

***Николаева Полина Павловна***

студентка

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

***Фролова Мария Александровна***

канд. хим. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

***Добросмылова Ирина Анатольевна***

канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

***Добросмыслов Светослав Анатольевич***

учащийся

МАОУ «СОШ №3»

г. Канаш, Чувашская Республика

***Журавлев Анатолий Петрович***

магистрант

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

аграрный университет»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

*DOI 10.31483/r-168431*

## **АНАЛИЗ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ НАГРУЗКАХ**

***Аннотация:*** в статье представлены результаты исследования реактивности сердечно-сосудистой системы человека, полученные в ходе проведения серии функциональных проб с последующей математической обработкой гемо-

динамических показателей. Установлено, что разные типы стрессорных воздействий (динамическая нагрузка, ортостатическая проба, когнитивный стресс) вызывают качественно различные гемодинамические паттерны. Выявлено, что динамическая нагрузка преимущественно увеличивает сердечный выброс, ортостатическая проба активирует барорефлекторную компенсацию, а когнитивный стресс провоцирует выраженную прессорную реакцию за счёт роста периферического сосудистого сопротивления. Показано, что реакция на психоэмоциональный стресс, характеризующаяся вазоконстрикцией и замедленным восстановлением, несёт наибольший долгосрочный риск для сосудистого здоровья. Продемонстрирована применимость комплекса функциональных проб и математического анализа показателей АД для экспресс-оценки адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы.

**Ключевые слова:** артериальное давление, функциональные пробы, гемодинамический ответ, адаптация, стресс.

Проблема оценки адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы и выявления потенциально опасных типов гемодинамической реакции остаётся одной из актуальных в современной физиологии и превентивной медицине. Артериальное давление (АД) – динамический показатель, отражающий сложное взаимодействие сердечного выброса и периферического сосудистого сопротивления, а его вариабельность служит маркером эффективности регуляторных механизмов [2; 6]. Особую клиническую значимость имеет изучение реакций на разнотипные стрессоры: физическую нагрузку, изменение положения тела, психоэмоциональное напряжение, поскольку они задействуют разные звенья регуляции и могут по-разному влиять на долгосрочный прогноз сосудистого здоровья [5; 8]. В частности, прессорные реакции на когнитивный стресс, сопровождающиеся вазоконстрикцией, рассматриваются как один из ключевых факторов риска развития нейрогенной артериальной гипертензии [8]. В связи с этим разработка и применение стандартизированных протоколов функциональных проб

с количественной оценкой гемодинамических паттернов представляют научно-практическую ценность [3; 7].

В качестве методических моделей в работе использованы три типа функциональных нагрузок, позволяющие дифференцированно оценивать основные механизмы регуляции АД: динамическую нагрузку (проба Мартинэ) как модель увеличения сердечного выброса, активную ортостатическую пробу как модель срочной барорефлекторной адаптации и когнитивный стресс-тест как модель симпатoadреналовой активации с преимущественным влиянием на тонус сосудов [2; 5].



Рис. 1. Схема проведения функциональных проб и мониторинга гемодинамических показателей

Целью настоящего исследования являлся комплексный анализ показателей артериального давления и выявление специфики гемодинамических реакций на разные типы нагрузки с оценкой потенциального риска выявленных паттернов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи.

1. Оценить влияние динамической нагрузки на показатели АД и ЧСС, определить характер реакции сердечного выброса и скорость восстановления гемодинамики.

2. Исследовать реакцию сердечно-сосудистой системы на ортостатическое воздействие, выявить эффективность барорефлекторной компенсации и динамику стабилизации давления.

3. Определить особенности гемодинамического ответа на когнитивный стресс, оценить выраженность прессорной реакции и длительность периода восстановления.

4. Провести сравнительный анализ полученных результатов, сопоставить механизмы реакций на разные виды нагрузки и оценить потенциальную клиническую значимость выявленных гемодинамических паттернов.

Исследования выполнены на базе лаборатории Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова. Объектом исследования выступил здоровый доброволец – студент 18 лет, нормостенического телосложения, регулярно занимающийся спортом, не употреблявший в день исследования лекарства, кофеин и алкоголь. Для минимизации внешних влияний измерения проводились в утренние часы в комфортных условиях (температура 22–24 °С, тишина). Перед каждой пробой и после 20-минутного восстановительного периода фиксировались фоновые показатели АД и ЧСС после 10-минутного отдыха в положении сидя. Во всех сериях формировали контрольные (фоновые) и опытные (после воздействия) точки наблюдения; условия тестирования были стандартизированы.

В качестве инструмента измерения использовали автоматический тонометр WEB306. В каждой контрольной точке выполняли трёхкратное измерение с минутным интервалом; для анализа брали среднее арифметическое значение.

Расчёт производных показателей проводили по стандартным формулам:

Пульсовое давление (ПД):  $ПД = САД - ДАД$  (мм рт. ст.).

Среднее артериальное давление (СрАД):  $СрАД = ДАД + 3ПД$  (мм рт. ст.) – показатель, наиболее точно отражающий перфузионное давление органов.

Абсолютное изменение параметра:  $\Delta X = X_t - X_{\text{контроль}}$  (мм рт. ст. или уд/мин).

Относительное изменение параметра:  $\Delta X\% = (X_{\text{контроль}} - \Delta X) \times 100\%$  – для сравнения интенсивности реакций на разные стимулы.

Эксперимент 1 («Влияние динамической нагрузки на гемодинамику») проводили по протоколу пробы Мартинэ. Испытуемый выполнял стандартную динамическую нагрузку, после чего сразу и далее через фиксированные интервалы времени регистрировали показатели АД и ЧСС. Наблюдение за динамикой восстановления осуществляли в течение 10 минут. В контрольной точке измерения проводили до нагрузки.

Эксперимент 2 («Реакция на ортостатическое воздействие») заключался в проведении активной ортостатической пробы: испытуемый из положения лёжа переходил в положение стоя, после чего показатели фиксировали через 15 секунд, 1 и 3 минуты. Контрольные измерения выполняли в положении лёжа. Наблюдение позволяло оценить скорость и полноту барорефлекторной компенсации при перераспределении крови.

Эксперимент 3 («Гемодинамический ответ на когнитивный стресс») предусматривал выполнение стандартизированного когнитивного стресс-теста, во время и после которого регистрировали АД и ЧСС. Измерения проводили на пике нагрузки, сразу после её окончания и через 3 минуты восстановления.

Контрольным показателем служил исходный уровень до теста.

Результаты эксперимента 1 показали, что динамическая нагрузка вызывает резкий рост систолического давления и частоты сердечных сокращений. Исходные показатели испытуемого составили: САД<sub>0</sub>=118 мм рт. ст., ДАД<sub>0</sub>=76 мм рт. ст., ЧСС<sub>0</sub>=72 уд/мин. Сразу после нагрузки САД повысилось до 148 мм рт. ст., ЧСС – до 112 уд/мин, тогда как ДАД незначительно снизилось до 70 мм рт. ст. В последующие минуты отмечалась постепенная нормализация показателей: к 6-й минуте САД составило 120 мм рт. ст., ЧСС – 78 уд/мин; к 10-й минуте все параметры вернулись к исходному уровню. Такая динамика соответствует классической физиологической реакции на динамическую работу и свидетельствует о хорошей функциональной готовности сердечно-сосудистой системы и эффективной работе механизмов срочной адаптации [1; 6].

Динамика АД и ЧСС при динамической нагрузке

Время измерения, мин.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС уд/мин	Комментарии
Контроль	118	76	72	До нагрузки
Сразу после нагрузки	148	70	112	После нагрузки
2	130	74	96	
6	120	76	78	
10	118	76	72	Полное восстановление

Результаты эксперимента 2 выявили типичную триаду реакций на ортостатическое воздействие (Табл. 2). При переходе в вертикальное положение наблюдалось кратковременное снижение САД (до 105 мм рт. ст.), сопровождавшееся компенсаторным ростом ДАД до 80 мм рт. ст. и ЧСС до 92 уд/мин. В течение 3 минут показатели стабилизировались: САД восстановилось до 116 мм рт. ст., ЧСС снизилась до 76 уд/мин, ДАД составило 78 мм рт. ст. Незначительное отклонение СРАД подтверждает высокую эффективность барорецепторного рефлекса в поддержании адекватной перфузии при изменении положения тела [2; 8].

Таблица 2

Динамика показателей при ортостатической пробе

Показатели	Контроль (лёжа)	Время измерения, мин.		
		15 сек (стоя)	1 мин (стоя)	3 мин (стоя)
САД, мм рт. ст.	118	105	110	116
ДАД, мм рт. ст.	76	80	82	78
ЧСС, уд/мин	72	92	88	76
Комментарии	Исходный гомеостаз	Начальная гипотензивная фаза	Активная компенсация	Стабилизация

Данные эксперимента 3 показали, что когнитивный стресс вызывает пресорную реакцию с сочетанным ростом САД и ДАД (Табл. 3). На пике нагрузки САД достигло 132 мм рт. ст., ДАД – 85 мм рт. ст., ЧСС – 88 уд/мин. После окончания теста показатели начали снижаться, однако даже через 3 минуты восстановления САД оставалось повышенным на уровне 121 мм рт. ст., что свидетельствует о замедленном возврате к исходному гомеостазу. Такой гемодинамический профиль отражает преимущественное влияние стресса на периферическое

сосудистое сопротивление и указывает на потенциально более высокий долгосрочный риск по сравнению с реакциями на физическую нагрузку [5; 8].

Таблица 3

## Динамика показателей при когнитивной нагрузке

Время измерения, мин.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС, уд/мин	Комментарии
Контроль	118	76	72	Исходный уровень
2 минуты нагрузки	132	85	88	Пик реакции на стресс
После нагрузки	128	82	84	Окончание нагрузки
3 минуты восстановления	121	78	75	Частичное восстановление

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что сердечно-сосудистая система формирует специфические гемодинамические паттерны в ответ на разные типы стрессоров. Динамическая нагрузка приводит к увеличению сердечного выброса при умеренной вазодилатации, что сопровождается быстрым восстановлением показателей. Ортостатическая проба демонстрирует эффективную работу барорефлекторного механизма, обеспечивающего быструю стабилизацию давления при перераспределении крови. Когнитивный стресс, напротив, вызывает вазоконстрикцию и прессорную реакцию, характеризующуюся более длительным периодом нормализации гемодинамики [8; 9].

Сравнительная оценка степени выраженности и продолжительности реакций показывает, что наибольшую потенциальную опасность для сосудистого здоровья представляет реакция на психоэмоциональный стресс. Её ключевые особенности – одновременный рост САД и ДАД, отражающие увеличение периферического сопротивления, и замедленное восстановление – соответствуют патогенетическим звеньям формирования нейрогенной артериальной гипертензии. Следовательно, даже у здорового молодого испытуемого когнитивный стресс способен индуцировать гемодинамические сдвиги, сопоставимые по величине с физической нагрузкой, но отличающиеся по механизму и клиническому прогнозу [5; 8].

Полученные результаты согласуются с данными литературы о роли симпатoadреналовой активации и периферического сосудистого сопротивления в формировании прессорных реакций [1; 5; 8]. Комплекс использованных функциональных проб и методов математического анализа подтвердил свою пригодность для экспресс-оценки реактивности сердечно-сосудистой системы и выявления уязвимых звеньев регуляции [3; 7]. Превышение показателей САД и замедление восстановления в ответ на когнитивную нагрузку по сравнению с другими видами воздействия свидетельствуют о значительной стрессовой нагрузке на систему кровообращения даже при кратковременном психоэмоциональном напряжении [6].

Таким образом, проведённые исследования наглядно демонстрируют, что разные типы нагрузки вызывают качественно различные реакции сердечно-сосудистой системы, имеющие разную прогностическую значимость. Результаты работы подчёркивают важность дифференцированного подхода к оценке адаптационных возможностей организма и раннему выявлению потенциально опасных гемодинамических паттернов. Полученные данные могут быть использованы в образовательных программах по физиологии, профилактической медицине и кардиологии, а также в рамках индивидуальных рекомендаций по управлению стрессом и сохранению сосудистого здоровья.

### *Список литературы*

1. Агаджанян Н.А. Нормальная физиология: учебник для студентов высших учебных заведений / Н. А. Агаджанян, В. М. Смирнов. – М.: Медицинское информационное агентство, 2009. – 520 с.
2. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 265 с.
3. Методы функциональной диагностики в физиологии и медицине: учебное пособие / под ред. В.В. Ларина, И.О. Тихонова. – СПб.: СпецЛит, 2019. – 223 с.

4. Коробков А.В. Избранные лекции по спортивной физиологии / А.В. Коробков, С.А. Чеснокова. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 144 с.
5. Судаков К.В. Нормальная физиология: учебник / К.В. Судаков. – М.: Медицинское информационное агентство, 2006. – 718 с.
6. Мухортова Л.И. Техногенные системы и экологический риск / Л.И. Мухортова, П.М. Лукин, И.В. Добросмылова. – Чебоксары, 2009. – 444 с. – ISBN 978-5-7677-1302-8.
7. Остроумова О.Д. Артериальное давление. От измерения до анализа суточного профиля: руководство для врачей / О.Д. Остроумова, М.М. Фитилева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 176 с.
8. Ройтберг Г.Е. Внутренние болезни. Сердечно-сосудистая система / Г.Е. Ройтберг, А.В. Струтынский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МЕДпресс-информ, 2021. – 816 с.
9. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension / B. Williams, G. Mancia, W. Spiering [et al.] // European Heart Journal. – 2018. – Vol. 39, Iss. 33. – P. 3021–3104. DOI 10.1093/eurheartj/ehy339. EDN QMQERF