

КОРРЕЛЯЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ИНДЕКСОМ МАССЫ ТЕЛА И ВЕЛИЧИНОЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Муслов С.А.¹, Зайцева Н.В.¹, Корнеев А.А.¹, Синицын А.А.¹

¹ГБОУ ВПО Московский государственный медико-стоматологический университет (МГМСУ) им. А.И. Евдокимова Минздрава РФ, Москва, e-mail: muslov@mail.ru

Описаны результаты исследования взаимосвязей индекса массы тела (ИМТ) с показателями артериального кровяного давления среди студентов МГМСУ им. А.И. Евдокимова. Опрос респондентов в группах проводился анонимно (n=265), затем данные подвергались статистической обработке. При расчете доли лиц в процентах, образующих ту или иную категорию, применяли критерии Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Были определены средние значения и выборочные доверительные интервалы индекса массы тела ($21,66 \pm 0,40$ кг/м²), систолического ($116,75 \pm 1,73$ мм рт. ст.) и диастолического артериального давления ($71,46 \pm 1,15$ мм рт. ст.) Данные представлялись также в виде кривых Гаусса и диаграмм «box and whiskers». Получены регрессионные зависимости индекса массы тела от артериального давления $СД = 77,11 + 1,83 \text{ ИМТ}$ (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,18$) и $ДД = 67,75 + 0,004 \text{ ИМТ}$ ($R^2 = 0,03$). Установлена сила корреляционной связи: слабая ($r = 0,43$) для переменных (ИМТ, СД) и очень слабая ($r = 0,06$) для величин (ИМТ, ДД). Изучена сила связи (ИМТ, АД=СД, ДД) в отдельно взятых категориях ИМТ. Выявлена сильная (ИМТ, АД) и средней силы (ИМТ, ДД) связь между ИМТ и АД среди лиц с ожирением. Обнаружена отрицательная корреляция между ИМТ и ДД в данной категории ($p > 0,05$), что весьма интересно и требует дополнительного исследования.

Ключевые слова: индекс массы тела, артериальное давление

CORRELATION STUDY OF STATISTICAL RELATIONSHIP BETWEEN BODY MASS INDEX AND ARTERIAL PRESSURE VALUE

Muslov S.A.¹, Zaytseva N.V.¹, Korneev A.A.¹, Sinitsyn A.A.¹

¹Evdokimov Moscow State Medical Stomatological University, Moscow, e-mail: muslov@mail.ru

The body mass index and the strength of the relationship of its magnitude with blood pressure indicators among students of the A.I. Evdokimov Moscow State Medical and Stomatological University. The survey of respondents in the groups was conducted anonymously, then the data were subjected to statistical processing (n = 265). When calculating the percentage of individuals in % forming one or another category, WHO criteria were applied. The mean and confidence interval for body mass index (21.66 ± 0.40 kg/m²), systolic (116.75 ± 1.73 mm Hg) and diastolic blood pressure (71.46 ± 1.15 mm Hg) were calculated. Data was also presented in the form of «box and whiskers» diagrams. The regression dependences of body mass index on blood pressure were obtained $SP = 77.11 + 1.83 \text{ BMI}$ (accuracy of approximation $R^2 = 0.18$), $DP = 67.75 + 0.004 \text{ BMI}$ ($R^2 = 0.03$). A bond strength was established: weak ($r = 0.43$) for variables (BMI, SP) and very weak ($r = 0.06$) for categories (BMI, DP). The strength of the correlation relationship (BMI, AP = SP, DP) in individual categories of BMI was studied. Revealed a strong (BMI, SP) and medium strength (BMI, DP) connection between BMI and blood pressure among people with obesity. Moreover, it was found that the correlation between BMI and DP is negative ($p > 0.05$), which is very interesting and requires additional study.

Keywords: body mass index, arterial blood pressure

Наибольшей популярностью среди весо-ростовых антропометрических показателей пользуется индекс Кетле, или индекс массы тела (ИМТ), рассчитываемый как отношение массы тела в килограммах к квадрату длины тела в метрах: $\text{ИМТ} = \text{Масса тела, кг} / (\text{Длина тела, м})^2$. Широкое использование индекса массы тела обусловлено простотой и доступностью измерений [1]. Многочисленные исследования показали, что отклонение ИМТ от нормальных значений связано с увеличением риска заболеваемости и смертности. В России больше половины женщин и мужчин старше 30 лет страдают избытком веса, около

трети – ожирением. В США на основании обследования 400 тыс. пациентов [2] рассчитали, что «персонализированный оптимальный ИМТ», при котором шансы умереть являются минимальными, равен приблизительно 26 кг/м². Согласно докладу американского Объединенного национального комитета по предупреждению, выявлению, оценке и лечению высокого артериального давления JNC8, величина ИМТ должна быть менее 25.

При обследованиях больных ожирением ИМТ считается пятым основным показателем жизнедеятельности организма наряду с кровяным артериальным давлением (АД), частотой сердечных сокращений, частотой дыхания и температурой тела [3]. Также представляет интерес изучение связей между величиной ИМТ пациентов и другими клиническими показателями здоровья. В [4] непараметрическим методом ранговой корреляции Спирмена проведен тщательный анализ взаимосвязи АД, индекса массы тела и критериев качества жизни (КЖ) у практически здоровых лиц юношеского возраста. В результате установлено, что в группе лиц юношеского возраста показатели физического и психологического здоровья как факторы, отражающие КЖ, находятся в прямых или обратных корреляционных связях с ИМТ и давлением и зависят от уровня отклонения массы тела и АД от нормативных величин. Однако связь АД и ИМТ в данной работе не исследовалась.

Цель исследования: определить силу связи значения ИМТ с показателями АД среди студентов МГМСУ им. А.И. Евдокимова.

Материалы и методы исследования. Путем опроса 265 лиц юношеского возраста в возрасте от 18 до 25 лет (190 девушек и 75 юношей) – студентов 1-го и 2-го курсов лечебного и стоматологического факультетов МГМСУ – была создана база данных по значениям ИМТ и величинам систолического (СД) и диастолического (ДД) артериального давления (АД). Каждый студент при опросе сообщал значения массы своего тела в килограммах и роста в метрах, величина артериального давления в миллиметрах ртутного столба измерялась электронным тонометром AND UB-505 на запястье. Опрос и обследование респондентов в группах проводились во 2-й половине дня, анонимно; факторы, влияющие на психоэмоциональное напряжение, исключались. Затем данные обрабатывали в программе Excel Microsoft Office. В этом приложении связь между двумя множествами данных определялась путем расчета ковариации (среднего произведений отклонений) для каждой пары точек данных:

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$
. Коэффициент корреляции подсчитывался по формуле
$$r_{x,y} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$
. Степень значимости корреляции вычислялась

по значению коэффициента Стьюдента $t = \frac{r}{m_r}$, где $m_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}$ – ошибка корреляции.

В соответствии с рекомендациями ВОЗ использовали следующую интерпретацию показателей ИМТ [5] (табл. 1).

Таблица 1

Шкала ИМТ по критериям ВОЗ

Индекс массы тела, кг/м ²	Соответствие между массой человека и его ростом
16 и менее	Выраженный дефицит массы тела
16–18,50	Недостаточная (дефицит) масса тела
18,50–24,99	Норма
25–30	Избыточная масса тела (предожирение)
30–35	Ожирение первой степени
35–40	Ожирение второй степени
40 и более	Ожирение третьей степени

Результаты исследования и их обсуждение. Доверительный интервал ИМТ на уровне значимости 0,05 составил $21,66 \pm 0,40$ кг/м² со средним значением ИМТ несколько большим, чем в предыдущие годы: $21,53 \pm 0,62$ (2018) и $(21,63 \pm 0,62)$ кг/м² (2017) [6], однако по данным ВОЗ (табл. 1) находится в пределах нормы. Тенденция увеличения среднего значения ИМТ невелика, но соответствует увеличению средней массы одного студента на 0,96 кг за год (в предположении неизменного среднего роста).

Среди всех опрошенных выраженный дефицит массы тела был выявлен у 2 респондентов (0,75%), недостаточная (дефицит) масса тела – у 37 (13,96%), норма – у 188 (70,94%), избыточная масса тела (предожирение) – у 33 (12,45%), ожирение (первой степени) – у 5 (1,89%). Молодых людей с ожирением второй и третьей степени среди обследованных не оказалось (рис. 1). Данные представлены в соответствии с классификацией ВОЗ.

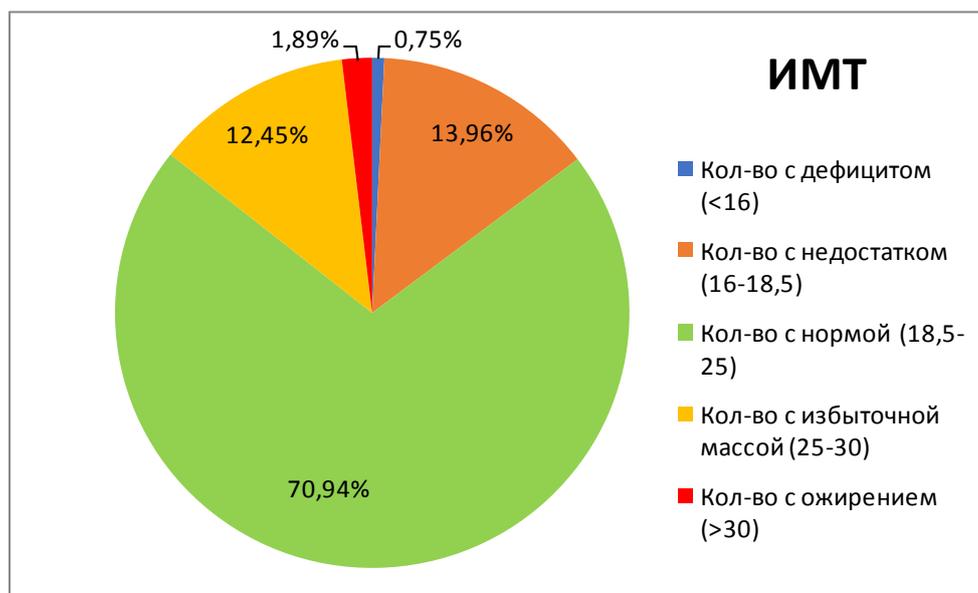


Рис. 1. Доля лиц в % с различным ИМТ в соответствии с критериями ВОЗ

Считая распределение ИМТ нормальным, мы рассчитали параметры: математическое ожидание μ , среднеквадратичное отклонение σ и дисперсия σ^2 : 21,22; 3,13 и 9,81 соответственно. Это позволило определить функцию плотности вероятности и построить кривую Гаусса для распределения. Кроме того, полученные данные были представлены в виде диаграммы «box and whiskers».

Аналогичные описательные действия были выполнены относительно значений АД студентов (рис. 2, 3). Различали следующие наиболее широко используемые категории АД: гипотония (СД менее 100 и ДД менее 60 мм рт. ст.), оптимальное давление (менее 119 и 79 мм рт. ст.), нормальное, в том числе высокое нормальное давление (не больше 139 и 89 мм рт. ст.), гипертония различной степени (выше 140 на 90 мм рт. ст.).

В результате первичной обработки данных доверительные интервалы ($p=0,05$) по видам АД составили: для СД $116,75 \pm 1,73$ и ДД $71,46 \pm 1,15$ мм рт. ст. соответственно.

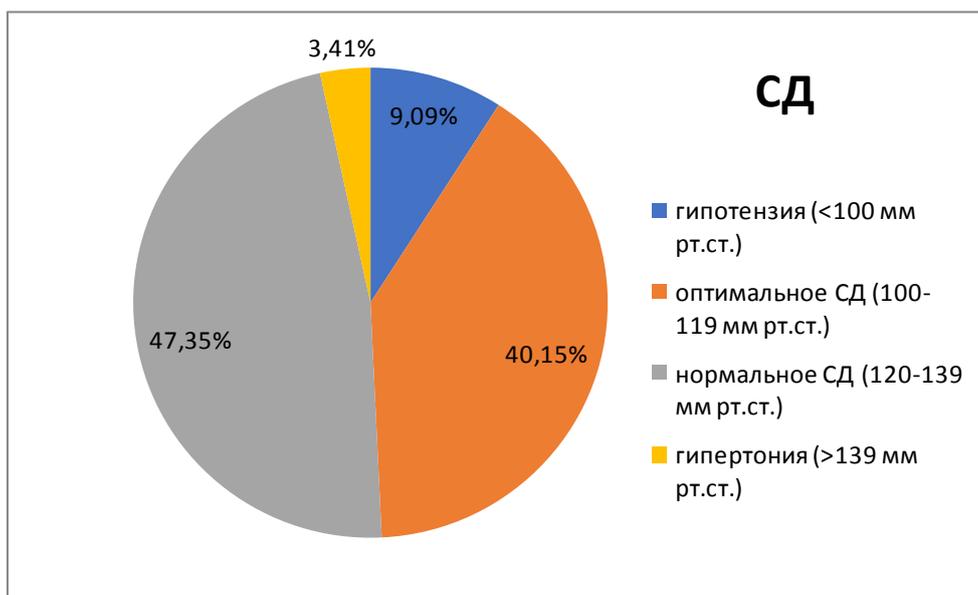


Рис. 2. Доля лиц в % с различным систолическим давлением

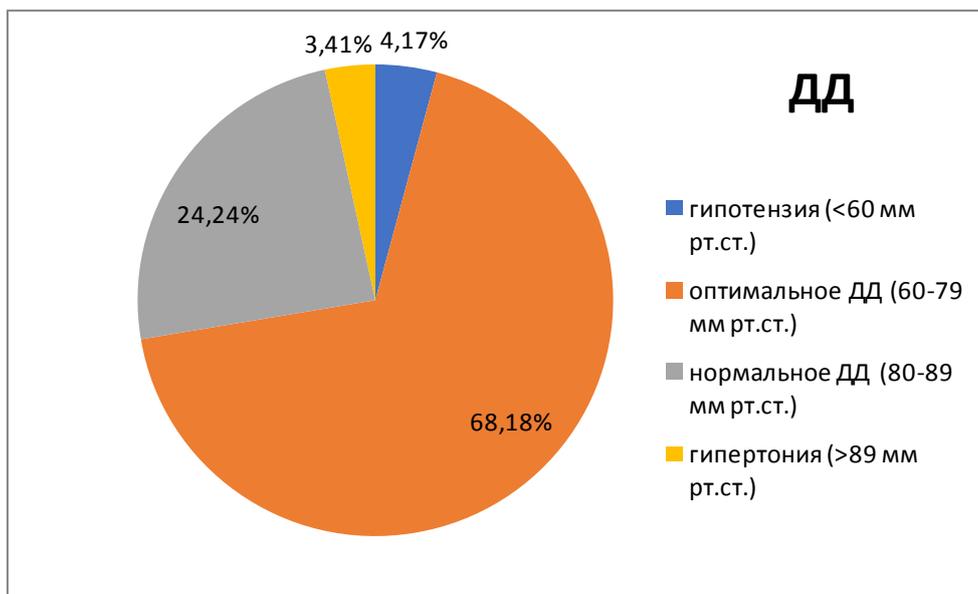


Рис. 3. Доля лиц в % с различным диастолическим давлением

Были также изучены доли студентов с тем или иным АД. Как видно из рисунков 2 и 3, доля студентов с оптимальным давлением выше почти на 30% исходя из данных по диастолическому (68,18%), чем по систолическому давлению (40,15%). Соответственно доля опрошенных с нормальным давлением по данным мониторинга диастолического давления (24,4%) меньше примерно на 25%, чем по результатам измерения систолического давления (47,35%). Эти различия весьма интересны с физиологической и клинической точек зрения. Как известно, уровень артериального давления является весьма важным гемодинамическим показателем, значительное снижение или повышение которого влияет на качество жизни и является фактором риска развития ряда опасных заболеваний сердечно-сосудистой системы,

в частности инфарктов и инсультов [4].

Исследования наличия и силы связи между ИМТ и АД дали следующие результаты. Для всей совокупности студентов ИМТ и АД оказались связаны между собой следующими регрессионными зависимостями (рис. 4, 5): $СД=77,11+1,83ИМТ$ (достоверность аппроксимации $R^2=0,18$), $ДД=67,75+0,004ИМТ$ ($R^2=0,03$), что вполне ожидаемо ($dСД/dИМТ>0$ и $dДД/dИМТ>0$). Соответствующая сила связи: слабая ($r=0,43$) для переменных (ИМТ, СД) и очень слабая ($r=0,06$) для данных (ИМТ, ДД). Тем не менее установленные количественные взаимосвязи позволяют говорить об индексе массы тела как о факторе риска снижения физического здоровья.

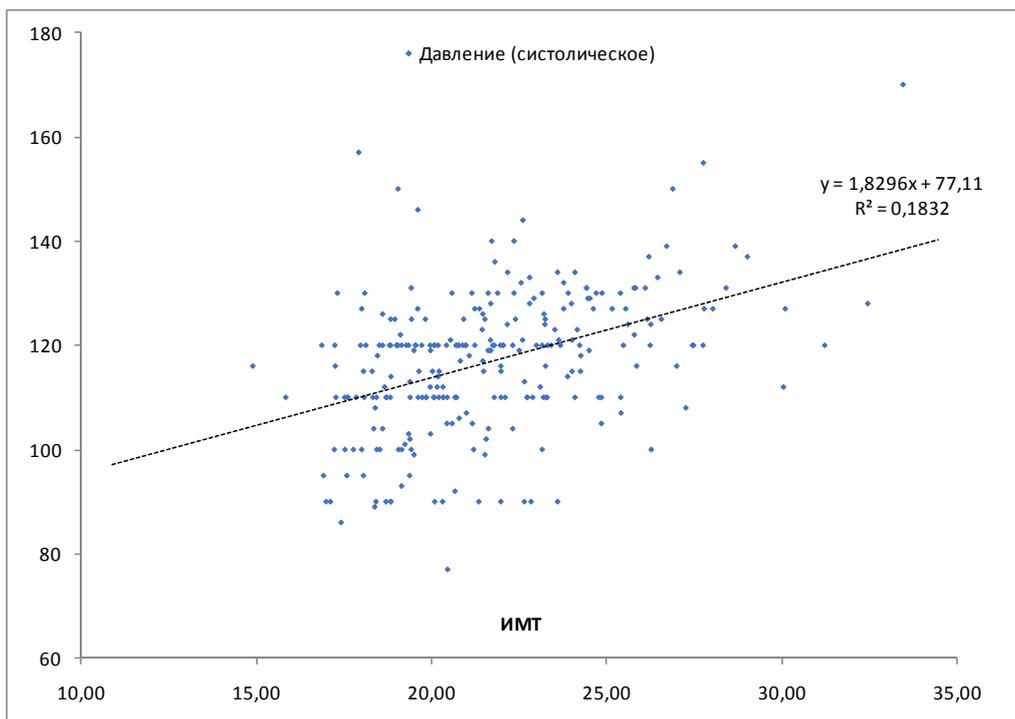


Рис. 4. График зависимости систолического давления от значений ИМТ

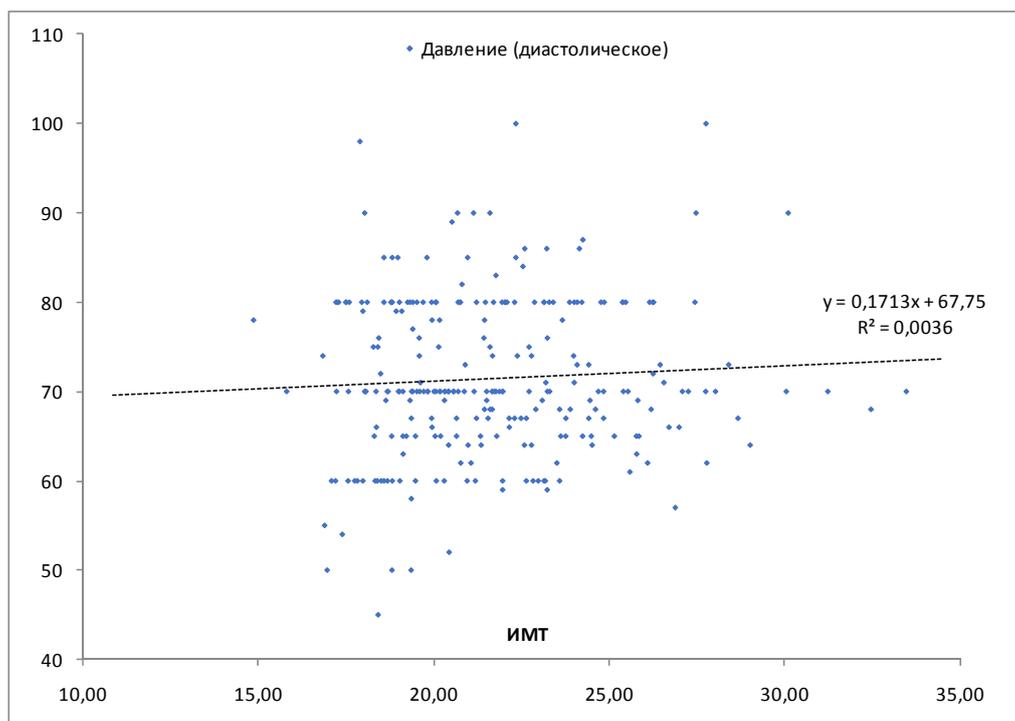


Рис. 5. График зависимости диастолического давления от значений ИМТ

Кроме того, мы изучили тесноту корреляционной связи (ИМТ, АД=СД, ДД) в отдельно взятых категориях ИМТ. В результате был установлен весьма изменчивый характер взаимосвязи индекса массы тела и показателей артериального давления – коэффициент корреляции значительно изменялся от категории к категории ИМТ (табл. 2), монотонно увеличиваясь для переменных (ИМТ, СД) и уменьшаясь для переменных (ИМТ, ДД).

Таблица 2

Исследование корреляции (ИМТ, АД) в категориях ИМТ

Показатели	ИМТ				
	<16 кг/м ² (дефицит массы)	16–18,5 кг/м ² (недостаток массы)	18,5–25 кг/м ² (норма)	25–30 кг/м ² (избыточная масса)	ИМТ >30 кг/м ² (ожирение)
Корреляция между ИМТ и СД	–	0,125466518	0,262268*	0,330608875*	0,8185008*
Корреляция между ИМТ и ДД	–	0,076111816	0,05495676	0,054861159	–0,5305839

Примечание: * – $p \leq 0,05$.

Оказалось, что в группе обследованных с недостаточным и нормальным ИМТ связь (ИМТ, СД) по шкале Чеддока весьма слабая (коэффициенты корреляции 0,13 и 0,26 ($p \leq 0,05$) соответственно), и ее можно не принимать в расчет. В то же время она средней силы (0,33;

$p \leq 0,05$) в категории студентов с избыточной массой, и имеет место сильная связь между ИМТ и СД среди студентов с ожирением ($0,82$; $p \leq 0,05$). Это говорит о том, что катастрофическое отклонение индекса массы тела от нормы в большую сторону достоверно повышает артериальное систолическое давление. Что касается силы связи между ИМТ и ДД – она крайне слабая (от $0,05$ до $0,07$) во всех категориях ИМТ, за исключением контингента студентов с ожирением, где установлено, что она является умеренной ($-0,53$; $p > 0,05$). Как видно в последнем случае, коэффициент корреляции еще и отрицательный.

В условиях высокой неоднородности данных (опрошенные индивидуумы варьировались от лиц с дефицитом массы до субъектов с ожирением и от лиц с гипотонией до субъектов с гипертонией) также весьма наглядны и информативны зависимости средних значений ИМТ и АД друг от друга в категориях (табл. 3).

Таблица 3

Исследование корреляции средних значений ИМТ и АД в категориях

Показатели	ИМТ				
	<16 кг/м ² (дефицит массы)	16–18,5 кг/м ² (недостаток массы)	18,5–25 кг/м ² (норма)	25–30 кг/м ² (избыточная масса)	ИМТ >30 кг/м ² (ожирение)
Средний ИМТ, кг/м ²	15,35	17,80	21,34	26,62	31,45
Среднее СД, мм рт. ст.	113,00	109,17	116,20	126,15	131,40
Среднее ДД, мм рт. ст.	74,00	69,83	71,69	71,48	73,60

Они позволили исследовать корреляционную зависимость между межгрупповыми средними и тем самым повысить устойчивость данных к наличию выбросов. Соответствующие коэффициенты корреляции составили $0,96$ ($p \leq 0,05$) для переменных [Ср(ИМТ), Ср(СД)] – сильная корреляционная зависимость и $0,19$ для [Ср(ИМТ), Ср(ДД)] – слабая зависимость.

Выводы. Таким образом, налицо сильная положительная связь (между ИМТ и АД; $r=0,82$) и средней силы отрицательная (между ИМТ и ДД; $r=-0,53$) у лиц молодого возраста с ожирением. Во всем диапазоне ИМТ данная связь слабая между ИМТ и АД ($r=0,43$) и очень слабая между ИМТ и ДД ($r=0,06$). На наш взгляд, последнее можно интерпретировать как ложное снижение степени корреляции вследствие гетерогенности данных, вызванной принадлежностью опрошенных к разным категориям индивидуумов (парадокс Симпсона [7], когда наличие кластеров данных нарушает условия применения анализа), или же как сильно нелинейную корреляционную связь. Установлено, что рост ИМТ вызывает отклонение СД и ДД от нормы, что подтверждает литературные данные, согласно которым избыточная масса тела и ожирение создают угрозу здоровью и жизни. Прямо пропорциональной зависимости

между ИМТ и АД нет, т.е. на увеличение АД оказывают влияние и прочие факторы. То, что девиации АД при увеличении ИМТ среди лиц с ожирением имеют преимущественно разный знак для СД ($r > 0$) и для ДД ($r < 0$), безусловно, представляет интерес и требует дополнительного изучения. Возможно, выявленная авторами закономерность является проявлением адаптивной реакции сердечно-сосудистой системы лиц с ожирением на повышенное сосудистое сопротивление движению крови, когда кровоснабжение тканей обеспечивается за счет увеличения пульсового давления, что сказывается на сердечной нагрузке. Выявлена тенденция увеличения средней массы одного студента на 0,96 кг (в предположении неизменного среднего роста) за 1 год.

Работа выполнена в рамках плана НИР АААА-А16-116102010059-6 ФГАНУ ЦИТиС (2017–2021 гг.) и плана работы СНК кафедры нормальной физиологии и медицинской физики МГМСУ им. А.И. Евдокимова. Авторы благодарны студентам Большаковой Е. и Бадяутдиновой Г. за помощь в сборе данных.

Список литературы

1. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.
2. Шанс умереть рассчитали по индексу массы тела. Наука и техника: Lenta.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://lenta.ru/news/2016/01/26/bmi/> (дата обращения: 01.05.2019).
3. Бессесен Д.Г., Кушнер Р. Избыточный вес и ожирение: профилактика, диагностика и лечение: Пер. с англ. М.: Бином, 2004. 240 с.
4. Юшманова Л.С., Соловьева Н.А., Совершаева С.Л. Качество жизни в зависимости от величины артериального давления и индекса массы тела у лиц юношеского возраста // Фундаментальные исследования. 2012. № 9. С. 328-331.
5. WHO: Global Database on Body Mass Index. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.assessmentpsychology.com/icbmi.htm> (дата обращения: 01.05.2019).
6. Костина А.В., Рыжкова В.А., Хасанов Ф.К., Муслов С.А. Мониторинг индекса массы тела среди студентов МГМСУ им. А.И. Евдокимова // Медицинская наука: новые возможности: материалы XIII научно-практической конференции молодых ученых и студентов ТГМУ им. Абуали ибни Сино с международным участием, посвященной “Году развития туризма и народных ремесел”. Душанбе, 2018. Т. 2. С. 220.
7. Секей Г. Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике М.: Мир, 1990. 240 с.