



¹ Московский
государственный
медико-
стоматологический
университет
им. А.И. Евдокимова

² Московский
клинический
научно-практический
центр
им. А.С. Логинова

Индекс массы тела и его связь с показателями здоровья у студентов МГМСУ им. А.И. Евдокимова

С.А. Муслов, д.б.н., проф.¹, А.М. Мкртумян, д.м.н., проф.^{1,2},
С.Д. Арутюнов, д.м.н., проф.¹

Адрес для переписки: Ашот Мусаелович Мкртумян, vagrashot@mail.ru

Для цитирования: Муслов С.А., Мкртумян А.М., Арутюнов С.Д. Индекс массы тела и его связь с показателями здоровья у студентов МГМСУ им. А.И. Евдокимова // Эффективная фармакотерапия. 2020. Т. 16. № 17. С. 8–16.
DOI 10.33978/2307-3586-2020-16-17-8-16

В последние десятилетия отчетливо прослеживалась неблагоприятная тенденция в изменении образа жизни: снижение физической активности, частые психоэмоциональные стрессы, переизбыток, возрастание потребления фастфуда. Все это привело к распространению ожирения не только среди взрослых, но и среди детей и подростков. Необходимо отметить, что у лиц от 15 до 25 лет даже при нормальном индексе массы тела (ИМТ) нельзя исключать наличия ожирения, что подтверждается при проведении биоимпедансометрии. Увеличение содержания висцеральной жировой ткани начинается с 17 лет, критическим считается возраст 18 лет. В статье представлены результаты комплексного исследования ИМТ и анализа его связи с физиологическими показателями здоровья у студентов Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова. В ходе работы получены распределение респондентов по интервалам ИМТ, установленным Всемирной организацией здравоохранения, точечные и интервальные оценки. При логнормальном, согласно критериям Колмогорова – Смирнова, распределении ИМТ рассчитаны параметры распределения и значимость различий в показателях студентов лечебного и стоматологического факультетов с помощью парного критерия Стьюдента. Выявлено, что различия в величине ИМТ между учащимися разных факультетов статистически не значимы ($p = 0,9$). Выполнены интерпретация показателей ИМТ по категориям и их сравнительный анализ за последние четыре года. Установлена сильная корреляционная связь между ИМТ и массой костного компонента ($r = 0,83$). Изучен характер связи ИМТ с показателями артериального давления (АД). Определено среднее значение по выборке ИМТ, систолического артериального давления (САД) и диастолического артериального давления (ДАД) ($21,66 \pm 0,40$ кг/м², $116,75 \pm 1,73$ и $71,46 \pm 1,15$ мм рт. ст. соответственно ($M \pm 95\%$ ДИ)). Отмечена регрессионная зависимость индекса массы тела от артериального давления: САД = $77,11 + 1,83$ ИМТ ($R^2 = 0,18$), ДАД = $67,75 + 0,004$ ИМТ ($R^2 = 0,03$). Кроме того, установлена сила данной зависимости: слабая ($r = 0,43$) для переменных ИМТ, САД и очень слабая ($r = 0,06$) для величин ИМТ, ДАД. В то же время при использовании шкалы Чеддока корреляция между соответствующими групповыми средними [ср.(ИМТ), ср.(САД)] и [ср.(ИМТ), ср.(ДАД)] оказалась более тесной, чем между самими категориями ИМТ, САД и ИМТ, ДАД: сильная/слабая в первом случае и слабая/очень слабая во втором. Изучена сила корреляционной связи ИМТ, АД = САД, ДАД в разных категориях ИМТ. Среди лиц с ожирением зафиксирована сильная связь между ИМТ и САД и средняя связь между ИМТ и ДАД. Таким образом, установлено, что увеличение ИМТ ассоциируется с отклонением значений САД и ДАД от нормы. Кроме того, рассмотрены возможности новой мини-программы «ИМТ – BM Index». Данная программа позволяет вычислить индекс массы тела пациентов и установить оптимальное соотношение между массой его тела и ростом. Программа предназначена для мобильных вычислительных устройств на базе операционной системы Android, она проста в использовании и не требует специальных навыков.

Ключевые слова: индекс массы тела, систолическое артериальное давление, диастолическое артериальное давление, ожирение, мини-программа «ИМТ – BM Index»



С 90-х гг. прошлого века образ жизни людей стал значительно меняться. Снизилась физическая активность, наметилась тенденция к переяданию, в рационе повысилась доля фастфуда. Как следствие, возросла распространенность ожирения. В настоящее время избыточная масса тела и ожирение стали величайшей в истории человечества неинфекционной пандемией. Избыточная масса тела ассоциируется со значительным повышением риска развития таких заболеваний, как артериальная гипертензия, предиабет или сахарный диабет, инфаркт миокарда, инсульт, онкопатология. Избыточный вес в молодом возрасте более опасен, поэтому требует большего внимания. Известно, что в подростковом и юношеском возрасте при ожирении происходит не гипертрофия адипоцитов, как у взрослых, а их пролиферация, то есть увеличивается количество жировых клеток. Согласно результатам исследования К.А. Матосян, содержание висцеральной жировой ткани начинает повышаться с 17 лет, в качестве критического должен рассматриваться возраст 18 лет [1].

Для оценки излишней массы тела среди антропометрических показателей наиболее популярен индекс Кетле, или индекс массы тела (ИМТ). Широкое использование ИМТ обусловлено простотой и доступностью измерений [2]. Он рассчитывается как отношение массы тела (М), выраженной в килограммах, к длине тела (L), выраженной в квадратных метрах. Таким образом, ИМТ является функцией двух переменных – М и L.

В зависимости от соответствия массы человека его росту косвенно можно оценить, является ли масса недостаточной, нормальной или избыточной. Интервалы ИМТ и их интерпретация, предложенные экспертами Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), представлены в табл. 1 [3].

Нормальная масса тела (согласно табл. 1) при росте от 1,3 до 2,0 м представлена на рис. 1.

Отклонение ИМТ от нормальных значений связано с увеличением риска не только заболеваемости, но и смертности. Так, персонализиро-

ванный оптимальный ИМТ, при котором риск смерти минимальный, составляет приблизительно 26 кг/м² (рис. 2) [4]. Аналогичные данные получены Е.Е. Calle и соавт. [5]. Согласно восьмому докладу Объединенного национального комитета США по профилактике, диагностике, оценке и лечению повышенного артериального давления, ИМТ должен быть менее 25 кг/м².

Необходимо подчеркнуть, что у пациентов с ожирением ИМТ считается пятым по значимости показателем оценки жизнедеятельности наряду с артериальным давлением (АД), частотой сердечных сокращений, частотой дыхания и температурой тела [6].

Представляет также интерес связь между величиной ИМТ и другими клиническими показателями здоровья. Л.С. Юшманова и соавт. [7] с помощью непараметрического метода ранговой корреляции Спирмена проанализировали связь артериального давления, индекса массы тела и критериев качества жизни у практически здоровых лиц юношеского возраста. Так, показатели физического и психологического здоровья, отражающие качество жизни, находились в прямой или обратной корреляционной зависимости от ИМТ и АД.

Исследование индекса массы тела и его влияния на артериальное давление

В Московском государственном медико-стоматологическом университете им. А.И. Евдокимова (МГМСУ им. А.И. Евдокимова) на протяжении последних лет исследовали ИМТ среди студентов стоматологического и лечебного факультетов первого курса.

1. В 2020 г. среднее значение ИМТ ± 95%-ный доверительный интервал (ДИ) составило 21,21 ± 0,43 кг/м² (табл. 2), что несколько меньше, чем в предыдущие годы. Так, в 2019 г. среднее значение ИМТ составляло 21,66 ± 0,40 кг/м², в 2018 г. – 21,53 ± 0,62 кг/м², в 2017 г. – 21,63 ± 0,62 кг/м². Согласно данным ВОЗ, эти значения находятся в пределах нормы. Тенденция к уменьшению среднего значения ИМТ была незначительной (рис. 3): соответствует снижению средней

массы тела респондентов примерно на 0,33 кг в год, при условии, что рост остался неизменным.

В 2020 г. установлена сильная корреляция (r = 0,83) между ИМТ и массой костного компонента, которая рассчитывалась по формуле Я. Матейко [8].

Таблица 1. Интерпретация массы тела в зависимости от показателей ИМТ

ИМТ, кг/м ²	Интерпретация
16 и менее	Выраженный дефицит массы тела
16,0–18,5	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

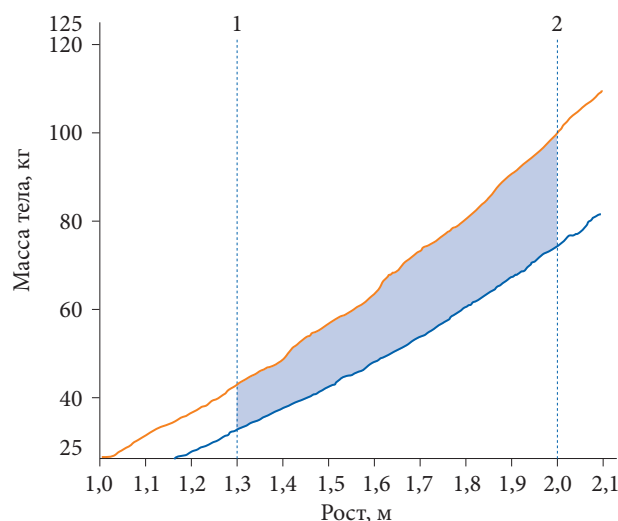


Рис. 1. Геометрическое место точек, соответствующее ИМТ от 18,5 до 25,0 кг/м² (криволинейная трапеция)

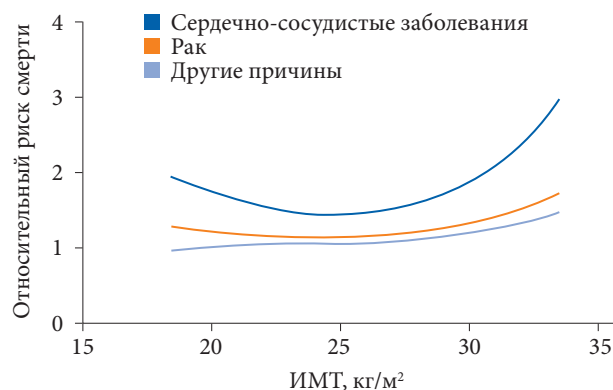


Рис. 2. Связь между относительным риском смерти по разным причинам и значениями ИМТ



Таблица 2. Исследование ИМТ у студентов МГМСУ им. А.И. Евдокимова в 2016–2020 гг.

Показатель	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.
Цель исследования	Определение вида статистического распределения ИМТ как случайной величины, определение параметров распределения	Ежегодный мониторинг ИМТ, интерпретация данных	Исследование характера связи между ИМТ и величиной АД	Определение коэффициента корреляции между ИМТ и костным компонентом организма
Число студентов, абс.	233	259	265	152
Среднее значение ИМТ, кг/м ²	21,63 ± 0,62	21,53 ± 0,62	21,66 ± 0,40	21,21 ± 0,43
Среднее значение ИМТ у студентов лечебного факультета, кг/м ²	21,55	21,93	–	21,02
Среднее значение ИМТ у студентов стоматологического факультета, кг/м ²	21,73	21,12	–	21,72

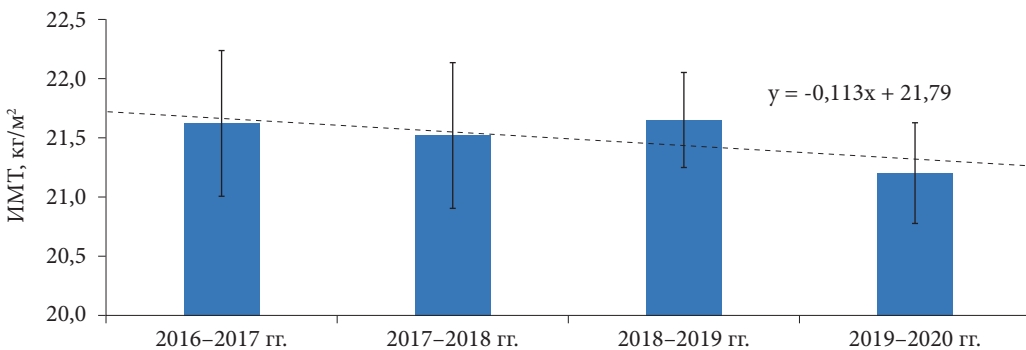


Рис. 3. Значения ИМТ у студентов МГМСУ им. А.И. Евдокимова в 2016–2020 гг.

Таблица 3. Распределение студентов разных факультетов по десяти интервалам ИМТ, абс.

Факультет	ИМТ, кг/м ²									
	15–17	17–19	19–21	21–23	23–25	25–27	27–29	29–31	31–33	33–35
Лечебный	2	21	32	26	14	8	3	2	1	1
Стоматологический	2	19	41	27	18	7	5	1	0	3

2. В 2016–2017 гг. ИМТ исследовали в 12 группах среди студентов первого и второго курсов. Объем суммарной выборки составил 233 студента, из них 110 учащиеся лечебного факультета, 123 – стоматологического. Данные о массе тела и росте получали с помощью опроса, который проводился анонимно. Полученные данные обрабатывались в программе Excel Microsoft Office. Затем диапазон значений ИМТ распределили на десять интервалов (табл. 3, рис. 4). Согласно точечным и интервальным оценкам, среднее значение ИМТ у студентов лечебного факультета составило 21,55 ± 0,63 кг/м², стоматологического – 21,73 ± 0,61 кг/м². Доверительный интервал рассчитывался на уровне значимости 0,05. С помощью критерия Колмогорова – Смирнова проверили получен-

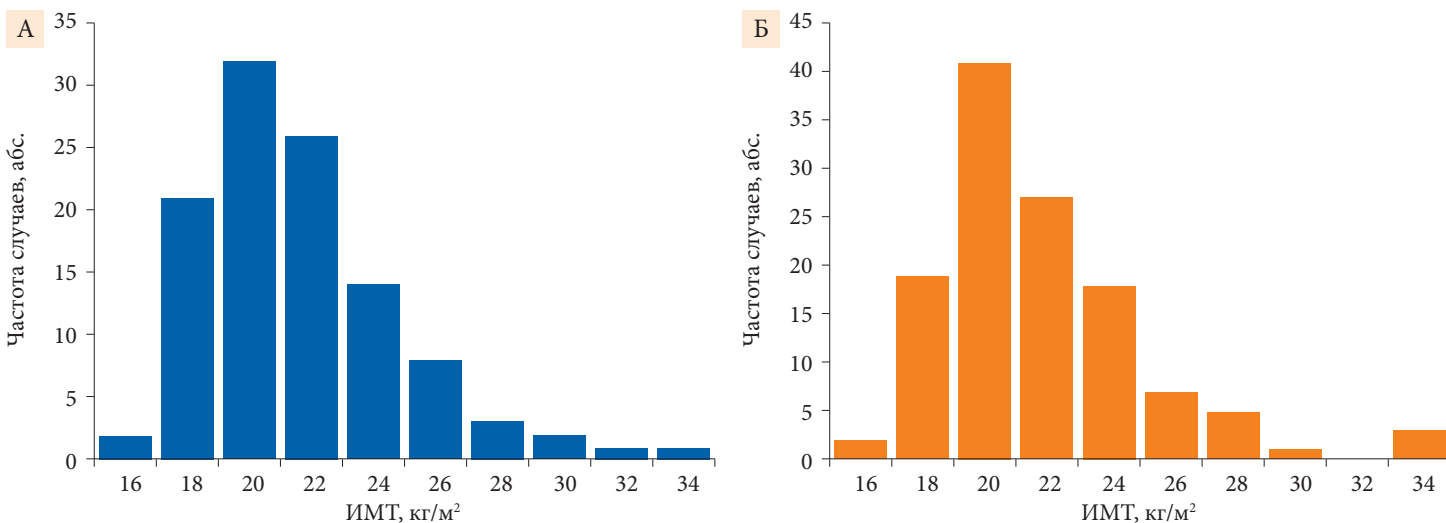


Рис. 4. ИМТ студентов лечебного (А) и стоматологического (Б) факультетов



ные распределения ИМТ на нормальность. Как известно, критерий Колмогорова – Смирнова предназначен для проверки гипотезы о принадлежности выборки к некоторому закону распределения, то есть проверки того, что эмпирическое распределение соответствует предполагаемой модели. Рассчитывали максимальное отклонение наблюдаемой частоты от теоретической ($D+ = i/n - F$ и $D- = F - (i-1)/n$) и сравнивали с критическим значением на уровне значимости 0,05. Нулевую гипотезу о нормальном распределении ИМТ респондентов лечебного факультета пришлось отклонить (выраженная асимметричность графика (см. рис. 4)) ($F = \max\{F+, F-\} = 0,138006 > D_{crit}(0,95) = 0,104002$ для лечебного факультета, $F = \max\{F+, F-\} = 0,102027 < D_{crit}(0,95) = 0,145807$ для стоматологического факультета) и принять ее для логнормального распределения у респондентов обоих факультетов ($F = \max\{F+, F-\} = 0,097108 < D_{crit}(0,95) = 0,104002$ и $F = \max\{F+, F-\} = 0,079078 < D_{crit}(0,95) = 0,145807$).

С помощью программы Statistica 13 определены р-значения (p-value) полученных эмпирических распределений (табл. 4). Как известно, p-value – значение уровня значимости, для которого вычисленная проверочная статистика ведет к отказу от нулевой гипотезы. Результаты вычислений подтвердили выводы, полученные при проверке нулевой гипотезы с помощью критерия Колмогорова – Смирнова: данные опроса на стоматологическом факультете можно описывать как нормальным, так и логнормальным законом, на лечебном – только логнормальным. Считая распределение ИМТ логнормальным, установили параметры нормального и логнормального распределения (средний логарифм и стандартное отклонение логарифма).

Это позволило построить кривые логнормального распределения для ИМТ обоих факультетов:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Как видно на рис. 5, кривые сильно не различаются.

Таблица 4. Параметры нормального и логнормального распределений ИМТ у студентов разных факультетов

Показатель	Лечебный факультет	Стоматологический факультет
<i>Нормальное распределение</i>		
Математическое ожидание μ	21,6	21,73984
Дисперсия D	10,74909	11,31443
Среднеквадратичное отклонение σ	3,278581	3,363693
p-value	0,002652	0,304455
<i>Логнормальное распределение</i>		
Математическое ожидание μ	3,07330	3,04186
Дисперсия D	0,027697	0,01636
Среднеквадратичное отклонение σ	0,16642	0,12793
p-value	0,074318	0,619361

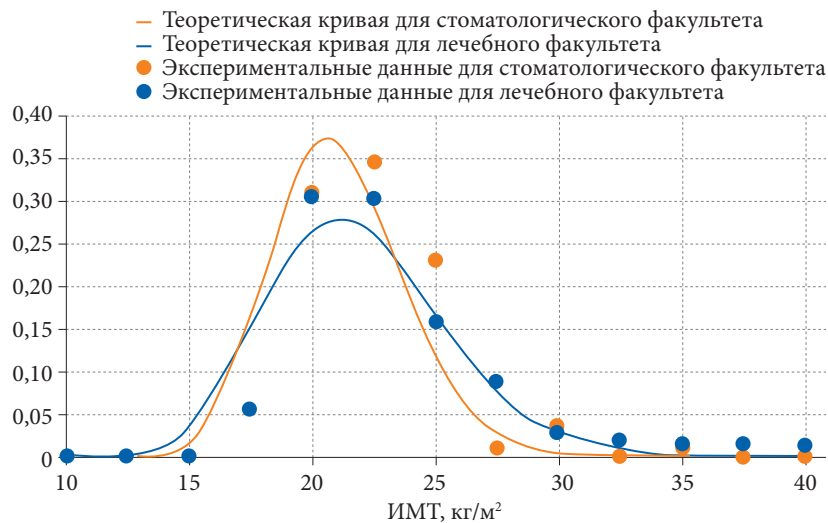


Рис. 5. Теоретические кривые логнормального распределения и экспериментальные данные об ИМТ студентов лечебного и стоматологического факультетов

Нормальное распределение чаще всего рассматривается как подходящая модель для описания процессов, в которых действует большое число независимых случайных причин [9]. В этом случае плотность распределения случайной величины имеет симметричную и колоколообразную форму. Однако замечено, что в некоторых ситуациях случайная величина имеет заметно скошенное (несимметричное) распределение и, соответственно, не может быть описана нормальным распределением. Скошенные распределения имеют место, когда случайные величины не могут быть отрицательными или имеется другая естественная граница (величина не может быть меньше определенного значения). Именно эта ситуация сложилась при анализе ИМТ студентов (см. рис. 4).

В чем же различие процессов в организме, которые можно охарактеризовать нормальным или логнормальным распределением? Оба распределения имеют место, когда на описываемый объект, как это было уже сказано, воздействует множество случайных и независимых факторов. Если воздействие каждого фактора складывается (аддитивный характер взаимодействия), имеет место нормальное распределение. Если воздействие каждого фактора не складывается, а перемножается (мультипликативный характер взаимодействия), это логнормальное распределение. В случае логнормального распределения факторы так же независимы, как и в случае нормального распределения, но эффект от их воздействия накапливается в объекте в зависимости

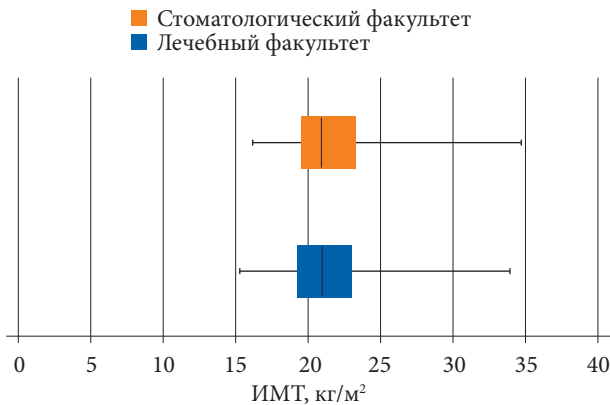


Рис. 6. ИМТ студентов лечебного и стоматологического факультетов

Таблица 5. Распределение студентов разных факультетов согласно категориям ИМТ, предложенным ВОЗ

ИМТ, кг/м ²	Лечебный факультет		Стоматологический факультет	
	абс.	%	абс.	%
16 и менее	2	1,82	0	0,00
16,0–18,5	16	14,55	16	13,01
18,50–24,99	77	70,00	91	73,98
25–30	13	11,82	12	9,76
30–35	2	1,82	4	3,25
35–40	0	0,00	0	0,00
40 и более	0	0,00	0	0,00

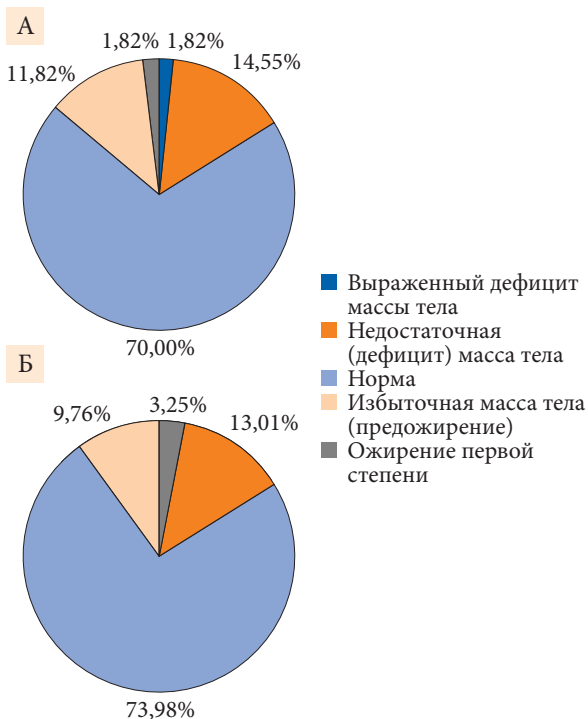


Рис. 7. Интерпретация показателей ИМТ согласно категориям ВОЗ у студентов лечебного (А) и стоматологического (Б) факультетов

от предыдущего их количества. Очевидно, величина ИМТ обусловлена множеством случайных независимых факторов, таких как образ жизни, питание, географическое положение, генетика.

Предположим, в определенный момент времени происходит случайное событие, например переход на систематический прием пищи в комбинатах быстрого питания.

Рассмотрим два вида взаимодействия воздействующих факторов: аддитивный и мультипликативный. В первом случае считается, что процессы обмена веществ и энергии в организме просто складываются и снижение или, наоборот, увеличение интенсивности метаболических процессов происходит при превышении некоего порогового их воздействия (суммирование). В этой модели не учитывается, что каждое последующее нарушение данных процессов воздействует уже не на новый орган или систему органов, а на поврежденные. Во втором случае каждый последующий процесс воздействует на орган или систему органов, центр регуляции пропорционально его текущему состоянию. Таким образом, одно и то же воздействие будет приводить к разным последствиям в случае нового или уже поврежденного органа или звена в наборе химических реакций. Как было сказано выше, модель аддитивного взаимодействия случайных факторов приводит к нормальному распределению (в данном случае она неприменима для оценки состояния здоровья).

В нашем случае более достоверной моделью является модель мультипликативного взаимодействия, которая учитывает не только случайное воздействие фактора, но и состояние самой системы, на которую действует этот фактор. Мультипликативный эффект всех случайных независимых воздействий на организм аккумулируется до тех пор, пока не произойдут серьезные отклонения в нем.

Понимание процессов мультипликативного воздействия факторов, таких как образ жизни, характер питания, наследственность, позволяет построить адекватную статистическую модель и оценить план профилактических или лечебных меропр-

ятий по удержанию индекса массы тела в нормах, рекомендуемых ВОЗ. Определенные выводы позволяют сделать сравнительный анализ выборок данных с помощью диаграммы box and whiskers (рис. 6).

Несмотря на очевидное визуальное сходство результатов, была изучена значимость числовых различий с помощью критерия Стьюдента. Для расчета использовали стандартную формулу:

$$t = \frac{|\text{ИМТ}_{\text{леч}} - \text{ИМТ}_{\text{стомат}}|}{\sqrt{\sigma_{\text{леч}}^2 / n_{\text{леч}} + \sigma_{\text{стомат}}^2 / n_{\text{стомат}}}}$$

Оказалось, что $t = 0,12248$, что гораздо меньше критического значения коэффициента Стьюдента, примерно равного двум на уровне значимости 95% ($p\text{-value} = 0,90$).

Таким образом, нулевая гипотеза об отсутствии различий в ИМТ между студентами лечебного и стоматологического факультетов справедлива и не может быть отвергнута. Кроме того, были интерпретированы показатели ИМТ (табл. 5, рис. 7). Нормальный ИМТ чаще отмечался у студентов обоих факультетов, однако на стоматологическом факультете таковых было больше (73,98 против 70,00%). Избыточная масса тела (предожирение) чаще встречалась у студентов лечебного факультета (11,82 и 9,76%), однако ожирение – среди студентов-стоматологов (3,25 и 1,82%). Недостаточная масса тела выявлена у 16 студентов на каждом факультете (14,55 и 13,01%).

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

- ИМТ студентов лечебного и стоматологического факультетов может быть описан с помощью логнормального распределения случайных величин;
- среднее значение ИМТ на лечебном факультете составило $21,55 \pm 0,63 \text{ кг/м}^2$, на стоматологическом – $21,73 \pm 0,61 \text{ кг/м}^2$, среднее значение ИМТ – $21,63 \pm 0,62 \text{ кг/м}^2$. Вариабельность данных на стоматологическом факультете была выше. Математическое ожидание ИМТ на лечебном факультете составило $21,6 \text{ кг/м}^2$, медиана – $21,01 \text{ кг/м}^2$, математическое ожидание ИМТ на стоматологическом факультете – $21,74 \text{ кг/м}^2$, медиана – $20,96 \text{ кг/м}^2$;



- статистических различий в значениях ИМТ у студентов лечебного и стоматологического факультетов не установлено ($p = 0,90$);
- нормальный ИМТ зафиксирован у 70,00% студентов лечебного факультета и 73,98% студентов стоматологического факультета. Избыточная масса тела (предожирение) чаще наблюдалась у студентов лечебного факультета (11,82 и 9,76%). Ожирение установлено у 1,82% учащихся лечебного факультета и 3,25% – стоматологического, дефицит массы тела – в 14,55 и 13,01% случаев соответственно.

3. В 2017–2018 гг. ИМТ также изучали отдельно по факультетам. Среднее значение ИМТ на лечебном факультете составило $21,93 \pm 0,62$ кг/м², на стоматологическом – $21,12 \pm 0,62$ кг/м². Среднее значение ИМТ – $21,53 \pm 0,62$ кг/м². Тем не менее статистических различий в ИМТ между студентами лечебного и стоматологического факультетов установлено не было ($p < 0,05$). ИМТ оказался в норме у 69,59% студентов лечебного факультета и у 79,31% учащихся стоматологического факультета. Максимальное значение ИМТ 38,57 кг/м² (ожирение второй степени) имело место на лечебном факультете, минимальное 15,57 кг/м² (выраженный дефицит массы) – на стоматологическом. Избыточная масса тела почти в три раза чаще наблюдалась у студентов лечебного факультета. Ожирение выявлено у 5,26% студентов лечебного факультета и только у 1,15% – стоматологического, дефицит массы – у 12,87 и 14,94% учащихся соответственно. Нормальность и логнормальность распределений ИМТ в этом году и последующих не изучались.

4. В 2019–2020 гг. исследован ИМТ и характер его связи с показателями АД. Было опрошено 265 лиц в возрасте от 18 до 25 лет (190 девушек и 75 юношей). Все они были студентами первого и второго курсов лечебного и стоматологического факультетов МГМСУ им. А.И. Евдокимова. В результате была создана база данных в отношении ИМТ, систолического артериального давления (САД) и диастолического артериаль-

ного давления (ДАД). Необходимо отметить, что гендерные различия не изучались. Каждый студент при опросе сообщал о массе тела в килограммах и росте в метрах, величине артериального давления в мм рт. ст. Последнее измерялось на запястье с помощью электронного тонометра AND UB-505. Опрос и обследование респондентов проводились во второй половине дня. При этом соблюдалась анонимность. Факторы, влияющие на психоэмоциональное состояние, исключались. Полученные 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 определяли по формуле

$$r_{x,y} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}.$$

Степень значимости корреляции рассчитывали по значению коэффициента Стьюдента:

$$t = \frac{r}{m_r},$$

где

$$m_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} - \text{ошибка корреляции.}$$

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. Среди опрошенных выраженный дефицит массы тела, согласно категориям ИМТ, предложенным ВОЗ, выявлен у двух (0,75%) респондентов, 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 пяти (1,89%). Молодых людей с ожирением второй и третьей степени среди обследованных не оказалось (рис. 8). Считая распределение ИМТ нормальным, мы рассчитали математическое ожидание a , среднеквадра-

тичное отклонение σ и дисперсию D : 21,22; 3,13 и 9,81 соответственно. Это позволило определить функцию плотности вероятности и построить кривую Гаусса для распределения. Полученные данные были представлены в виде диаграммы box and whiskers.

Аналогичные действия были выполнены в отношении значений АД студентов (рис. 9 и 10). Различали такие наиболее широко используемые категории АД, как гипотония (САД менее 100 мм рт. ст. и ДАД менее 60 мм рт. ст.), оптимальное давление (менее 119/79 мм

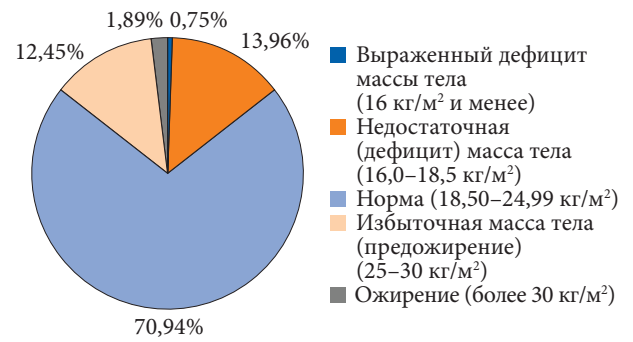


Рис. 8. Распределение студентов согласно категориям ИМТ

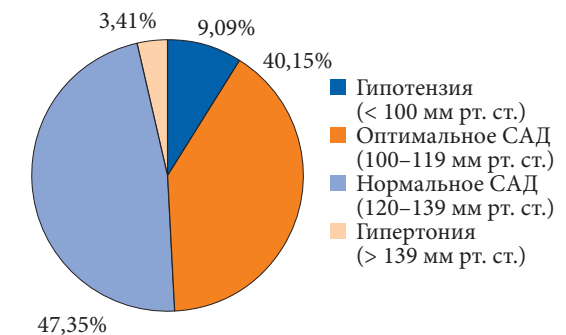


Рис. 9. Распределение студентов в зависимости от значений САД

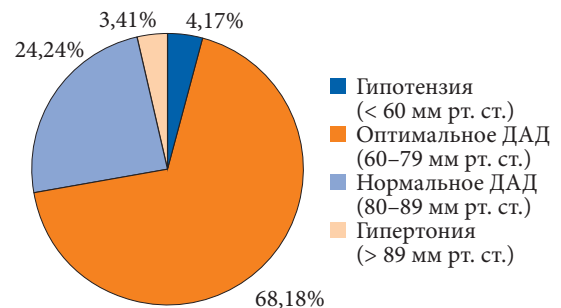


Рис. 10. Распределение студентов в зависимости от значений ДАД



рт. ст.), нормальное, в том числе высокое нормальное (не больше 139/89 мм рт. ст.), гипертония различной степени (выше 140/90 мм рт. ст.). В результате первичной

обработки данных доверительные интервалы ($p = 0,05$) составили $116,75 \pm 1,73$ мм рт. ст. для САД, $71,46 \pm 1,15$ мм рт. ст. для ДАД.

Доля студентов с оптимальными значениями ДАД была почти на 30% больше, чем доля студентов с оптимальными значениями САД (см. рис. 9 и 10). Однако количество лиц с нормальным ДАД оказалось примерно на 25% меньше, чем с нормальным САД. Эти различия могут представлять интерес как с физиологической, так и с клинической точки зрения. Установлено, что уровень артериального давления является важным гемодинамическим показателем. Его значительное снижение или повышение влияет на качество жизни и является фактором риска развития ряда опасных заболеваний и состояний со стороны сердечно-сосудистой системы, в частности инфаркта и инсульта [7].

Для всей совокупности студентов ИМТ и АД оказались связаны. Регрессионные зависимости следующие: САД = $77,11 + 1,83$ ИМТ (достоверность аппроксимации ($R^2 = 0,18$)), ДАД = $67,75 + 0,004$ ИМТ ($R^2 = 0,03$), что было вполне ожидаемо ($d\text{САД}/d\text{ИМТ} > 0$ и $d\text{ДАД}/d\text{ИМТ} > 0$) (рис. 11 и 12). Соответствующая сила связи: слабая ($r = 0,43$) для переменных ИМТ, САД и очень слабая ($r = 0,06$) для

данных ИМТ, ДАД. Тем не менее установленная количественная связь позволяет рассматривать индекс массы тела в качестве фактора риска снижения физического здоровья.

Нами установлен изменчивый характер взаимосвязи индекса массы тела и показателей артериального давления – коэффициент корреляции значительно изменялся от категории к категории ИМТ (табл. 6), монотонно увеличиваясь для переменных ИМТ, САД и уменьшаясь для переменных ИМТ, ДАД.

В группе обследованных с недостаточным и нормальным ИМТ связь ИМТ и САД по шкале Чеддока оказалась весьма слабой (0,13 и 0,26; $p \leq 0,05$), поэтому ее можно было не принимать в расчет. В то же время таковая была средней силы (0,33; $p \leq 0,05$) у студентов с избыточной массой тела и сильной у студентов с ожирением (0,82; $p \leq 0,05$). Это может свидетельствовать о том, что катастрофическое отклонение индекса массы тела от нормы в большую сторону достоверно ассоциируется с повышением систолического артериального давления. В то же время связь между ИМТ и ДАД оказалась крайне слабой (от 0,05 до 0,07) во всех категориях ИМТ, за исключением ИМТ более 30 кг/м². У студентов с ожирением она была умеренной (-0,53; $p > 0,05$).

В условиях высокой неоднородности данных (дефицит массы тела – ожирение, гипотония – гипертония) весьма информативна зависимость средних значений ИМТ и АД в разных категориях ИМТ (табл. 7).

Это позволило исследовать корреляционную связь между межгрупповыми средними и тем самым повысить устойчивость данных к наличию выбросов. Соответствующие коэффициенты корреляции составили 0,96 ($p \leq 0,05$) (сильная корреляционная зависимость) для переменных ср.(ИМТ), ср.(САД) и 0,19 (слабая зависимость) для ср.(ИМТ), ср.(ДАД). При использовании шкалы Чеддока корреляция между соответствующими групповыми средними [ср.(ИМТ), ср.(САД)] и [ср.(ИМТ), ср.(ДАД)]

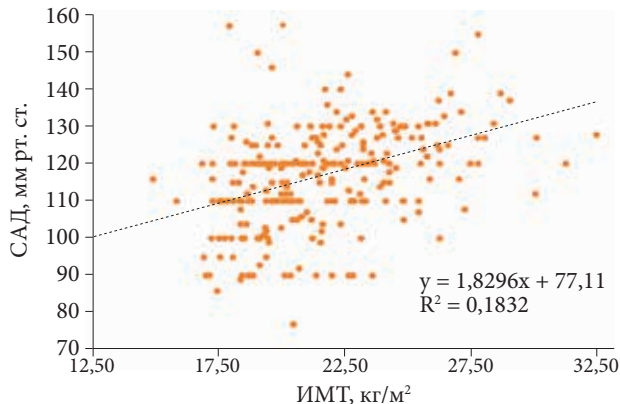


Рис. 11. График зависимости САД от значений ИМТ

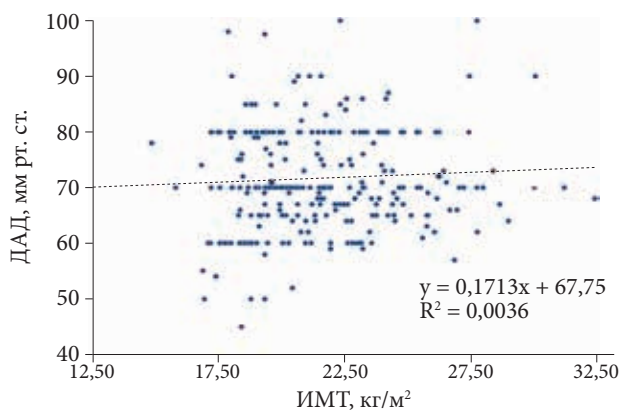


Рис. 12. График зависимости ДАД от значений ИМТ

Таблица 6. Корреляционная связь ИМТ и АД в зависимости от категории ИМТ

Показатель	ИМТ, кг/м ² (интерпретация)				
	менее 16 (дефицит массы тела)	16,0–18,5 (недостаток массы тела)	18,5–25,0 (норма)	25–30 (избыточная масса тела)	более 30 (ожирение)
Корреляция между ИМТ и САД	–	0,125466518	0,262268*	0,330608875*	0,8185008*
Корреляция между ИМТ и ДАД	–	0,076111816	0,05495676	0,054861159	-0,5305839

* $p \leq 0,05$.

Таблица 7. Корреляция групповых средних ИМТ и АД в зависимости от категории ИМТ

Показатель	ИМТ, кг/м ² (интерпретация)				
	менее 16 (дефицит массы тела)	16,0–18,5 (недостаток массы тела)	18,5–25,0 (норма)	25–30 (избыточная масса тела)	более 30 (ожирение)
Средний ИМТ, кг/м ²	15,35	17,80	21,34	26,62	31,45
Среднее САД, мм рт. ст.	113,00	109,17	116,20	126,15	131,40
Среднее ДАД, мм рт. ст.	74,00	69,83	71,69	71,48	73,60



на одно деление шкалы была теснее, чем между самими категориями ИМТ, САД и ИМТ, ДАД: сильная/слабая в первом случае и слабая/очень слабая во втором.

Таким образом, у лиц молодого возраста с ожирением зафиксирована сильная положительная связь между ИМТ и САД ($r = 0,82$) и среднеотрицательная связь между ИМТ и ДАД ($r = -0,53$). Во всем диапазоне ИМТ данная связь была слабой ($r = 0,43$) между ИМТ и САД и очень слабой ($r = 0,06$) между ИМТ и ДАД. На наш взгляд, последнее можно интерпретировать как ложное снижение степени корреляции вследствие гетерогенности данных, вызванной принадлежностью опрошенных к разным категориям индивидуумов (парадокс Симпсона [10], когда наличие кластеров данных нарушает условие применения анализа), или как сильно нелинейную корреляционную связь. Установлено, что увеличение ИМТ приводит к отклонению САД и ДАД от нормы, что подтверждает литературные данные, согласно которым избыточная масса тела и ожирение представляют угрозу для здоровья и жизни. Прямо пропорциональной зависимости между ИМТ и АД не обнаружено, то есть на увеличение АД оказывают влияние и другие факторы. Девиации АД при увеличении ИМТ среди лиц с ожирением имеют разный знак для САД ($r > 0$) и ДАД ($r < 0$), что, безусловно, представляет интерес и требует дополнительного изучения. Возможно, обнаруженная авторами закономерность не что иное, как проявление адаптивной реакции сердечно-сосудистой системы у лиц с ожирением на повышенное сосудистое сопротивление движению крови, когда кровоснабжение тканей обеспечивается за счет увеличения пульсового давления, что сказывается на сердечной нагрузке.

Мини-программа «ИМТ – BM Index»

Растущая популярность планшетов, а также смартфонов как средств для вычислений среди студентов – будущих врачей и медицинских работников требует создания альтернативы мощным статистическим

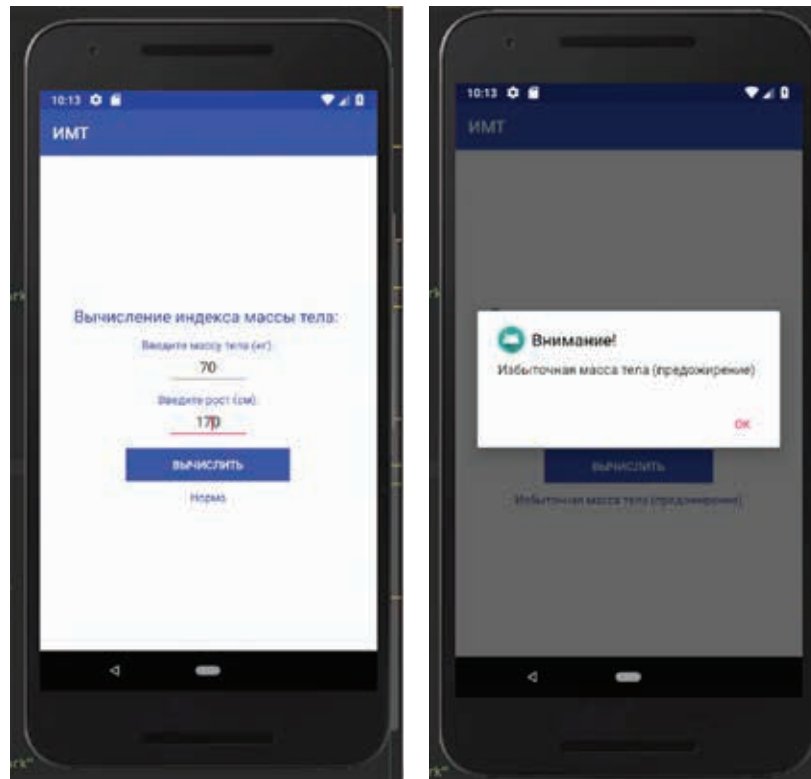


Рис. 13. Поля для ввода данных и результаты вычисления ИМТ с их интерпретацией в соответствии с категориями ВОЗ

пакетам для персональных компьютеров в виде небольших и удобных специализированных экспресс-приложений для мобильных устройств. В соответствии с этим была разработана мини-программа «ИМТ – BM Index» для расчета индекса массы тела с целью установления оптимального соответствия между массой тела и ростом.

Стартовая страница программы предлагает ввести в соответствующее поле массу тела в килограммах и рост в сантиметрах (рис. 13). После нажатия на кнопку «Вычислить» происходит расчет, визуализируется результат и интерпретируется значение ИМТ в соответствии с табл. 1. В зависимости от величины ИМТ раздается соответствующий рингтон. Кроме того, при отклонении ИМТ от нормы определяется минимальная масса, на которую пациенту нужно поправиться или, наоборот, похудеть. Программа проста в использовании и снабжена мини-справкой. Язык программирования Java. Доступна также версия на английском языке.

Данная программа предназначена для студентов медицинских вузов и врачей-исследователей, а также для всех интересующихся медицинской статистикой. Программа прошла государственную регистрацию в Реестре программ для ЭВМ и получила свидетельство о регистрации Федеральной службы по интеллектуальной собственности (патент РФ) [11].

Работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ Центра информационных технологий и систем органов исполнительной власти (2017–2021 гг.) на кафедрах нормальной физиологии и медицинской физики, эндокринологии и диabetологии, пропедевтики стоматологических заболеваний Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова (AAAA-A16-116102010059-6).

Авторы статьи выражают благодарность д.м.н. Н.Б. Кармен за консультацию по аспектам физиологии при интерпретации логнормального распределения ИМТ.



Литература

1. Матосян К.А. Влияние индивидуальных факторов на риск развития нарушения массы тела у лиц в возрасте 15–25 лет: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М., 2017.
2. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009.
3. WHO. Global Database on Body Mass Index // <http://www.assessmentpsychology.com/icbmi.htm>.
4. Шанс умереть рассчитали по индексу массы тела // <https://lenta.ru/news/2016/01/26/bmi/>.
5. Calle E.E., Thun M.J., Petrelli J.M. et al. Body-mass index and mortality in a prospective cohort of U.S. adults // N. Engl. J. Med. 1999. Vol. 341. № 15. P. 1097–1105.
6. Бессесен Д.Г., Кушнер Р. Избыточный вес и ожирение: профилактика, диагностика и лечение. М.: Бином, 2004.
7. 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. Ч. 2. С. 328–331.
8. Мартиросов Э.Г. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе. М.: Физическая культура, 2009.
9. Логнормальное распределение // <https://excel2.ru/articles/lognormalnoe-raspredelenie-nepriyvatnye-raspredeleniya-v-ms-excel>.
10. Секей Г. Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике. М.: Мир, 1990.
11. Программа для определения и интерпретации индекса массы тела (BMI). Компьютерная программа. Номер регистрации (свидетельства) RU2019619430. Дата регистрации 17.07.2019. Номер и дата поступления заявки 2019618269 27.06.2019. Дата публикации и номер бюллетеня 17.07.2019. Бюл. № 7. Авторы: Арутюнов С.Д., Муслов С.А., Перцов С.С., Пивоваров А.А., Корнеев А.А., Мкртумян А.М., Арутюнов А.С., Сагателян Д.А.

Body Mass Index and Its Relationship with Health Indicators of Students of A.I. Yevdokimov MSMSU

S.A. Muslov, PhD, Prof.¹, A.M. Mkrumyan, MD, PhD, Prof.^{1,2}, S.D. Arutyunov, MD, PhD, Prof.¹

¹ A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry

² A.S. Loginov Moscow Clinical Scientific and Practical Center

Contact person: Ashot M. Mkrumyan, vagrashot@mail.ru

In recent decades, an unfavorable trend in lifestyle changes has clearly emerged: decreased physical activity, frequent psycho-emotional stress, overeating, and increased consumption of fast food. All this led to the spread of obesity not only among the adult population, but also in the group of children and adolescents. Even the normal body mass index (BMI) does not exclude obesity, which is determined by bioimpedanceometry in people aged 15–25. Increase in the content of visceral adipose tissue begins at the age of 17, and at the same time, the age of 18 years should be considered critical. The article discusses a comprehensive study of body mass index (BMI) and analysis of its relationship with physiological health indicators in students of A.I. Yevdokimov MSMSU. Distributions of respondents by BMI intervals considered by WHO, point and interval estimates are obtained. Considering, based on the Kolmogorov-Smirnov criterion (K-S test), the distribution of BMI is lognormal, the distribution parameters and the significance of differences in the indices of medical and dental faculties are calculated using the paired student criterion. It was revealed that the differences in BMI between faculties were not statistically significant ($p = 0.9$).

Interpretation of BMI indicators by categories and their comparison over the past 4 years have been performed. A strong correlation between BMI and the mass of the bone component $r = 0.83$ was investigated and established. The nature of the relationship of BMI with blood pressure indicators was investigated. The mean value was calculated from a sample of body mass index, systolic (SBP) and diastolic (DBP) blood pressure $21.66 \pm 0.40 \text{ kg/m}^2$, 116.75 ± 1.73 and $71.46 \pm 1.15 \text{ mm Hg}$, respectively ($M \pm 95\% \text{ CI}$). The regression dependences of the body mass index on blood pressure were obtained: $\text{SBP} = 77.11 + 1.83 \text{ BMI}$ ($R^2 = 0.18$), $\text{DBP} = 67.75 + 0.004 \text{ IMT}$ ($R^2 = 0.03$). The strength of communication was established: weak ($r = 0.43$) for variables BMI, SBP and very weak ($r = 0.06$) for variables BMI, DBP. At the same time, it was found that on the Chaddock scale, the correlation between the corresponding group means [mean (BMI), mean (SBP)] and [mean (BMI), mean (DBP)] is closer than between the categories BMI, SBP and BMI, DA: strong/weak in the 1st case and weak/very weak in the 2nd. The strength of the correlation relationship BMI, BP = SBP, DBP was studied in individual BMI categories. A strong BMI, BP and moderate strength BMI, DBP relationship between BMI and BP among obese individuals was revealed.

Thus, it was found that an increase in BMI causes a deviation of diabetes and DAD from normal. It is reported that the 'IMT – BM Index' mini-program has been created for calculating the patient's body mass index in order to establish the optimal correspondence between a person's weight and height. The program is designed for mobile computing devices based on the Android OS, easy to use and does not require special skills.

Key words: body mass index, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, obesity, mini-program 'IMT – BM Index'