

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

Юсупова Ирода Аҳмаджоновна – ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии Ташкентского государственного медицинского университета..

Азимова Севара Баҳодировна – профессор кафедры нормальной и патологической физиологии Ташкентского государственного медицинского университета.

Ахмедова Дилфуза Баҳодировна - доцент кафедры нормальной и патологической физиологии Ташкентского государственного медицинского университета.

Annotatsiya

Tadqiqot maqsadi: Organizmning fiziologik va biokimyoviy ko'rsatkichlariga, jumladan glyukoza, insulin darajasi va HOMA-IR indeksiga surunkali immobilizatsion stressning ta'sirini tahlil qilish.

Materiallar va usullar. Ushbu tadqiqotda xronik stressning organizmning metabolik ko'rsatkichlariga, xususan, qonda glyukoza, insulin darajasi va HOMA-IR (Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance) indeksiga ta'siri o'rganilgan. Eksperimentda hayvonlarga uzoq muddatli psixoemotsional stressni taqlid qiluvchi stress omili qo'llanilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, xronik stress sharoitida uglevod almashinuvida sezilarli o'zgarishlar kuzatilgan, shu jumladan glyukoza va insulin darajalarining oshishi va insulin rezistentligi rivojlanishi. Tadqiqot davomida ko'rsatkichlar yaxshilanishi qayd etilgan, biroq o'zgarishlar hali ham sezilarli bo'lib, oxir-oqibat organizmning qisman moslashuvini ko'rsatdi.

Xulosa. Ushbu ish xronik stress javobida metabolizm buzilishlariga oid mexanizmlar haqida yangi ma'lumotlarni taqdim etadi.

Kalit so'zlar: xronik stress, metabolizm, glyukoza, insulin, HOMA-IR, insulin rezistentligi, moslashuv, hayvonlar, uglevod almashinuvi.

Аннотация

Цель исследования: анализ влияния хронического иммобилизационного стресса на физиологические и биохимические показатели организма, включая уровень глюкозы, инсулина и индекс HOMA-IR.

Материалы и методы. В данном исследовании изучалось влияние хронического стресса на метаболические показатели организма, в частности на уровень глюкозы и инсулина в крови, а также индекс HOMA-IR (оценка инсулинорезистентности по гомеостатической модели). В эксперименте использовался стресс-фактор, имитирующий длительный психоэмоциональный стресс у животных.

По результатам исследования, в условиях хронического стресса наблюдались выраженные изменения углеводного обмена, включая повышение уровня глюкозы и инсулина, а также развитие инсулинорезистентности. В ходе эксперимента были зафиксированы некоторые улучшения показателей, однако изменения оставались значительными, что указывает на частичную адаптацию организма.

Вывод. Данная работа представляет новые данные о механизмах метаболических нарушений в ответ на хронический стресс.

Ключевые слова: хронический стресс, метаболизм, глюкоза, инсулин, HOMA-IR, инсулинорезистентность, адаптация, животные, углеводный обмен.

Abstract

Materials and Methods. This study examined the impact of chronic stress on the body's metabolic indicators, particularly blood glucose and insulin levels, and the HOMA-IR index (Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance). In the experiment, animals were exposed to a stress factor simulating prolonged psycho-emotional stress.

According to the study results, chronic stress conditions led to significant alterations in carbohydrate metabolism, including increased glucose and insulin levels and the development of insulin resistance. Some improvements in indicators were noted during the course of the study; however, the changes remained notable, indicating partial adaptation of the organism.

Conclusion. This work provides new insights into the mechanisms of metabolic disturbances in response to chronic stress.

Keywords: chronic stress, metabolism, glucose, insulin, HOMA-IR, insulin resistance, adaptation, animals, carbohydrate metabolism.

Введение. Хронический стресс, состояние, характеризующееся длительным воздействием негативных факторов и постоянной мобилизацией ресурсов организма, является одним из наиболее активно изучаемых аспектов современной медицины и психологии [1, 2]. Он занимает центральное место в ряду факторов, оказывающих значительное влияние на физиологическое и биохимическое состояние человека. В отличие от кратковременного, адаптивного стресса, который выполняет важную защитную функцию, хронический стресс становится деструктивным, истощая ресурсы организма и приводя к серьезным последствиям [3, 4].

Современные исследования, опирающиеся на данные нейробиологии, эндокринологии и метаболизма, все более убедительно демонстрируют, что длительная стрессовая нагрузка, будь то постоянная работа в режиме перегрузок, сложные семейные обстоятельства, финансовые трудности или хроническая социальная изоляция, может существенно изменить метаболические процессы. В частности, хронический стресс приводит к постоянной активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГНС), что, в свою очередь, вызывает повышенную секрецию кортизола – гормона стресса. Постоянно высокий уровень кортизола нарушает баланс многих систем организма [5].

Одним из ключевых последствий хронического стресса является развитие инсулинорезистентности – состояния, при котором клетки организма становятся менее чувствительными к инсулину, гормону, регулирующему уровень глюкозы в крови. Это происходит из-за того, что кортизол способствует накоплению жира в области живота, который, в свою очередь, выделяет вещества, ухудшающие чувствительность к инсулину. В качестве примера можно привести ситуацию, когда человек испытывает постоянный стресс на работе, что приводит к перееданию, особенно сладкого и жирного, для получения быстрого облегчения [6]. Это, в свою очередь, усугубляет инсулинорезистентность и увеличивает риск развития сахарного диабета 2 типа.

Более того, хронический стресс нарушает гомеостаз – способность организма поддерживать внутреннюю стабильность. Он влияет на работу иммунной системы, делая человека более восприимчивым к инфекциям, ухудшает сон, вызывает сердечно-сосудистые нарушения, способствует развитию тревожных расстройств и депрессии. Нарушение гомеостаза проявляется в дисбалансе гормонов, изменении состава микробиоты кишечника, ухудшении работы пищеварительной системы и общем снижении жизненного тонуса. Длительный стресс может приводить к хронической усталости, головным болям, проблемам с пищеварением и даже выпадению волос [7].

Понимание сложных механизмов влияния хронического стресса на организм,

включая его воздействие на генетическую экспрессию (эпигенетику), на сигнальные пути клеток и на взаимодействие различных органов и систем, имеет решающее значение для разработки эффективных методов профилактики и лечения заболеваний, связанных с нарушениями обмена веществ, таких как ожирение, диабет, сердечно-сосудистые заболевания и даже некоторые виды рака. Эти методы могут включать в себя изменение образа жизни (регулярные физические упражнения, сбалансированное питание, достаточный сон), применение техник релаксации (медитация, йога, дыхательные упражнения), психотерапию и, в некоторых случаях, медикаментозное лечение.

Целью данного исследования является анализ влияния хронического иммобилизационного стресса на физиологические и биохимические показатели организма, включая уровень глюкозы, инсулина и индекс НОМА-IR.

Материалы и методы исследования. В исследовании использовалась модель хронического иммобилизационного стресса на лабораторных животных. Интактная группа животных служила контрольной. В исследовании оценивались следующие показатели:

- уровень глюкозы в крови (ммоль/л);
- уровень инсулина в крови (МЕ/мл);
- индекс инсулинорезистентности НОМА-IR.

Измерения проводились в начале исследования (контроль), а также на 1-й, 3-й, 7-й, 10-й, 14-й и 28-й дни после воздействия стресса.

Полученные результаты. На исходном этапе исследования, до воздействия стрессового фактора, уровень глюкозы в крови у экспериментальных животных интактной группы находился в пределах нормы (3,9 – 6,1 ммоль/л), что свидетельствует о стабильной регуляции углеводного обмена. Аналогично, уровень инсулина был в пределах нормативных значений, что указывало на нормальную функцию поджелудочной железы. Однако индекс НОМА-IR, равный 5,4, был выше нормы, что намекает на наличие легкой степени инсулинорезистентности уже на начальном этапе. Это может быть связано с индивидуальными особенностями метаболизма или наличием скрытых факторов риска.

С наступлением воздействия хронического стресса, который длительное время подвергал организм психоэмоциональному напряжению, метаболические показатели начали изменяться. Уровень глюкозы в крови увеличился на около 238%, что значительно превышает верхнюю границу нормы и указывает на нарушение регуляции углеводного обмена. Уровень инсулина также возрос на 429%, что подтверждает попытку поджелудочной железы компенсировать повышенный уровень глюкозы в крови. Эти изменения сопровождаются увеличением индекса НОМА-IR на 124%, что указывает на развитие выраженной инсулинорезистентности. Резкие изменения в этих показателях могут быть связаны с активизацией механизмов стресса, в частности выбросом кортизола, который препятствует действию инсулина и стимулирует синтез глюкозы в печени.

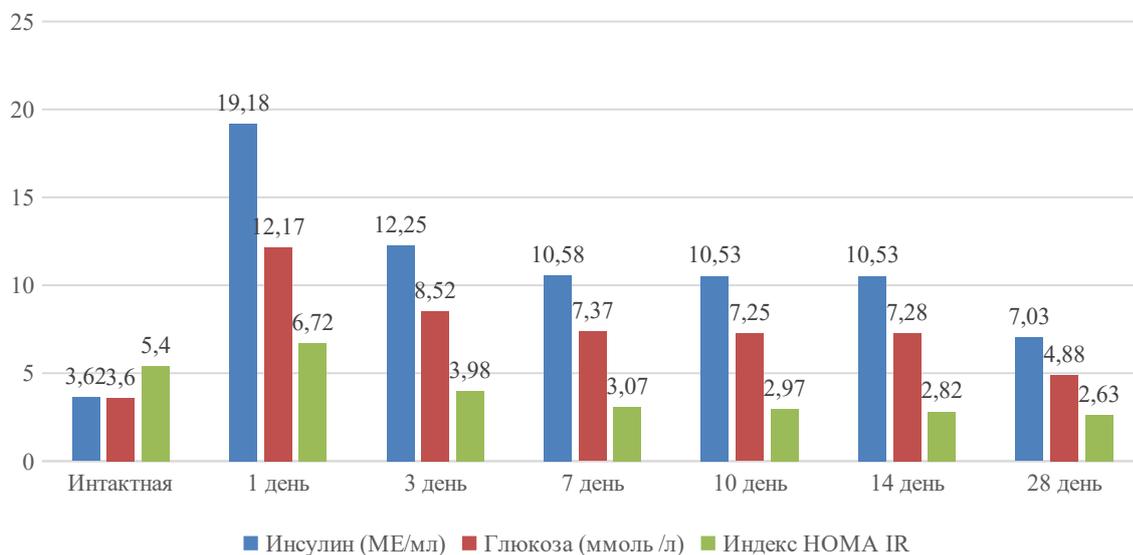
С развитием стрессового воздействия, на третий день после начала эксперимента, наблюдалось частичное снижение показателей, что можно интерпретировать как начало адаптации организма. Уровень глюкозы снизился на 30,7%, но по-прежнему оставался выше нормы, что подтверждает сохранение нарушений углеводного обмена. Уровень инсулина снизился на 36%, что может свидетельствовать о некотором улучшении компенсации. Индекс НОМА-IR также уменьшился на 41%, что указывает на частичную адаптацию к стрессовому воздействию. Несмотря на улучшения, показатели оставались на уровне, превышающем

норму, что говорит о продолжающемся дисбалансе.

На седьмой день наблюдалась дальнейшая тенденция к стабилизации, что стало свидетельством более выраженной адаптации организма. Уровень глюкозы снизился на около 105,8% по сравнению с пиковыми значениями, что указывает на положительную динамику в регуляции углеводного обмена. Уровень инсулина снизился на 192%, а индекс НОМА-IR уменьшился на 69%, что может свидетельствовать о запуске компенсаторных механизмов, таких как улучшенная чувствительность тканей к инсулину и снижение продукции глюкозы печенью. Однако, несмотря на эти улучшения, метаболические показатели все еще оставались выше нормы, что подтверждает, что организм не восстановился полностью, а стресс продолжает оказывать влияние на обмен веществ.

С дальнейшим прогрессом, на десятый день стресса, изменения продолжили стабилизироваться, однако метаболические показатели по-прежнему оставались на уровне, превышающем исходные значения. Уровень глюкозы снизился на около 101,4%, инсулин - на 191%, а индекс НОМА-IR - на 50,7%. Это можно рассматривать как этап, на котором организм достиг относительной стабильности в регуляции углеводного обмена, однако, несмотря на улучшение, метаболические показатели все еще указывали на частичное нарушение углеводного обмена. Эти данные подтверждают, что процесс адаптации продолжается, но еще не завершен, и стрессовые факторы по-прежнему оказывают влияние на организм, хотя и с меньшей интенсивностью.

На 14-й день наблюдались лишь незначительные колебания в показателях, что говорит о продолжающейся адаптации организма. Уровень глюкозы снизился на около 102,2%, инсулин - на 191%, а индекс НОМА-IR - на 43,7%. Эти данные говорят о том, что организм продолжает приспосабливаться к хроническому стрессу, но нарушения углеводного обмена остаются.



На заключительном этапе исследования (28-й день) метаболические показатели стабилизировались, и их значения больше не изменялись. Несмотря на это, уровень глюкозы, инсулина и индекс НОМА-IR оставались выше нормальных значений, что указывает на формирование устойчивой адаптации организма к стрессу. Однако, сохранение отклонений в метаболическом обмене подтверждает, что организм не восстановился полностью, а стресс продолжает оказывать влияние на углеводный обмен, хотя и в меньшей степени.

Обсуждение результатов. Результаты исследования наглядно продемонстрировали, что хронический стресс оказывает значительное и многогранное

влияние на метаболическое состояние организма. Наблюдаемое увеличение уровней глюкозы и инсулина, особенно в первые дни эксперимента, может свидетельствовать о развитии инсулинорезистентности - состояния, при котором клетки организма становятся менее чувствительными к действию инсулина, что приводит к необходимости выработки большего количества инсулина для поддержания нормального уровня глюкозы в крови. Повышение индекса HOMA-IR на первом этапе эксперимента, как уже упоминалось, является прямым подтверждением негативного влияния стресса на обмен веществ и указывает на прогрессирование инсулинорезистентности. В то же время, через несколько дней наблюдается стабилизация показателей, что может свидетельствовать о попытке организма адаптироваться к длительному стрессовому воздействию, активируя различные компенсаторные механизмы. Важно отметить, что адаптация не означает полного восстановления нормального метаболизма, а лишь снижение выраженности нарушений.

Долгосрочные изменения в уровне глюкозы и инсулина, даже при стабилизации показателей, могут быть связаны с повышенным риском развития метаболических расстройств, таких как сахарный диабет 2 типа, сердечно-сосудистые заболевания и неалкогольная жировая болезнь печени. Поэтому, полученные данные требуют дальнейших исследований для более глубокого понимания механизмов, лежащих в основе влияния хронического стресса на метаболизм глюкозы и инсулина, а также для разработки эффективных стратегий профилактики и лечения метаболических нарушений, связанных со стрессом. В частности, необходимо изучить влияние различных методов управления стрессом, таких как физические упражнения, медитация и когнитивно-поведенческая терапия, на метаболические показатели и риск развития хронических заболеваний.

Заключение. Хронический стресс оказывает значительное воздействие на физиологические и биохимические показатели организма, что проявляется в повышении уровней глюкозы и инсулина, а также в увеличении индекса HOMA-IR. Данные результаты подчеркивают важность мониторинга метаболических изменений у людей, подвергающихся длительному стрессу, и разработки эффективных стратегий лечения и профилактики стресса, направленных на предотвращение развития инсулинорезистентности и других метаболических заболеваний.

Список использованной литературы.

1. Мельникова М. Л. Психология стресса: теория и практика. – 2018.
2. Manosso L. M. et al. Definitions and concepts of stress //Glutamate and neuropsychiatric disorders: Current and emerging treatments. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – С. 27-63.
3. Диденко В. М. Исследование показателей стресс-реакции у людей при развитии в организме патологических состояний : дис. – Сибирский федеральный университет, 2018.
4. Гуцол Л. О. и др. Стресс (общий адаптационный синдром) //Байкальский медицинский журнал. – 2022. – Т. 1. – №. 1. – С. 70-80.
5. Рыжевол Е. В. и др. Психофизиологические механизмы состояния напряжения и стресса (обзор российских источников, 2005-2021) //Вестник психофизиологии. – 2021. – №. 4. – С. 19-36.
6. Зиятова Г. З., Хаджиметов А. А. Значение состояния стресса и воспаления в развитии инсулинорезистентности //Germany-scientific review of the problems and prospects of modern science and education. – 2025. – Т. 1. – №. 3. – С. 88-93.
7. Woźniak D. et al. The role of microbiota and enteroendocrine cells in maintaining homeostasis

in the human digestive tract //Advances in medical sciences. – 2021. – T. 66. – №. 2. – C. 284-292.