

Метод мониторинга уровня кортизола и состояния стресса человека

И. И. Титова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

ИонаTitova4@yandex.ru

Аннотация. Стресс является актуальной проблемой современности, а хронический стресс, который накапливается в организме, приводит к негативным последствиям, нарушая работу адаптивных систем человека, что в свою очередь вызывает снижение иммунитета и развитие других хронических заболеваний. Это особенно актуально для женщин в положении, так как от их физического и психоэмоционального состояния зависит протекание беременности и здоровье ребенка. Данное исследование посвящено разработке метода для мониторинга уровня кортизола – гормона, который вырабатывается в организме в ответ на стрессогенные факторы, и контроля динамики изменения уровня стресса человека.

Ключевые слова: мониторинг; стресс; кортизол; адаптивная система человека

I. ВВЕДЕНИЕ

Каждый день человек испытывает стресс и под этим понятием подразумевается не только некоторое сильное волнение или переживание, но и реакция организма на любые раздражающие воздействия: проблемы в семье, на работе, недосып, голод, колебания атмосферного давления. Для многих людей такие «стрессы» мешают нормальному психологическому, физическому и социальному функционированию. Согласно опроса ВЦИОМ на 2022 более 57 % россиян испытывают стресс в своей жизни, при этом чаще других ему подвержены молодые люди в возрасте от 18 до 34 лет. Постоянное перенапряжение организма ввиду испытываемого стресса оказывает пагубное воздействие на организм человека.

Процессы, протекающие в организме при стрессе, универсальны и одинаковы у всех людей. Когда на нас воздействует тот или иной стресс-фактор, происходят изменения в головном мозге, работе эндокринной и нервной систем. В кровь выбрасываются стрессовые гормоны – адреналин и кортизол [1].

Длительно сохраняющийся стресс повреждает механизмы саморегуляции организма и приводит к последующим нарушениям биоритмов. Изменяется естественный цикл сна и бодрствования, в итоге снижается работоспособность и самоконтроль, ухудшаются память и внимание. Согласно теории Г.Селье об общем адаптационном синдроме [2], который заключается в ответе регуляторных систем организма на различные стресс-факторы как внешние, так и внутренние, при продолжительном стрессовом воздействии расходуются запасы адаптивной энергии человека. Однако, она не безгранична и в результате несбалансированности стрессогенных требований среды

и ответов организма на эти требования в нем начинают происходить значительные изменения (физиологические, психологические), которые носят необратимый характер.

В последние годы проводится много исследований, посвященных воздействию стресса на функционирование организма человека. Постоянное перевозбуждение нервной системы, вызванное накоплением стресс-факторов, негативно воздействует на сердечно-сосудистую систему, что может приводить к спазму микрососудов и нарушению кровообращения. Также доказано, что хронический стресс снижает резистивную функцию иммунитета, осложняет течение инфекционных и способствует развитию других заболеваний [3]. Особенно важным является контроль состояния стресса беременных женщин, так как он приводит к серьезным последствиям как для матери, так и для ребенка [4].

Таким образом, стресс может быть мгновенным, то есть отражается на функциональном состоянии человека здесь и сейчас, и хроническим, то есть приводит к изменениям в организме в долгосрочной перспективе, в том числе и к необратимым, следовательно актуальной проблемой становится длительный мониторинг уровня стресса человека в условиях его активной жизнедеятельности.

II. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ КОРТИЗОЛА

Информативным показателем уровня стресса в организме является кортизол или «гормон стресса», он вырабатывается корой надпочечников при возбуждении вегетативной нервной системы человека в ответ на стресс-факторы, и играет важную роль в регуляции многих процессов, включая регуляцию метаболизма, иммунной системы, воспаления и других [5].

Существует несколько методов измерения кортизола в организме. Один из наиболее распространенных методов – это анализ крови. При этом берется небольшое количество крови у пациента, затем проводится лабораторный анализ, который позволяет определить содержание кортизола. Это, пожалуй, наиболее широко используемый метод биохимического анализа на содержание гормона стресса, который также позволяет получить точное количественное значение кортизола в организме в конкретный момент. Однако, данный способ является инвазивным, что представляется существенным недостатком для длительного мониторинга, а также не учитывает естественные колебания уровня кортизола.

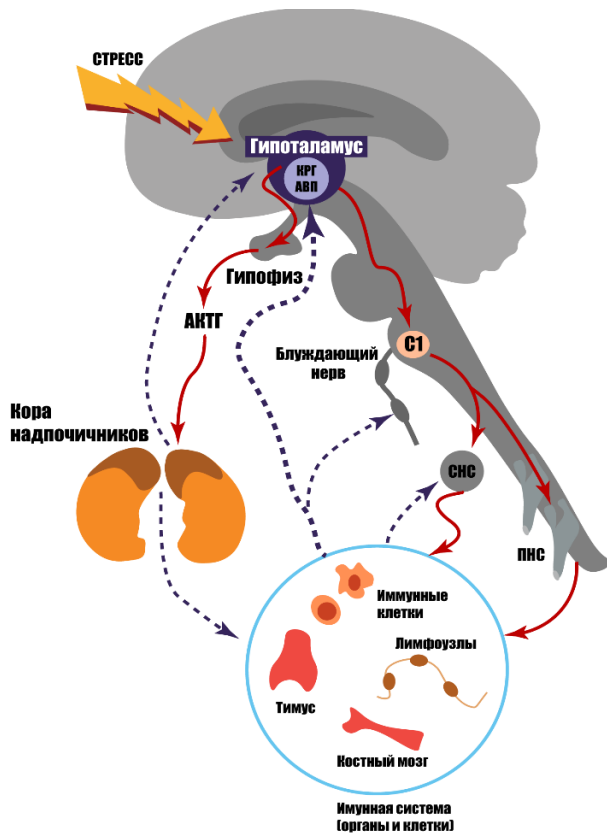


Рис. 1. Реакция адаптивной системы человека на стрессовое воздействие

Другим классическим методом, но уже не инвазивным, является анализ мочи. Уровень кортизола в моче отражает его концентрацию в крови за последние несколько часов или даже дни. Этот способ удобен для длительного мониторинга уровня стресса. Но в то же время накладывает и определенные ограничения, так как изменения в уровне жидкости и употребление некоторых продуктов питания могут повлиять на результат.

Кроме того, существует тест слюны на кортизол. Преимуществом данного метода, помимо неинвазивного забора биоматериала, его простота и легкость для пациента в условиях длительного мониторинга. При этом при взятии образца слюны должно быть учтено время сбора (из-за циркадных колебаний кортизола).

Одним из сравнительно новых методов определения уровня гормона стресса является анализ волос. Кортизол имеет свойство накапливаться в волосяном покрове головы, поэтому изучение волоса некоторой длины может дать информацию о долгосрочных изменениях уровня стресса. Но стоит отметить, что на результат могут влиять как внешние факторы, так и изменения в структуре волос пациента.

Следовательно, для решения задачи длительного удаленного мониторинга уровня кортизола следует отказаться от инвазивных методов, а также выбрать наиболее удобный и простой способ контроля уровня стресса человека.

Для определения уровня кортизола (в крови, слюне, моче) используются биохимические методы, а именно:

- иммуноферментный метод (ELISA) – основан на специфическом взаимодействии антител с

кортизолом, результаты определяются количеством связанного фермента, которое определяется колориметрически;

- жидкостная хроматография – масс-спектрометрия (LC-MS/MS). Этот метод позволяет проводить высокочувствительный анализ кортизола в сложных биологических материалах. Он основан на разделении и идентификации компонентов образца на основе их химических свойств и массы;
- спектрофотометрический метод – базируется на измерении спектров поглощения света веществом в зависимости от длины волны. Для определения кортизола в слюне обычно используется химический реактив, который образует комплексы с кортизолом и изменяет светопоглощение образца, что позволяет количественно определить концентрацию кортизола.

В случае с проведением длительного мониторинга уровня кортизола, стоит отдать предпочтение в сторону спектрофотометрии, так как она обладает высокой чувствительностью и специфичностью, в отличие от иммуноферментного анализа, а также более простым и дешевым в реализации по сравнению с LC-MS/MS.

III. ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА МГНОВЕННОГО СТРЕССА

Помимо оценки уровня хронического стресса важно проводить мониторинг и выявлять мгновенный стресс в условиях активной жизнедеятельности человека.

Объективными и эффективными способами для исследования уровня психоэмоционального стресса человека являются методы, в которых широко применяются электрофизиологические параметры человека. Основными методами их регистрации являются электрокардиография (ЭКГ), электроэнцефалография, кожно-гальваническая реакция (КГР), фотоплетизмография или сфигмография.

Помимо наиболее классического метода выявления состояния стресса по КГР человека, стоит обратить внимание на анализ variability пульсовой волны (ВПВ). Анализ ВПВ зарекомендовал себя как высококачественный метод оценки адаптивных возможностей и общего состояния организма. Благодаря ему можно проводить оценку уровня стресса, степени напряжения регуляторных систем при различных воздействиях на организм. Для оценки адаптационной реакции на различные стрессовые воздействия Р. М. Баевским введен такой параметр как ПАРС (показатель активности регуляторных систем). Он вычисляется в баллах по специальному алгоритму, учитывающему статистические показатели, показатели гистограммы и данные спектрального анализа интервалов. Чем выше балл ПАРС, тем более выражено напряжение регуляторных систем [6].

Чтобы производить качественный мониторинг состояния стресса человека необходимо проводить совместный анализ нескольких показателей, наиболее информативными в данном случае являются КГР и ВПВ. Данные методы являются наиболее простыми и удобными для пациента, а также дают возможность для длительного непрерывного мониторинга в условиях активной жизнедеятельности.



Рис. 2. Показатели индекса напряженности по Р.М. Баевскому

IV. КОНТРОЛЬ УРОВНЯ СТРЕССА У БЕРЕМЕННЫХ

Женщины в положении являются уязвимыми к возникновению серьезных последствий, вызванных стрессом, особенно хроническим, в связи с этим становится необходимым проводить длительный удаленный мониторинг напряженности регуляторных систем беременной.

Пrenатальный стресс беременных женщин связан с риском осложнений беременности, включая преэклампсию, гестационный диабет, а также возможное влияние на психическое и физическое благополучие матери. Он оказывает негативное влияние не только на здоровье женщины, но и на развитие плода, отражаясь на его здоровье в будущем. Высокий уровень кортизола приводит к риску преждевременных родов. Исследования показывают, что пренатальный стресс может оставить долгосрочное воздействие на здоровье и развитие ребенка после рождения, включая возможные проблемы с адаптацией, поведением и психическим здоровьем [7].

По статистике, согласно исследованию, опубликованному в журнале *Early Human Development*, женщины, испытывающие сильную тревогу или депрессию во время беременности, почти на 40 процентов чаще рожают детей с проблемами сна, чем женщины, которые не переживают подобных эмоций.

Ввиду того, что пренатальный стресс влияет на протекание беременности, актуальным является создание метода и системы длительного мониторинга состояния стресса, необходимо производить комплексную оценку уровня хронического и мгновенного стресса, а именно контроль концентрации кортизола и определение показателя ПАРС Р.М. Баевского. Помимо этого, система должна позволять проводить удаленный мониторинг в целях получения полной картины состояния матери и предоставлять возможность врачу анализировать показатели стресса для проведения своевременной терапии и предотвращения негативных последствий.

Для достижения удобства в условиях удаленного длительного мониторинга регистрация комплексных показателей должна проводиться простыми и высокоинформативными методами. Таким образом, для контроля уровня кортизола, согласно требованиям выше, стоит использовать спектрофотометрический анализ слюны, а для выявления состояния стресса в течение дня подходит система на основе анализа тонической и фазической составляющих КГР посредством регистрации разности потенциалом между электродами и расчета вариабельности пульсовой волны, получаемой фотометрическим методом.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка метода для комплексной оценки состояния стресса человека необходимо, особенно для длительного мониторинга беременных женщин, так как пренатальный стресс ведет к серьезным последствиям как для матери, так и для плода.

Для достижения достоверности оценки уровня стресса человека, в условиях его активной жизнедеятельности, были предложены методы спектрофотометрического анализа кортизола в слюне и совместного анализа вариабельности пульсовой волны и КГР, которые, в перспективе, позволят обеспечить удаленный длительный мониторинг уровня стресса беременной. В связи с этим становится актуальным становится разработка методы и системы удаленного непрерывного мониторинга уровня стресса человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Hellhammer D., Hellhammer J. (ed.). *Stress: the brain-body connection* // Karger Medical and Scientific Publishers. 2008. P. 108.
- [2] Селье Г. *Очерки об адапционном синдроме*. М.: Медгиз, 1960. 255 с.
- [3] Takahashi A. et al. Aggression, social stress, and the immune system in humans and animal models // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2018. Vol. 12. P. 56.
- [4] Diego-Mas J.-A. et al. Effect of chronic stress during pregnancy on maternal mental health, psychosomatic status, and obstetric outcomes // *Journal of Clinical Medicine*. 2020. Vol. 9(2). P. 586.
- [5] Chrousos G.P. Stress and disorders of the stress system // *Nature Reviews Endocrinology*. 2009. Vol. 5(7). P. 374-381.
- [6] Баевский Р.М. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // *Вестник аритмологии*. 2001. Т. 24. №. 6. С. 86.
- [7] Glover V., O'Connor T.G., & O'Donnell K. Prenatal stress and the programming of the HPA axis // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2010. Vol. 35(1). P. 17-22.