комиссий военных комиссариатов и признанных практически здоровыми. Проанализированы антропометрические данные: длина тела, масса тела, длина туловища, конечностей, обхватные размеры туловища и конечностей, а также компонентный состав тела. В работе использованы иерархический кластерный анализ методом Варда и коэффициент корреляции Кендала. **Результаты исследования.** С помощью кластерного анализа показателей физического развития практически здоровых лиц был выявлен значительный вклад индекса массы тела, массы, длины тела в формирование трех крупных групп, охарактеризованных как «мужской макросоматический фенотип», «мужской мезосоматический фенотип» и «женский фенотип». На основании, доли мышечной и жировой ткани, висцерального жира, дистального диаметра предплечья как показателя развития костной ткани, индекса массы тела и толщины кожно-жировой складки передней стенки живота выделены следующие подгруппы: мужской макросоматический фенотип с гиперстеническими чертами, мужской макросоматический фенотип с нормостеническими чертами, мужской мезосоматический фенотип с дигестивными чертами, мужской мезосоматический фенотип с мезотоническими чертами, мужской мезосоматический мускульный фенотип, женский мегалосомный атлетический и субатлетический фенотип, женский стенопластический фенотип. **Заключение.** Использованный статистический подход позволяет сменить классическую парадигму поиска универсальной методики соматотипирования на создание алгоритмов компиляции хорошо известных схем оценки физического развития в выделенных группах населения.

Ключевые слова: физическое развитие, соматотипирование, кластерный анализ, курсанты военных вузов

Для цитирования: Семенов А. А., Гайворонский И. В., Криштоп В. В. Кластерный анализ как интегратор разных методик оценки физического развития практически здоровых лиц юношеского возраста // Астраханский медицинский журнал. 2023. Т. 18, № 1. С. 72–80. doi: 10.29039/1992-6499-2023-1-72-80.

ORIGINAL INVESTIGATIONS

Original article

**CLUSTER ANALYSIS AS AN INTEGRATOR OF DIFFERENT TECHNIQUES FOR
ASSESSING THE PHYSICAL DEVELOPMENT OF HEALTHY ADOLESCENTS**

* © Семенов А.А., Гайворонский И.В., Криштоп В.В., 2023

Abstract. The influence of external factors can significantly deviate the distribution of somatotypes from the indicators of the general population, which makes researchers select the most suitable scheme of somatotyping from the already known ones or construct their own. Applicants of military universities are a particular case of such samples, formed as a result of a complex of factors, including the work of military medical commissions. **The aim** was to use cluster analysis to develop an integrative classification for assessing the physical development of practically healthy adolescents. **Materials and methods.** The object of the study was 280 applicants (234 boys and 46 girls), who were examined by specialists in the medical commissions of military commissariats and were considered to be practically healthy. Anthropometric data were analyzed: body length, body weight, length of the torso, limbs, girth dimensions of the torso and limbs, as well as body component composition. Hierarchical cluster analysis by the Ward method and Kendall's correlation coefficient were used in the study. **Results.** By means of cluster analysis of the physical development indicators of the virtually healthy individuals, we identified a significant contribution of body mass index, weight, body length in the formation of three major groups, which we characterized as: the male macrosomatic phenotype, the male mesosomatic phenotype, and the female phenotype. Based on the proportion of muscle and fat tissue, visceral fat, distal diameter of the forearm as an indicator of bone development, body mass index and thickness of the skin-fat fold of the anterior abdominal wall, the following subgroups were identified: male macrosomatic phenotype, with hypersthenic features, male macrosomatic phenotype, with normosthenic features, male mesosomatic phenotype with digestive features, male mesosomatic phenotype with mesotonic features, male mesosomatic muscle phenotype, female megalosomic athletic and subathletic phenotype, female stenoplastic phenotype. **Conclusion.** The used statistical approach allows to change the classical paradigm of searching for a universal methodology of somatotyping, to the creation of algorithms of compilation of well-known schemes of physical development evaluation in the selected population groups.

Keywords: physical development, somatotyping, cluster analysis, military cadets

For citation: Semenov A. A., Gayvoronskiy I. V., Krishtop V. V. Cluster analysis as an integrator of different techniques for assessing the physical development of healthy adolescents. Astrakhan Medical Journal. 2023; 18 (1): 72–80. doi: 10.29039/1992-6499-2023-1-72-80. (In Russ.).

Введение. Соматотипирование абитуриентов и курсантов военного вуза является нетривиальной задачей, поскольку работа призывных комиссий приводит к исключению из выборки лиц с недостаточностью питания, ожирением II–III степени, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 04.07.2013 г. № 565 (ред. от 29.06.2022 г.) «Положения о военно-врачебной экспертизе». Это оказывает существенное влияние на распределение антропометрических характеристик в исследуемой выборке, ставя вопрос о выборе релевантной техники соматотипирования [1]. Несмотря на обилие методик, характеризующих физическое развитие, удовлетворяющего всем требованиям исследователей универсального решения не существует. Однако парадигма поиска универсальной методики сохраняется, создается большое количество схем, многие из которых не используются на практике, представляя лишь историческую и теоретическую ценность [2]. В то же время существует математически обоснованное решение для выявления классификаций, обусловленных свойствами выборки – кластерный анализ, который успешно применяется морфологами для решения широкого спектра задач [3], включая современные антропометрические исследования [4].

Цель: с помощью кластерного анализа разработать интегративную классификацию для оценки физического развития практически здоровых лиц юношеского возраста.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования послужили 280 абитуриентов, 234 юноши и 46 девушек, поступающих в военную образовательную организацию, в возрасте 17 лет, рожденных и постоянно проживающих в центральной части России. Все абитуриенты по данным военно-врачебных комиссий были признаны годными к поступлению в военный вуз. Исследование проводили в первые дни после прибытия в учебный центр, в утренние часы, до завтрака. Изучение антропометрических параметров абитуриентов проводили по единой методике и техническому исполнению. Выбор методов исследования определялся их адекватностью, безопасностью, достаточной информативностью и безвредностью в соответствии с поставленными задачами выполняемой работы. Исследование проводили с соблюдением принципов добровольности, прав и свобод личности, гарантированных ст. 21 и 22 Конституции Российской Федерации. Антропометрические измерения осуществляли по

получившей широкое распространение в антропологии методике В.В. Бунака, которая включает в себя определение следующих параметров: масса тела (с точностью измерения до 50 г), – при помощи медицинских электронных весов (с ростомером) Soehnle 7831 («Soehnle Professional», Германия); длина тела стоя и сидя (с точностью измерения до 0,5 см), обхватные размеры (грудной клетки, талии, конечностей) с точностью измерения до 0,5 см – при помощи прорезиненной сантиметровой ленты, а также толщину кожно-жировой складки различных участков тела. Всего 45 параметров.

Все 45 исследуемых параметров, не включая пол и возраст, сформировали базу данных для кластерного анализа. Первичные данные подвергли нормализации средним (Z-нормализация): $Z = (x - x_{\text{среднее}}) / \sigma_x$, где σ_x – среднее квадратичное отклонение, x – исходное значение параметра, $x_{\text{среднее}}$ – среднее значение очередного параметра, Z – нормированное значение. Для расчета расстояния между объектами в иерархическом кластерном анализе использовали Евклидово пространство как наиболее распространенное и интуитивно понятное. Метод Варда был использован в качестве метода объединения точек-объектов в группы-кластеры на основе матрицы расстояний. Этот метод минимизирует сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге. На основании дендрограммы выделяли кластеры (последний уровень объединения групп) и субкластеры (предпоследний уровень). Взаимосвязанность изменений первичных данных оценивали при помощи коэффициента корреляции Кендала (τ) [5], последний считали достоверным при $p < 0,05$. Для статистических исследований применяли программу Statistica 12 («StatSoft», США). Кластеры и субкластеры характеризовали при помощи медианы, значений первого и третьего квартилей (Q1–Q3). Достоверность, межгрупповых различий определяли при помощи t-критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони.

Результаты исследования и обсуждение. В результате кластеризации сформировались три основные группы (кластера) обследованных лиц, условно обозначенные как: кластер 1, вместивший в себя 28 % выборки; кластер 2, включавший в себя 54 % выборки; кластер 3, вместивший в себя 18 % выборки (табл. 1). Несмотря на то, что в процедуре кластеризации принадлежность к женскому или мужскому полу не участвовала, первые два кластера оказались представленными исключительно юношами, в то время как кластер 3 на 92 % был представлен девушками. Выявленная закономерность подтверждает эффективность проведенного кластерного анализа и позволяет интерпретировать кластер 3 как кластер со специфическим женским фенотипом. Кластер 3 характеризовался такими типичными особенностями женского фенотипа, как большая доля жировой ткани, меньшая доля мышечной массы и меньший диаметр предплечья, свидетельствующий о меньшей костной массе.

Таблица 1. Основные антропометрические показатели и компонентный состав тела трех основных групп, выделенных при помощи кластерного анализа из массива абитуриентов военного вуза

Table 1. Main anthropometric indicators and body composition of the three main groups identified using cluster analysis from the array of military university entrants

Исследуемые параметры	Кластеры		
	1	2	3
Рост, см	182* (179–186)	177* (171–182)	167* (164–168)
Масса тела, кг	76,8* (73,4–84,9)	63,0* (59,6–69,9)	54,8* (50,2–62,4)
Мышечная масса, %	85,5 (81,5–86,9)	86,2 (84,8–87,8)	79,5* (75,3–84,4)
Жировая масса, %	10,0 (8,5–14,3)	9,3 (7,5–10,8)	16,2* (11,1–20,7)
Висцеральный жир, кг	1,2* (0,9–1,5)	0,3 (0,1–0,5)	0,7 (0,6–0,8)
Дистальный диаметр предплечья, см	8,0 (8,5–7,0)	7,0 (8,0–6,5)	6,5 (7,5–6,0)
Вода, л	66,0 (63,8–70,1)	66,5 (65,4–72,1)	61,4 (57,9–66,9)
Основной обмен, кДж	8498* (8229–9243)	7489* (6929–7987)	5893* (5503–6476)
Индекс массы тела (ИМТ)	23,5* (22,9–25,7)	21,0 (19,6–21,8)	20,8 (18,4–21,8)
Окружность грудной клетки, см	94,0* (91,0–96,5)	86,5 (83,0–89,0)	80,5 (78,0–85,0)
Толщина кожно-жировой складки передней стенки живота, см	11,0 (6,0–19,0)	6,0* (5,0–7,5)	11,5 (10,0–14,0)
Юношей в кластере, %	100	100	8
Доля человек от выборки, % (n)	28 (78)	54 (152)	18 (50)
Интерпретация	Мужской фенотип		Женский фенотип
	Признаки макросоматического типа	Признаки мезосоматического типа	
	Схема Р.К. Дорохова и В.П. Чтецова		

Примечание: * – различия с другими кластерами достоверны ($p < 0,05$)

Note: * – differences with other clusters are significant ($p < 0,05$)

Кластеры различались, прежде всего, по ИМТ, а также по медианной массе тела и росту, которые убывали согласно росту порядкового номера кластера. Первый кластер характеризовался как большей долей мышечной ткани, так и большей долей жировой ткани, висцерального жира и ИМТ. Это позволило, согласно схеме Р.К. Дорохова и В.П. Чтецова, интерпретировать кластер 1 как группу лиц с признаками макросоматического типа конституции. Соматипирование по Р.К. Дорохову проводится путем оценки трех уровней варьирования морфологических признаков. С этой целью оцениваются: габариты обследуемого и, прежде всего, длина и масса тела, компоненты тела, их выраженность и соотношение и их пропорционные особенности [6]. Согласно логике классификации Р.К. Дорохова, кластер 2, соответственно, обладал признаками мезосоматического типа. Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что в исследуемой выборке абитуриентов военного вуза значительно снижено количество юношей с признаками микросоматического типа, в то время как их количество в обычной популяции составляет 34 % [7]. Значительное снижение доли лиц микросомного типа среди исследуемой выборки может быть связано со склонностью к нарушениям со стороны опорно-двигательного аппарата [8], развитию аритмий и малых аномалий развития сердца [9].

Поскольку представленное выше деление выборки на группы не позволило выявить варианты женского фенотипа и недостаточно характеризовало мужской фенотип, была использована более глубокая ступень кластеризации, включающей в себя составные элементы кластеров – субкластеры (табл. 2). Субкластеры маркировали буквами латинского алфавита.

Таблица 2. Основные антропометрические показатели и компонентный состав тела для подгрупп, выделенных при помощи кластерного анализа из массива абитуриентов военного вуза
Table 2. Main anthropometric indicators and body composition for subgroups identified using cluster analysis from the array of military university entrants

Исследуемые параметры	Кластерная структура (кластеры и субкластеры)						
	1		2			3	
	A	B	A	B	C	A	B
1	2	3	4	5	6	7	8
Рост, см	186 (180–189)	182 (179–185)	184* (182–186)	174 (170–177)	174 (170–180)	167 (166–171)	164 (164–168)
Масса, кг	91,9* (91,8–92,8)	74,6 (71,3–79,9)	71,8* (70–76,95)	61,9 (59,1–63,8)	61,2 (57,6–67,1)	62,5* (62,3–63,1)	51,4 (46,1–54,0)
Мышечная масса, %	77,6* (77,3–79,8)	85,5 (83,0–87,5)	84 (83,0–84,8)	85,9 (85,3–86,9)	89,7 (86,9–90,1)	82,0 (75,1–82,6)	77,0 (75,4–84,5)
Жировая масса, %	18,4* (16,0–18,7)	10,0 (7,9–12,6)	11,7 (10,8–12,6)	9,6 (8,4–10,1)	5,7 (5,1–8,6)	13,5 (13,0–20,8)	18,9 (11,0–20,5)
Висцеральный жир, кг	1,4 (0,6–2,2)	1,1 (0,9–1,3)	0,2 (0–0,4)	0,2 (0–0,4)	1,0* (0,8–1,2)	0,8 (0,6–1,0)	0,6 (0,4–0,8)
Дистальный диаметр предплечья, см	8,0 (7,5–8,5)	7,5 (7,0–8,0)	7,5 (7,0–8,0)	6,5 (6,0–7,0)	7,0 (6,5–7,5)	7,0 (6,5–7,5)	6,5 (6,0–7,0)
Вода, л	60,2* (59,7–61,4)	68,5 (65,6–70,4)	64,7 (64,05–65,3)	66,3 (65,8–67,0)	73,3* (70,9–74,7)	63,3 (58,3–66,2)	59,4 (57,8–66,5)
Основной обмен, кДж	9816* (9552–10050)	8422 (8196–8803)	8213* (8063–8833)	7305 (6983–7536)	7078 (6729–7776)	6849* (6351–6996)	5561 (5301–5818)
ИМТ	26,9* (25,7–28,4)	23,3 (22,1–23,5)	22,1 (20,9–22,6)	21,25 (19,2–21,6)	20,25 (19,7–21,5)	22,3* (21,6–22,7)	18,5 (18,1–19,6)
Окружность грудной клетки, см	104,5* (96,0–104,5)	92,0 (91,0–94,5)	90,0* (88,0–92,5)	84,0 (82,0–87,5)	85,5 (84,0–89,0)	85,0* (85,0–87,0)	78,5 (76,0–80,0)

1	2	3	4	5	6	7	8
Толщина кожно-жировой складки передней стенки живота, см	27,0* (23,0–37,0)	6,0 (5,0–13,0)	8,0* (6,5–9,5)	5,0 (4,5–6,0)	6,0 (5,5–7,0)	13,0 (12,0–16,0)	10,0 (9,5–12,5)
Юношей в субкластере, %	100	100	100	100	100	100	14
Доля чловек от кластера, % (n)	28 (22)	72 (56)	30 (46)	38 (57)	32 (49)	42 (21)	58 (29)
Интерпретация	Признаки гиперстенического типа	Признаки нормостенического типа	Признаки дигестивного типа	Признаки мезотонического (грудно-мышечного) типа	Признаки мускульного типа	Признаки мегалосомного, атлетического и субатлетического типов	Признаки стенопластического типа
	Классификация Чернооружского		Схема конституциональных типов Бунака		Женские конституции И.Б. Галанта		

Примечание: * – различия с другими субкластерами одного кластера достоверны ($p < 0,05$)

Note: * – differences with other subclusters of the same cluster are significant ($p < 0,05$)

Кластер 1 был сформирован двумя субкластерами. Субкластер 1А включал в себя 28 % представителей кластера 1, а субкластер В – 72 %. Эти субкластеры характеризовались одинаковым ростом, но значительно различались по другим параметрам. Окружность грудной клетки, ИМТ, доля жира и висцерального жира, толщина кожно-жировой складки передней стенки живота, как и масса тела, была выше в субкластере 1А. Субкластер 1В характеризовался более высокими значениями доли мышечной ткани и воды. Согласно литературным данным, гиперстеники обладают длинным и плотным туловищем, плечи широкие, короткой и широкой грудной клеткой, скелетные мышцы хорошо развиты [6]. Это позволило использовать классификацию Чернооружского для характеристики этих субкластеров: гиперстенический – 1А и нормостенический – 1В.

Исследуемые параметры коррелировали между собой, формируя две группы корреляций. В-первых, группа корреллопар с достоверной сильной корреляционной связью, наблюдаемой во всех исследуемых субкластерах. Это такие корреллопары, как вода (%) – доля мышечной массы ($\tau = 0,6-1,0$); вода (%) – доля жировой массы ($\tau = -0,6-1,0$); основной обмен – масса тела ($\tau = 0,8-1,0$). Второй тип корреляций специфичен для каждого субкластера.

Для субкластера 1А (гиперстенический) специфическими корреляциями стала связь между основным обменом и долей мышечной массы ($\tau = 1$, $p < 0,05$), жировой массы ($\tau = -1$, $p < 0,05$) и массой висцерального жира ($\tau = -0,8$, $p < 0,05$). Для субкластера 1А (нормостенический) специфическими корреляциями стала связь между массой и длиной тела ($\tau = 0,6$, $p < 0,05$), что указывает на пропорциональное телосложение, а также корреляция между окружностью грудной клетки и долей мышечного ($\tau = -0,6$, $p < 0,05$) и жирового компонентов ($\tau = 0,6$, $p < 0,05$).

Кластер 2 был сформирован тремя субкластерами. Субкластер 2А включал в себя 30 % представителей кластера 2, субкластер В – 38 %, а субкластер С – 32 %. Отличительной особенностью субкластера 2А стал высокий медианный рост – 184 см, к примеру медианный рост представителей субкластера 1В – 182 см. Это делает разграничение между первым и вторым кластером по росту неэффективным. С другой стороны, медианная масса тела в субкластерах 2А, 2В и 2С составляет 71,8; 61,9 и 61,2 кг. В то время как представители субкластеров 1А и 1В имеют медианную массу 91,9 и 74,6, соответственно, то есть элементы разных кластеров по массе тела не пересекаются, чего нельзя сказать про средний рост. Последнее делает межкластерную классификацию по массе тела более эффективной.

Самый высокий процент мышечной массы среди элементов кластера 2 характерен для субкластера 2С, для него же характерны самые высокие показатели воды и висцерального жира. В то же время субкластер 2С характеризуется самыми низкими показателями массы тела, ИМТ и доли жировой

массы, и толщины подкожно-жировой складки передней брюшной стенки. Субкластер А, наоборот, характеризуется высокими показателями ИМТ, массы тела, толщины подкожно-жировой складки передней брюшной стенки, доли жировой массы и дистального диаметра предплечья, а также самыми низкими показателями доли мышц. Это позволило использовать конституциональную схему В.В. Бунака [6] для характеристики этих субкластеров как дигестивный – 2А (значительное развитие костного и жирового компонента) и мускульный – 2С.

Согласно классификации В.В. Бунака, брюшной, дигестивный тип отличается конической формой грудной клетки, выпуклым животом, большим жиротложением, среднеразвитой мускулатурой. Мускульный тип имеет цилиндрическую форму грудной клетки, крепкий прямой живот, хорошо развитые мышцы, умеренное жиротложение. Грудной тип характеризуется плоской формой грудной клетки слабой мускулатурой, малым жиротложением и узкой спиной, что могло послужить снижением количества представителя этого типа в исследуемой выборке.

В субкластере 2А (дигестивном) была выявлена достоверная корреляционная связь между окружностью грудной клетки и следующими параметрами: масса тела ($\tau = 0,6$, $p < 0,05$), долей мышечной компоненты ($\tau = -0,7$, $p < 0,05$), долей жировой компоненты ($\tau = 0,7$, $p < 0,05$), основным обменом ($\tau = 0,5$, $p < 0,05$), и долей воды в теле абитуриентов военного вуза ($\tau = -0,7$, $p < 0,05$). В субкластере 2С (мускульном) окружность грудной клетки коррелировала только с массой тела ($\tau = 0,6$, $p < 0,05$), связь с жировой и мышечной компонентной была недостоверной ($p > 0,05$). Выявленные закономерности отражают принципы организации дигестивного и мускульного соматотипов [10]. В субкластере 2В специфических корреляций обнаружено не было.

Субкластер 2В наиболее близок по своим показателям к субкластеру 2С (мускульный тип). Для этих двух групп совпадают медианные значения роста, массы тела, окружности грудной клетки. Вместе с тем кластер 2В характеризуется чуть большим развитием показателей жировой ткани чем субкластер 2С (мускульный), однако эти показатели не приближаются к значениям субкластера 2А (дигестивный). Вышесказанное характерно для таких показателей, как доля жировой ткани, ИМТ. В то же время медианная толщина кожно-жировой складки передней стенки живота, висцеральный жир, дистальный диаметр плеча, доля мышечных тканей у представителей субкластера 2В меньше значений аналогичных показателей субкластера А. Вышеперечисленные факты демонстрируют черты мезотонического (грудномускульного) типа у субкластера 2В.

Кластер 3 был сформирован двумя субкластерами. Субкластер 3А включал в себя 42 % представителей кластера 3 и был представлен исключительно девушками, а субкластер 3В состоял из девушек только на 86 % и составлял 52 % от кластера 3. Отличительной особенностью субкластера 3А были высокие рост, масса тела, ИМТ, доля мышечного компонента, воды и окружность грудной клетки, что позволило отнести эти особенности к мегалосомным атлетическому и субатлетическому типам, согласно схеме И.Б. Галанта [11]. Субкластер 3В характеризовался большими показателями доли жирового компонента тела, это позволило рассматривать особенности этого субкластера как признаки стенопластического типа.

Специфическими корреляциями для субкластера 3А стала связь между длиной тела и массой тела ($\tau = 0,8$, $p < 0,05$) и основным обменом ($\tau = 0,8$, $p < 0,05$). Для субкластера 3В такими корреляционными стали ИМТ и доля мышечного компонента ($\tau = -0,65$, $p < 0,05$), ИМТ и доля жирового компонента ($\tau = 0,75$, $p < 0,05$).

Исследования других авторов, как и представленное, выявили параллелизм между результатами кластерного анализа и существующими схемами соматотипирования, такими как соматотипирование по Р.К. Дорохову и В.П. Чтецову [12], макросоматический, мезосоматический и микросоматический типы [13]. Также результаты кластерного анализа подтверждают выявленные в исследовании особенности корреляционной структуры выделенных субкластеров, отражающей их медико-биологическую интерпретацию. От правильного выбора схемы определения соматического типа человека зависит решение поставленных перед исследователем задач, например, выявление склонности к тем или иным заболеваниям или биохимические особенности метаболизма [14].

Заключение. Кластерный анализ представляет собой эффективный инструмент для интеграции уже известных схем соматотипирования с целью адаптации их к конкретной выборке, сформированной под влиянием сильных внешних факторов. Это позволяет сменить парадигму конституциологии – от поиска и разработки универсальной методики соматотипирования [15] к созданию алгоритмов компиляции наиболее успешных схем для решения специфических задач классификации конкретной выборки.

Относительно абитуриентов военных вузов наиболее эффективным оказалось деление на основании индекса массы тела, массы, длины тела и пола на мужской макросоматический фенотип,

мужской мезосоматический фенотип и женский фенотип. Вероятно, в результате работы военно-врачебных комиссий по отбору практически здоровых лиц происходит значительное снижение доли абитуриентов военного вуза микросоматического соматотипа. Последующая кластеризация на основании доли мышечной и жировой ткани, висцерального жира, дистального диаметра предплечья как показателя развития костной ткани, индекса массы тела и толщины кожно-жировой складки передней стенки живота позволяет выделить следующие подгруппы абитуриентов военного вуза, прошедших профессиональный отбор:

1. Мужской макросоматический фенотип с гиперстеническими признаками.
2. Мужской макросоматический фенотип с нормостеническими признаками.
3. Мужской мезосоматический фенотип с дигестивными признаками.
4. Мужской мезосоматический фенотип с мезотоническими признаками.
5. Мужской мезосоматический мускульный фенотип.
6. Женский мегалосомный атлетический и субатлетический фенотип.
7. Женский стенопластический фенотип.

Дальнейшие усилия авторов будут направлены на исследование особенностей адаптации к обучению в военном вузе, определение соматотипов и индивидуализацию педагогических мероприятий.

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

1. Гайворонский И. В., Семенов А. А., Криштоп В. В. Сравнительная гендерная характеристика физического развития абитуриентов военной образовательной организации по данным корреляционного анализа // Журнал анатомии и гистопатологии. 2022. Т. 11, № 3. С. 16–22. doi: 10.18499/2225-7357-2022-11-3-16-22.
2. Чаплыгина Е. В., Аксенова О. А., Вартанова О. Т., Нор-Аревян К.А., Евтушенко А. В. Современные представления о конституции человека и ее значение для медицины // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14640>.
3. Криштоп В. В. Оценка морфометрических характеристик структурно-функциональных элементов щитовидной железы при влиянии динамической и статической физических нагрузок с применением комплекса статистических методик // Успехи современного естествознания. 2006. № 5. С. 26–30.
4. Dehesa-Santos A., Iber-Diaz P., Iglesias-Linares A. Genetic factors contributing to skeletal class III malocclusion : a systematic review and meta-analysis // Clin. Oral. Investig. 2021. Vol. 25, no. 4. P. 1587–1612. doi: 10.1007/s00784-020-03731-5.
5. Chrishtop V. V., Tomilova I. K., Rumyantseva T. A. Mikhaylenko E. V., Avila-Rodriguez M. F., Mikhaleva L. M., Nikolenko V. N., Somasundaram S. G., Kirkland C. E., Bachurin S. O., Aliev G. The Effect of Short-Term Physical Activity on the Oxidative Stress in Rats with Different Stress Resistance Profiles in Cerebral Hypoperfusion // Molecular Neurobiology. 2020. Vol. 57, no. 7. P. 3014–3026. doi: 10.1007/s12035-020-01930-5.
6. Ткачук М. Г., Олейник Е. А., Дюсенова А. А. Спортивная морфология : учебник / НГУ им. П. Ф. Лесгафта. СПб., 2019. 290 с.
7. Козлова, А. П., Суботьялов М. А. Морфофункциональные особенности мальчиков в зависимости от соматотипа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7 (73), № 1. С. 75–82.
8. Чаплыгина Е. В., Сикоренко Т. М. Особенности соматотипа детей с идиопатическим сколиозом // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2010. № 6–1 (76). С. 113–117.
9. Галактионова М. Ю. Индивидуально-типологическая характеристика нарушений ритма и проводимости сердца у детей // Вестник СурГУ. Медицина. 2012. № 4 (14). С. 16–20.
10. Пашкова И. Г., Гайворонский И. В., Никитюк Д. Б. Соматотип и компонентный состав тела взрослого человека. СПб. : СпецЛит, 2019. 159 с.

11. Сакибаев К. Ш., Никитюк Д. Б., Нуруев М. К., Кошунбаев А. М., Сакибаева А. К., Асанбек К. К., Эргешова А. М., Максимова К. З. Конституциональные группы у женщин кыргызской популяции // Клинико-морфологические аспекты фундаментальных и прикладных медицинских исследований : мат-лы международной научной конференции (Воронеж, 19 марта 2021 г.) / редколлегия : Н. Т. Алексеева [и др.]. Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2021. С. 197–203.
12. Казакова Т. В., Колоскова Т. П., Фелелова Ю. А. Использование кластерного анализа в изучении общей Конституции юношей // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 2. С. 116–118.
13. Зайцев А. А. Соматодиагностика и кластерный анализ в подготовке футболистов тренировочных групп // Современные тенденции развития теории и методики физической культуры, спорта и туризма : мат-лы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Малаховка, 23–24 мая 2019 г.) / Министерство спорта Российской Федерации, Московская государственная академия физической культуры, Союз биатлонистов России. Малаховка : Московская государственная академия физической культуры, 2019. С. 134–138.
14. Демкин А. Д., Овчинников Д. В., Юсупов В. В., Кравченко Ю. В., Фетцова Л. Н. Психологические особенности медицинского персонала и курсантов (студентов) в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки // Известия Российской военно-медицинской академии. 2020. Т. 39, № 2. С. 55–60.
15. Гайворонский И. В. Нормальная анатомия человека : учебник для медицинских вузов. СПб. : СпецЛит, 2003. 560 с.

References

1. Gaivoronsky I. V., Semenov A. A., Crishtop V. V. Comparative gender characteristics of physical development of applicants of military educational organization according to correlation analysis data. Zhurnal anatomii i gistopatologii = Journal of Anatomy and Histopathology. 2022; 11 (3): 16–22. doi: 10.18499/2225-7357-2022-11-3-16-22. (In Russ.).
2. Chaplygina E. V., Aksenova O. A., Vartanova O. T., Nor-Arevyan K.A., Yevtushenko A.V. Modern ideas about the human constitution and its significance for medicine. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education. 2014; (5). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14640>. (In Russ.).
3. Kryshtop V. V. Assessment of morphometric characteristics of structural and functional elements of the thyroid gland under the influence of dynamic and static physical exertion using a set of statistical techniques. Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya = Successes of modern natural science. 2006; (5): 26–30. (In Russ.).
4. Dehesa-Santos A, Iber-Diaz P, Iglesias-Linares A. Genetic factors contributing to skeletal class III malocclusion: a systematic review and meta-analysis. Clin. Oral. Investig. 2021; 25 (4): 1587–1612. doi: 10.1007/s00784-020-03731-5.
5. Khrishtop V. V., Tomilova I. K., Rummyantseva T. A., Mikhaylenko E. V., Avila-Rodriguez M. F., Mikhaleva L. M., Nikolenko V. N., Somasundaram S. G., Kirkland C. E., Bachurin S. O., Aliev G. The Effect of Short-Term Physical Activity on the Oxidative Stress in Rats with Different Stress Resistance Profiles in Cerebral Hypoperfusion. Molecular Neurobiology. 2020; 57 (7): 3014–3026. doi: 10.1007/s12035-020-01930-5.
6. Tkachuk M. G., Oleinik E. A., Dyusenova A. A. Sports morphology. Textbook: NSU named after P.F. Lesgaft, Saint Petersburg, 2019. 290 p. (In Russ.).
7. Kozlova A. P., Subotyalov M. A. Morphofunctional features of boys depending on the somatotype. Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya = Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. 2021; 7 (73), (1): 75–82. (In Russ.).
8. Chaplygina E. V., Sikorenko T. M. Features of the somatotype of children with idiopathic scoliosis. Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk = Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences. 2010; (6-1(76)): 113–117. (In Russ.).
9. Galaktionova M. Yu. Individual typological characteristics of heart rhythm and conduction disorders in children. Vestnik SurGU. Medicina = Bulletin of SurGU. Medicine. 2012; (4(14)): 16–20. (In Russ.).
10. Pashkova, I. G., Gaivoronsky I. V., Nikityuk D. B. Somatotype and component composition of the adult human body. Saint Petersburg: “SpetsLit”; 2019. 159 p.
11. Sakibaev K. Sh., Nikityuk D. B., Nuruev M. K., Koshunbaev A. M., Sakibaeva A. K., Asanbek K. K., Ergeshova A. M., Maksimova K. Z. Constitutional groups in women of the Kyrgyz population. Clinical and morphological aspects of fundamental and applied medical research: Materials of the International scientific conference, Voronezh, March 19, 2021 / Editorial Board: N.T. Alekseeva [et al.]: Voronezh: Publishing and Printing Center “Scientific Book”; 2021: 197–203. (In Russ.).
12. Kazakova, T. V., Koloskova T. P., Fefelova Yu. A. The use of cluster analysis in the study of the general constitution of young men. Vestnik novyh medicinskih tekhnologij = Bulletin of New Medical Technologies. 2011; 18 (2): 116–118. (In Russ.).
13. Zaitsev A. A. Somatodiagnostics and cluster analysis in the preparation of football players of training groups. Modern trends in the development of theory and methodology of physical culture, sports and tourism: materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Malakhovka, May 23-24, 2019 / Ministry of Sports of the Russian Federation, Moscow State Academy of Physical Culture, Russian Biathlon Union. Malakhovka: Moscow State Academy of Physical Culture; 2019. 134–138. (In Russ.).

14. Demkin A. D., Ovchinnikov D. V., Yusupov V. V., Kravchenko Yu. V., Fettsova L. N. Psychological features of medical personnel and cadets (students) in an unfavorable epidemiological situation *Izvestiya Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii* = News of the Russian Military Medical Academy. 2020; 39 (2): 55–60. (In Russ.).

15. Gaivoronsky I. V. Normal human anatomy: Textbook for medical universities. Saint Petersburg: SpetsLit; 2003. 560 p. (In Russ.).

Информация об авторах

А.А. Семенов, кандидат медицинских наук, докторант Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова; доцент кафедры морфологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: semfeodosia82@mail.ru.

И.В. Гайворонский, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной анатомии, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова; заведующий кафедрой морфологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: i.v.gaivoronsky@mail.ru.

В.В. Криштон, кандидат медицинских наук, доцент кафедры морфологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: chrishtop@mail.ru.

Information about the authors

A.A. Semenov, Cand. Sci. (Med.), doctoral student, S.M. Kirov Military Medical Academy; Associate Professor of Department, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: semfeodosia82@mail.ru.

I.V. Gayvoronskiy, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department, S.M. Kirov Military Medical Academy; Head of Department, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: i.v.gaivoronsky@mail.ru.

V.V. Krishtop, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of Department, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: chrishtop@mail.ru.*

* Статья поступила в редакцию 18.11.2022; одобрена после рецензирования 05.12.2022; принята к публикации 27.03.2023.

The article was submitted 18.11.2022; approved after reviewing 05.12.2022; accepted for publication 27.03.2023.