

© Коллектив авторов, 2021

УДК 616-092.9

Шилин Д.С.^{1,2}, Шаповалов К.Г.^{1,2}

Фактор алиментарно-конституционального ожирения в изменениях системного кровообращения при COVID-19

¹ ГУЗ Городская клиническая больница № 1,

672010, Чита, Россия, ул. Ленина, д. 8;

² ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России,

672000, Чита, Россия, ул. Горького, 39А

Актуальность: ожирение является одной из самых распространенных в мире причин развития сопутствующих заболеваний. у человека. В настоящий момент проблема COVID-19 приводит к развитию и обострению сердечно-сосудистой патологии, сопровождающейся изменениями гемодинамики. **Цель исследования** – оценка зависимости изменений гемодинамики у пациентов с COVID-19 от алиментарно-конституционального ожирения.

Методика. Исследование выполнено у 73 пациентов обоего пола с внебольничной полисегментарной вирусно-бактериальной пневмонией на фоне COVID-19. Пациенты были разделены на 3 группы по индексу массы тела. В 1-ю группу вошли пациенты без избытка массы тела, 2-ю составили пациенты с избыточной массой тела, 3-ю – с ожирением 1 степени. Использован комплекс аппаратно-программного неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии «КАП ЦГ осм- «Глобус» (Россия).

Результаты. У пациентов с COVID-19, страдающих ожирением 1 степени (30,0 - 34,9 кг/м²). выявлено статистически значимое снижение сердечного индекса относительно лиц с нормальной массой тела (на 10,8%, $p=0,010$). Пациенты с избытком массы тела имели более высокое диастолическое давление (на 10,5%, $p=0,011$) Показатель периферического сосудистого сопротивления у пациентов с COVID-19 без избыточной массы тела был на 16.5% ниже, чем у пациентов с ожирением 1 степени. Удельное периферическое сопротивление сосудов у пациентов 1-й группы было на 10.3% меньше, чем у пациентов с избыточной массой тела. Податливость сосудистой стенки у пациентов 1-й группы была ниже на 22.5%, чем у пациентов с COVID-19 и ожирением 1 степени.

Заключение. У пациентов с внебольничной полисегментарной вирусно-бактериальной пневмонией на фоне COVID-19 при ожирении 1 степени и избыточной массе тела выявляются значимые изменения гемодинамики относительно больных с нормальной массой тела.

Ключевые слова: ожирение; Covid-19; гемодинамика; диастолическое давление; периферическое сосудистое сопротивление

Для цитирования: Шилин Д.С., Шаповалов К.Г. Фактор алиментарно-конституционального ожирения в изменениях системного кровообращения при COVID-19. *Патологическая физиология и экспериментальная медицина.* 2021; 65(4): 54-61.

DOI: 10.25557/0031-2991.2021.04.54-61

Для корреспонденции: Шилин Дмитрий Сергеевич, e-mail: Untara100@gmail.com

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Шилин Д.С., Шаповалов К.Г.; сбор и переработка материала – Шилин Д.С.; статистическая обработка – Шилин Д.С.; написание и редактирование текста – Шилин Д.С., Шаповалов К.Г.; окончательная версия статьи – Шилин Д.С., Шаповалов К.Г.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 29.06.2021

Принята к печати 02.11.2021

Опубликована 20.12.2021

Shilin D.S.^{1,2}, Shapovalov K.G.^{1,2}**The impact of exogenous constitutional obesity on the systemic circulation in COVID-19 patients**¹Chita Clinical Hospital #1,
Lenina St. 8, Chita 672010, Russian Federation,²Chita State Medical Academy,
Gorkogo St. 39A, Chita 672000, Russian Federation

Background: Obesity is one of the most common causes of comorbidities worldwide. During the COVID-19 pandemic, development and increasing severity of cardiovascular disorders associated with hemodynamic changes has become increasingly relevant. **Aims:** The study aimed to evaluate the hemodynamic changes in COVID-19 patients depending on the severity of their exogenous constitutional obesity.

Methods. 73 male and female patients with community-acquired polysegmental pneumonia of viral and bacterial origin associated with COVID-19 were enrolled in the study. The patients were allocated to three groups depending on the value of their body mass index (BMI). Group 1 included patients with normal body weight; Group 2 included overweight patients, and Group 3 included patients with grade 1 obesity (BMI 30.0-34.9 kg/m²). The measurements were performed using a technique of volumetric compression oscillometry on a non-invasive hemodynamic monitoring system KAP CG osm (Globus, Russia).

Results. COVID-19 patients with grade 1 obesity (BMI 30.0-34.9 kg/m²) demonstrated a statistically significant 10.8% decrease in the cardiac index compared to patients with normal body weight ($p=0.010$). Overweight patients had 10.5% higher diastolic blood pressure ($p=0.011$). Peripheral vascular resistance (PVR) in COVID-19 patients with normal body weight was 16.5% lower than in patients with grade 1 obesity. PVR adjusted for body surface area in patients with normal body weight was 10.3% lower than in overweight patients. The compliance of the vascular wall in Group 1 patients was 22.5% lower than in COVID-19 patients with grade 1 obesity.

Conclusion. COVID-19 patients with community-acquired, polysegmental pneumonia of viral and bacterial origin demonstrate significant hemodynamic changes compared to patients with normal body weights.

Keywords: obesity; COVID-19; hemodynamics; diastolic blood pressure; peripheral vascular resistance

For citation: Shilin D.S., Shapovalov K.G. The impact of exogenous constitutional obesity on the systemic circulation in COVID-19 patients. *Patologicheskaya Fiziologiya i Eksperimental'nyatserapiya. (Pathological Physiology and Experimental Therapy, Russian Journal)*. 2021; 65(4): 54-61. (in Russian).

DOI: 10.25557/0031-2991.2021.04.54-61

For correspondence: *Dmitriy S. Shilin*, Anesthesiology-reanimatologist, teacher of the Department of Physical Culture of the Chita State Medical Academy; 39A Gorkogo Str., 672000, Chita, Russian Federation, e-mail: Untara100@gmail.com

Contribution: research concept and design – Shilin D.S., Shapovalov K.G.; material collecting and processing – Shilin D.S.; statistical processing – Shilin D.S., Shapovalov K.G.; text writing – Shilin D.S., Shapovalov K.G.; editing final version of the article – Shilin D.S., Shapovalov K.G.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Information about the authors:

Shilin D.S., <https://orcid.org/0000-0003-4665-1960>

Received 29.06.2021

Accepted 02.11.2021

Published 20.12.2021

Введение

Население нашей планеты с трансформацией в информационное общество все чаще начало сталкиваться с так называемыми болезнями цивилизации. Человек переходит к менее энергозатратному образу жизни. В результате все чаще наблюдаются гиподинамия и, как следствие, возникающая с ним проблема ожирения. По официальным данным ВОЗ, в 2016 году 39% взрослых в возрасте 18 лет и старше имели избыточную массу тела, а 13% страдали ожирением [1].

Доказана роль избыточной массы тела в развитии сердечно-сосудистых заболеваний, таких как: гипертония, сахарный диабет, ишемическая болезнь сердца, и другие [2]. Избыточная масса тела влияет на жизнедеятельность, состояние органов и систем, как правило, негативно сказывается на здоровье.

Эпидемии вирусных инфекций все чаще стали появляться в повестке дня [3]. Эти процессы ранее носили, как правило, локальный характер. Однако, в насто-

ящее время вирус SARS-CoV-2 имеет широкое и пролонгированное распространение по всему миру [4].

Известно, что ожирение является фактором тяжелого течения гриппа А/Н1N1 и COVID-19 [5]. Вирус SARS-Cov-2 имеет высокое сродство к человеческому ангиотензинпревращающему ферменту 2 (АПФ2) [5]. Было показано, что АПФ2 является предполагаемым рецептором для проникновения COVID-19 в клетки-хозяина. Тканевая экспрессия АПФ2 различается в почках, сердце и легких у здоровых пациентов и пациентов, инфицированных коронавирусом [6]. Уровень экспрессии АПФ2 в жировой ткани выше, чем в ткани легких, основной ткани-мишени, пораженной COVID-19 [7]. При этом жировая ткань также может быть уязвима для COVID-19. Однако следует отметить, что не было различий в экспрессии белка АПФ2 адипоцитами и жировыми клетками-предшественниками между людьми с ожирением и без ожирения [7].

При попадании в кровоток вирус SARS-CoV-2, связываясь с рецепторами АПФ2, влияет на состояние гемодинамики через ренин-ангиотензин-альдостероновую систему, отвечающую за тонус сосудистой стенки [8,9]. При гипоксии возникает индуцированная ангиотензином II вазоконстрикция легких, направленная на оптимизацию соотношения вентиляции и перфузии, но одновременно вызывающая неблагоприятные гемодинамические эффекты [10].

Тяжелые формы вирусных пневмоний вызывают не только нарушения респираторной функции организма, но и критические нарушения состояния гемодинамики, коррекция которых является основной целью для поддержания жизнедеятельности пациентов. У пациентов с ожирением и COVID-19 чаще, чем у пациентов с нормальным индексом массы тела (ИМТ) возникают тромбоэмболические осложнения [11,12]. Замечено увеличение летальности с увеличением массы тела пациентов, так 88,2% выживших в городе Ухань имели ИМТ до 24,9 кг / м² [11].

Цель исследования – оценка зависимости изменений гемодинамики у пациентов с COVID-19 от алиментарно-конституционального ожирения.

Методика

Исследование выполнено в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964, 2004)

Проспективное нерандомизированное исследование включало 73 пациента обоего пола с внебольничной полисегментарной вирусно-бактериальной пневмонией на фоне COVID-19. Возраст пациентов от 42 до 84 лет. Все больные нуждались в респираторной поддержке и находились в реанимационных отделениях. Больным назначалось необходимое лечение, согласно актуальной версии временных методических рекомендаций министерства здравоохранения РФ «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции COVID-19». Исследование выполнялось на базе «ГУЗ» Городская клиническая больница №1 г. Читы. Работа одобрена локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия МЗРФ (протокол №102 от 15.05.2020). Диагноз верифицировали в соответствии с принятыми временными методическими рекомендациями министерства здравоохранения РФ «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции COVID-19». У всех пациентов выявлялась фоновая и сопутствующая патология: ИБС, сахарный диабет. Рентгенологическая картина поражения при компьютерной томографии – не менее 25% легочных полей. Критерии «невключения» в исследование: наличие онкологических заболеваний, тяжелого иммунодефицита, нестабильной гемодинамики, инфузии вазопрессоров, признаки гиповолемии.

Пациенты были разбиты на 3 группы в зависимости от индекса массы тела. Индекс массы тела рассчитывался по формуле вес/рост². В 1-ю группу вошли 22 пациента (13 мужчин, 9 женщин) без избытка массы тела (индекс до 24,9 кг/м²). Среднее значение возраста группы 65,5 лет. Вторую группу составили 26 пациентов (15 мужчин и 11 женщин) с ИМТ от 25,0 до 29,9 кг/м², средний возраст пациентов в группе составил 65,6 лет. Численность пациентов 3-й группы с ожирением 1 степени и ИМТ от 30,0 до 34,9 кг/м² составляла 25 человек (табл. 1).

В ходе анализа частоты встречаемости заболеваний не было выявлено значимых различий между группами. Исследования состояния гемодинамики осуществляли комплексом аппаратно-программного неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии «КАП ЦГ осм- «Глобус» (Россия). Оцененные макрогемодинамические параметры были разбиты на 3 блока. В первый блок включены показатели, относящиеся к системному артериальному давлению, такие как систолическое артериальное давление/systolic blood pressure (САД/SBP), диастолическое артериальное давление/diastolic blood pressure (ДАД/DBP), среднее артериальное давление/mean blood pressure (СрАД/МВР), боковое артериальное давление/oscillometric true systolic blood pressure (БАД/ОТСП), пульсовое артериальное давление/pulse blood

pressure (АДп/РВР) ударное артериальное давление / stroke blood pressure (АДуд/StBP), скорость пульсового артериального давления/pulse blood pressure velocity (СКАДп/РВРВ). **Второй блок** составили показатели сердечной деятельности: параметры сердечного выброса/cardiac output (СВ/СО), сердечного индекса/cardiac index (СИ/СИ), ударного объема /stroke volume (УО/SV), ударного индекса stroke index (УИ/СИ), объемная скорость выброса /volume ejection rate (ОСВ/VER), расход энергии на 1л сердечного выброса за минуту/energy expenditure (РЭ/ЕЕ) per 1 liter of cardiac output per minute.

Третий блок представлен показателями сосудистого русла: скоростью линейного кровотока/linear blood flow rate (СКлин/LBFR), пульсовой волны/pulse wave velocity (ПВ/PWV), податливостью сосудистой системы/vascular compliance (ПСС/VC), общее периферическое сосудистое сопротивление/total peripheral resistance (ОПСС/TPR), удельное периферическое сосудистое сопротивление/normalized peripheral resistance (УПСС/NPR), УПСС фактическое/УПСС рабочее/ NPR actual/NPR estimated ratio.

Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения «AnalystSoft Inc., StatPlus:mac» (v8.1, AnalystSoft Inc).

Полученные данные не соответствовали нормальному распределению. Нормальность проверяли с помощью критериев Шапиро-Уилка. Далее вычисляли медиану и 25 и 75 квартиль исследуемых параметров.

Для сравнения частоты заболеваемости между группами использовали критерий Хи-квадрат с поправкой Йетса на непрерывность. При сравнении медианных значений между группами по возрасту и гемодинамике использовали критерии Манна-Уитни. Различия между величинами считали статистически значимыми при $p < 0,05$

Результаты исследования

При сравнении группы показателей артериального давления было обнаружено, что у пациентов без избытка массы тела в сравнении с пациентами, чей индекс массы тела составлял от 25-29 кг/м², медианные значения диастолического артериального давления уве-

Таблица 1/Table 1

Характеристика групп пациентов (M[25;75])

Characteristics of patient groups (M[25;75])

Показатели	1 группа. Без избытка массы тела Group 1. Without excess body weight, n=22	2 группа. Избыточная масса тела Group 2. Excess body weight, n=26	3 группа. Ожирение I степени Group 3. Obesity degree I, n=25	Статистическая значимость Statistical significance
Средний возраст, годы Mean age, years I) BSCOPD	65,5	65,61	64,8	p1=0,895 p2=0,546 p3=0,667
ИБС Coronary heart disease	10 (45,5%)	13 (50,0%)	11 (44,0%)	p1=0,981 p2=0,847 p3=0,882
ХОБЛ Chronic obstructive pulmonary disease	6 (27,3%)	1(3,8%)	4(16,0%)	p1=0,060 p2=0,559 p3=0,324
Гипертоническая болезнь Hypertensive Disease	11 (50,0%)	12 (46,1%)	13 (52,0%)	p1=0,981 p2=0,877 p3=0,891
Сахарный диабет Diabetes mellitus	1 (4,5%)	7 (26,9%)	3 (12,0%)	p1=0,093 p2=0,697 p3=0,323
Летальность Lethality	10 (45,5%)	11 (42,3%)	9 (36,0%)	p1=0,959 p2=0,620 p3=0,773

Примечание. p1 – статистическая значимость различий между 1-й и 2-й группой; p2 – значимость между 1-й и 3-й группой; p3 – между 2-й и 3-й группой.

Note. p1, statistical significance between Groups 1 and 2; p2, statistical significance between Groups 1 and 3; p3, statistical significance between Groups 2 and 3.

личивались на 10,5% ($p=0,011$) (табл. 2). Иных изменений первой группы параметров гемодинамики у пациентов на кислородотерапии не выявили ($p > 0,05$).

При оценке группы показателей сердечной деятельности у пациентов, страдающих ожирением I степени (30,0–34,9) кг/м², выявили статистически значимое различие сердечного индекса относительно лиц с нормальной массой тела. Снижение медианных значений составляло 10,8% при $p=0,010$. Иных изменений параметров данного блока не отмечали (табл. 3).

При оценке группы сосудистых показателей выявилось больше всего статистически значимых различий между группами (табл. 4). Показатель периферического сосудистого сопротивления у пациентов без избыточной массы тела был на 16,5% ниже, чем у пациентов с ожирением I степени.

Удельное периферическое сопротивление сосудов у пациентов I группы было на 10,3% меньше, чем у пациентов с избыточной массой тела. Податливость сосудистой стенки у пациентов первой группы была ниже на 22,5%, чем у пациентов с ожирением I типа.

Обсуждение

Ожирение становится все более распространенным явлением и связано со значительным риском сердечно-сосудистых заболеваний [13]. Распределение и морфология жировой ткани играют ключевую роль в определении степени побочных эффектов, и ключевым фактором в процессе заболевания, по-видимому, является популяция воспалительных клеток в жировой ткани. Здоровая жировая ткань секретирует ряд вазо-

Таблица 2/Table 2

Изменение показателей артериального давления в зависимости от выраженности алиментарно-конституционального ожирения (M [25;75])
Changes in blood pressure depending on the severity of exogenous constitutional obesity (M [25;75])

Показатель гемодинамики (Hemodynamics index)	1 группа Без избытка массы тела Group 1. Without excess body weight, $n=22$	2 группа Избыточная масса тела Group 2. Excess body weight, $n=26$	3 группа Ожирение I степени Group 3 Obesity degree I, $n=25$	Статистическая значимость Statistical significance
САД, мм рт.ст. (SBP, mm Hg.)	125,000 [108,750;135,750]	131,000 [124,750;138,500]	122,000 [118,000;130,000]	$p1=0,270$ $p2=0,955$ $p3=0,068$
ДАД, мм рт.ст. (DBP, mm Hg.)	72,000 [61,000;78,750]	80,500 [75,500;88,500]	74,000 [69,000;85,000]	$p1=0,011$ $p2=0,241$ $p3=0,237$
БАД мм рт.ст. (OTSBP, mm Hg.)	105,000 [100,000;121,500]	119,000 [100,000;127,000]	107,000 [100,000;115,000]	$p1=0,439$ $p2=0,616$ $p3=0,187$
СрАД, мм рт.ст. (MBP, mm Hg.)	84,500 [77,250;96,000]	93,500 [85,000;103,000]	89,000 [79,000;94,000]	$p1=0,133$ $p2=0,750$ $p3=0,155$
АДп, мм рт.ст. (PBP, mm Hg.)	53,500 [44,250;59,750]	47,500 [42,250;60,750]	46,000 [37,000;53,000]	$p1=0,683$ $p2=0,194$ $p3=0,412$
СКАДп мм рт.ст./с. (PBPV, mm Hg./sec.)	301,500 [262,250;335,250]	284,000 [243,000;334,500]	257,000 [233,000;299,000]	$p1=0,408$ $p2=0,250$ $p3=0,689$
АДуд мм рт.ст. (StBP, mm Hg.)	26,000 [21,000;28,500]	25,500 [21,000;30,500]	28,000 [23,000;30,000]	$p1=0,493$ $p2=0,061$ $p3=0,389$

Примечание. САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; СрАД – среднее артериальное давление; БАД – боковое артериальное давление; АДп – пульсовое артериальное давление; СКАДп – скорость пульсового артериального давления; АДуд – ударное артериальное давление; $p1$ – статистическая значимость различий между 1-й и 2-й группой; $p2$ – между 1-й и 3-й группой; $p3$ – между 2-й и 3-й группой.

Note. SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MBP, mean blood pressure; OTSBP, oscillometric ‘true’ systolic blood pressure; PBP, pulse blood pressure; PBPV, pulse blood pressure velocity; StBP, stroke blood pressure; $p1$, statistical significance between Groups 1 and 2; $p2$, statistical significance between Groups 1 and 3; $p3$, statistical significance between Groups 2 and 3.

активных адипокинов и противовоспалительных цитокинов, и изменения этого секреторного профиля будут способствовать развитию ожирения [14].

В первом блоке исследуемых гемодинамических функций выявлено статистически значимое увеличение диастолического артериального давления на 10,5% при $p=0,011$ (табл. 2) у пациентов 1 и 2 групп. В диастолу главным образом происходит перфузия сердечной мышцы, при увеличении массы тела нагрузка возрастает и, как следствие, увеличивается потребность в нутритивной поддержке.

Замечено, что у больных ИБС с метаболическим синдромом по мере увеличения степени ожирения возрастает степень диастолической дисфункции [15]. В то же время встречаемость гипертрофии левого желудочка выше только у больных с ожирением II степени [15]. Диастолическая дисфункция является прямым следствием структурных, динамических и метаболически индуцированных патофизиологических процессов в миокарде [16].

При небольшом изменении массы тела сердечная деятельность адаптировалась функционально, это не сопровождалось ремоделированием сердца. А значит и не приводило к потребности к увеличению питания миокарда.

При оценке второго блока, отражающих изменения в сердечной деятельности, выявили изменения показателя сердечного индекса, который отражает отношения сердечного выброса на единицу поверхности тела человека. У пациентов первой группы он был выше на 10,8% при $p=0,010$ (табл. 3). С увеличением массы тела сердечный выброс статистически значимо не изменялся, однако в пересчете на площадь поверхности тела, была выявлена главным образом функциональная декомпенсация сердца. Возможно при сравнении 1-й и 2-й группы поверхность тела изменялась незначительно и не приводила к отклонениям параметра. При ожирении 1 степени и тяжелом течении COVID-19 сердечная мышца не может обеспечить полноценный сердечный выброс.

Таблица 3/Table 3

Изменение показателей сердечной деятельности в зависимости от выраженности алиментарно-конституционального ожирения (М [25;75])
Changes in cardiac performance depending on the severity of exogenous constitutional obesity (M [25;75])

Показатель гемодинамики Hemodynamics index	1 группа Без избытка массы тела Group 1. Without excess body weight, $n=22$	2 группа Избыточная масса тела Group 2. Excess body weight, $n=26$	3 группа Ожирение I степени Group 3 Obesity degree I, $n=25$	Статистическая значимость Statistical significance
СВ, л/мин (CO, l/min)	5,750 [4,725;6,275]	6,100 [5,550;6,575]	5,700 [5,200;6,200]	$p1=0,216$ $p2=0,724$ $p3=0,279$
СИ, л/(мин \times м ²) (CI, l/(min \times m ²))	3,250 [3,025;3,400]	3,200 [2,900;3,500]	2,900 [2,800;3,200]	$p1=0,506$ $p2=0,010$ $p3=0,082$
УО, мл (SV, ml)	77,000 [58,250;84,000]	75,000 [66,250;90,250]	73,000 [61,000;93,000]	$p1=0,724$ $p2=0,909$ $p3=0,968$
УИ, мл/м ² (SI, ml/m ²)	43,000 [36,750; 48,500]	39,000 [35,000;47,250]	38,000 [32,000;43,000]	$p1=0,200$ $p2=0,124$ $p3=0,741$
ОСВ, мл/с (VER, ml/sec)	227,000 [180,250;262,750]	226,500 [208,000;275,000]	221,000 [184,000;262,000]	$p1=0,651$ $p2=0,767$ $p3=0,589$
РЭ, Вт (EE, W)	11,000 [10,325;12,725]	12,500 [11,250;13,675]	11,700 [10,600;12,600]	$p1=0,122$ $p2=0,716$ $p3=0,131$

Примечание. Показатели сердечной деятельности: СВ – сердечного выброса; СИ – сердечного индекса; УО – ударного объема; УИ – ударного индекса; ОСВ – объемная скорость выброса; РЭ – расход энергии на 1л сердечного выброса за минуту; $p1$ – статистическая значимость различий между 1-й и 2-й группой; $p2$ – между 1-й и 3-й группой; $p3$ – между 2-й и 3-й группой.

Note. CO, cardiac output; CI, cardiac index; SV, stroke volume; SI, stroke index; VER, volume ejection rate; EE, energy expenditure per 1 liter of cardiac output per minute; $p1$, statistical significance between the Groups 1 and 2; $p2$, statistical significance between Groups 1 and 3; $p3$, statistical significance between Groups 2 and 3.

При оценке третьего блока, отражающих состояния сосудистого русла, было выявлено больше всего изменений. У пациентов без избыточной массы тела в сравнении с пациентами с ожирением 1 степени, показатель податливости сосудистой стенки увеличивался (табл. 4). При увеличении массы тела увеличивалось и количество, и протяженность капиллярной сети. Адаптация сердечно-сосудистой системы происходила за счет увеличения податливости сосудистой стенки, из-за расширения объема и протяженности капиллярного русла. При сравнения соседних групп между собой, статистически значимых изменений выявлено не было.

Удельное периферическое сопротивление сосудов было значительно ниже у пациентов без избыточной массы тела, в сравнении с другими двумя группами. Вследствие особенности расчета показателя, который учитывает площадь поверхности тела, достигалась

большая степень его чувствительности к изменениям антропометрических данных.

Сдвиги гормонально-метаболического статуса при метаболическом синдроме обуславливают раннее развитие эндотелиальной дисфункции (ЭД) и атеросклеротических изменений сосудов, что создает предпосылки для возникновения и быстрого прогрессирования ряда тяжелых сердечно-сосудистых заболеваний, приводящих к ранней инвалидизации и преждевременной смерти этой категории больных [17-19]. Известно, что местное кровообращение также регулируется тканевыми метаболитами по механизму обратной связи. В условиях повышения АД происходит нарушение метаболизма эндотелиальной клетки, соответственно, изменяется продукция ряда факторов, в частности, эндотелий-зависимого релаксирующего фактора (ЭРФ), снижающего тонус сосуда, а также вазоконстрикторов, из которых в качестве наиболее активного рассматри-

Таблица 4/Table 4

Изменение сосудистых показателей в зависимости от выраженности алиментарно-конституционального ожирения (М [25;75])

Changes in vascular indices depending on the severity of alimentary-constitutional obesity (M [25;75])

Показатель гемодинамики Hemodynamics index	1 группа Без избытка массы тела Group 1. Without excess body weight, n=22	2 группа Избыточная масса тела Group 2. Excess body weight, n=26	3 группа Ожирение I степени Group 3 Obesity degree I, n=25	Статистическая значимость Statistical significance
СКлин, см/с (LBFR, cm/sec)	40,000 [36,000; 41,750]	39,500 [35,500; 42,750]	37,000 [34,000; 40,000]	p1=1,000 p2=0,320 p3=0,372
ПВ, см/с (PWV, cm/sec)	1000,500 [965,250; 1086,250]	946,500 [903,500; 1114,500]	901,000 [832,000; 1009,000]	p1=0,390 p2=0,052 p3=0,103
ПСС, мл/мм рт.ст. (VC, ml/mm Hg.)	1,265 [1,073; 1,505]	1,315 [1,233; 1,500]	1,550 [1,230; 1,670]	p1=0,659 p2= 0,048 p3=0,150
ОПСС, дин×с/см ⁵ (TPR, dyn×sec/cm ⁵)	1210,000 [1123,500; 1351,750]	1209,500 [1151,750; 1329,000]	1206,000 [1134,000; 1329,000]	p1=0,589 p2=0,946 p3=0,522
УПСС, мм.рт.ст./л/ (мин×м ²) (NPR, mm.Hg/l/(min×m ²))	26,000 [24,250; 29,000]	30,000 [26,500; 32,000]	29,000 [28,000; 33,000]	p1= 0,005 p2= 0,002 p3=0,825
УПСС фактическое/УПСС рабочее, отн. ед. (NPR actual/NPR estimated ratio, relative unit)	0,347 [0,276; 0,577]	0,329 [0,207; 0,527]	0,529 [0,249; 0,605]	p1=0,501 p2=0,682 p3=0,289

Примечание. Показатели сосудистого русла: СКлин – скорость линейного кровотока; ПВ – пульсовой волны; ПСС – податливость сосудистой системы; ОПСС – общее периферическое сосудистое сопротивление; УПСС – удельное периферическое сосудистое сопротивление; УПСС фактическое/УПСС рабочее; p1– статистическая значимость различий между 1-й и 2-й группой; p2 – между 1-й и 3-й группой; p3 – между 2-й и 3-й группой.

Note. LBFR, linear blood flow rate; PWV, pulse wave velocity; VC, vascular compliance; TPR, total peripheral resistance; NPR, normalized peripheral resistance; NPR actual/NPR estimated ratio; p1, statistical significance between the Groups 1 and 2; p2, statistical significance between Groups 1 and 3; p3, statistical significance between Groups 2 and 3.

вается эндотелин. При этом уровень ЭРФ снижается, а эндотелина и других вазоконстрикторов – увеличивается; эти сдвиги способствуют развитию гипертрофии сосудистой артериальной стенки [20, 21].

Заключение

У пациентов с избыточной массой тела (ИМТ от 25,0 до 29,9 кг/м²) диастолическое артериальное давление и удельное периферическое сосудистое сопротивление было выше, чем у пациентов без избытка массы тела (ИМТ > 24,9 кг/м²).

У пациентов с ожирением 1 степени (ИМТ от 30,0 до 34,9 кг/м²) в сравнении с пациентами без избытка массы тела (ИМТ > 24,99 кг/м²) выявили изменения сердечного индекса, податливости сосудистой стенки, удельно периферического сосудистого сопротивления.

Литература

(п.п. 1-15; 17 см. References)

16. Шуваев И.П., Асымбекова Э.У., Шерстянникова О.М., Ахмедьярова Н.К., Рахимов А.З. Мацкеплишвили С.Т. Влияние нарушения жирового обмена на тяжесть диастолической дисфункции миокарда у больных ишемической болезнью сердца с метаболическим синдромом. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2018; 19(6): 800–10.
17. Мустафаева А.Г. Взаимосвязь эндотелиальной дисфункции и развития осложненной метаболического синдрома *Казанский медицинский журнал*. 2018; 99(5): 784-91.
18. Ледяев М.Я., Черненко Ю.В., Черкасов Н.С. и др. Оценка факторов риска и профилактика развития артериальной гипертензии у подростков. *Лечащий врач*. 2012; (6): 27-31.
19. Стрюк Р.И., Брыткова Я.В. Дисфункция эндотелия – ранний маркер дебюта артериальной гипертензии. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2014; 13(2): 110.
20. Табаров М.С., Тоштемурова З.М., Саидмурадова Р.А., и др. Физиология и патология эндотелия. *Вестник Авиценны*. 2012; (2): 196-202.
5. Milner J.J., Rebeles J., Dhungana S., et al. Obesity increases mortality and modulates the lung metabolism during pandemic H1N1 influenza virus infection in mice. *J Immunol*. 2015; 194(10): 4846-59.
6. Zhou P., Yang X., Wang X., et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 2020; 579: 270–3.
7. Bozkurt B., Kovacs R., Harrington B. Joint HFSA/ACC/AHA Statement Addresses Concerns Re: Using RAAS Antagonists in COVID-19 *ACC News Story*. 2020; 26(5): 370.
8. Jia X., Yin C., Lu S., et al. Two things about COVID-19 might need attention. *Preprints*. 2020;2020020315.
9. Pinheiro T.A., Barcala-Jorge A.S., Andrade J.M.O., et al. Obesity and malnutrition similarly alter the renin-angiotensin system and inflammation in mice and human adipose. *J Nutr Biochem*. 2017; 48: 74-82.
10. Bourgonje A.R., Abdulle A.E., Timens W., Hillebrands J.-L., Navis G.J., Gordijn S.J., et al. Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2), SARS-CoV-2 and the pathophysiology of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *J Pathol*. 2020; 251(3): 228-48.
11. Cao Y., Li L., Feng Z., Wan S., Huang P., Sun X., et al. Comparative genetic analysis of the novel coronavirus (2019-nCoV/SARS-CoV-2) receptor ACE2 in different populations. *Cell Discov*. 2020; 6: 11.
12. Peng Y.D., Meng K., Guan H.Q. Clinical characteristics and outcomes of 112 cardiovascular disease patients infected by 2019-nCoV. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2020 Jun 24; 48(6): 450-5.
13. Movahed M.R., Khoubyari R., Hashemzadeh M., Hashemzadeh M. Obesity is strongly and independently associated with a higher prevalence of pulmonary embolism. *Respir Investig*. 2019; 57(4): 376-9.
14. Alpert M.A., Omran J., Bostick B.P. Effects of Obesity on Cardiovascular Hemodynamics, Cardiac Morphology, and Ventricular Function Review. *Curr Obes Rep*. 2016; 5(4): 424-34.
15. Kachur S., Lavie C.J., Schutter A., Milani R.V., Ventura H.O. Obesity and cardiovascular diseases. *Minerva Med*. 2017 Jun; 108(3): 212-28.
16. Shuvaev I.P., Asymbekova E.U., Sherstyannikova O.M., Akhmedyarova N.K., Rakhimov A.Z. Matskeplishvili S.T. Influence of lipid metabolism disorders on the severity of diastolic myocardial dysfunction in patients with ischemic heart disease with metabolic syndrome. *Serdchno-sosudistye zabolevaniya. Byulleten' NCSSKH im. A.N. Bakuleva RAMN*. 2018; 19(6): 800-10. (in Russian)
17. Von Bibra H., Sutton M.S.J. Diastolic dysfunction in diabetes and the metabolic syndrome: promising potential for diagnosis and prognosis. *Diabetologia*. 2010; 53(6): 1033-45.
18. Mustafaeva A.G. The relationship of endothelial dysfunction and the development of complications of the metabolic syndrome *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2018; 99(5): 784-91. (in Russian)
19. Ledyayev M.Ya., Chernenkov Yu.V., Cherkasov N.S. Evaluation of risk factors and prevention of the development of arterial hypertension in adolescents. *Lechashchiy vrach*. 2012; (6): 27-31. (in Russian)
20. Stryuk R.I., Brytkova Ya.V. Endothelial dysfunction is an early marker of the onset of arterial hypertension. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2014; 13(2): 110. (in Russian)
21. Tabarov M.S., Toshtemirova Z.M., Saidmuradova R.A., et al. Physiology and pathology of the endothelium. *Vestnik Avicenny*. 2012; (2): 196-202. (in Russian)

References

1. The World Health Organization (2021) Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
2. Lorenzo A.D., Gratteri S., Gualtieri P., Cammarano A., Bertucci P., Renzo L.D. Why is primary obesity a disease? *J Transl Med*. 2019; 17(1): 169.
3. Standing up to infectious disease. *Nat Microbiol* 2019; 4(1):1.
4. Khan M., Adil S.F., Alkhatlan H.Z., Tahir M.N., Saif S., Khan M., Khan S.T. COVID-19: A Global Challenge with Old History, Epidemiology and Progress So Far. *Molecules*. 2020; 26(1): 39.

Сведения об авторах:

Шилин Дмитрий Сергеевич, врач анестезиолог-реаниматолог, отделение реанимации и интенсивной терапии для больных с острым нарушением кровообращения, преподаватель каф. физической культуры Читинской государственной медицинской академии;

Шаповалов Константин Геннадьевич, доктор мед. наук, проф., врач анестезиолог-реаниматолог, зав. каф. анестезиологии и реанимации Читинской государственной медицинской академии.