

С.В. Супрун, О.С. Кудряшова, Г.П. Евсеева, О.А. Лебедько

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ГЛУТАТИОНОВО-ГО ЗВЕНА АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН КОРЕННОГО И ПРИШЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИАМУРЬЯ С ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭТНИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЙ

DOI 10.25789/YMJ.2024.88.06

УДК 618.39-07:616.155.194.8-07(571.61/62)

С целью изучения состояния глутатионового звена антиоксидантной системы (АОС) у беременных женщин пришлого и коренного населения, проживающих в городской и сельской местности, на примере Приамурского региона обследованы беременные в 1-м и 2-м триместрах при отсутствии железодефицитных состояний. Учитывая участие железа в процессах свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты, у женщин определяли уровень гемоглобина, сывороточного ферритина для исключения железодефицитных состояний, а также содержание глутатиона общего, восстановленной (GSH) и окисленной (GSSG) формы в цельной крови с расчётом редокс-статуса (соотношение GSH/GSSG) как биомаркера АОС. В результате проведенных исследований у беременных выявлено статистически значимое снижение содержания общего глутатитона у городских пациенток пришлого населения в сравнении с пришлыми сельскими за счет снижения восстановленной формы как в 1-м, так и во 2-м триместрах при разнонаправленной тенденции окисленной фракции в этих группах, что показало экологическую направленность функционирования АОЗ. Этнические особенности у коренных женщин проявлялись в виде статистически значимо низких значений восстановленной формы глутатиона во 2-м триместре гестации, а также статистически значимого снижения уровня общего и восстановленного глутатиона во 2-м триместре в сравнении с 1-м. Оптимальный вариант функционального состояния глутатионового звена АОС определен по показателям уровня окислительного стресса - редокс-статусу у пришлых беременных села, на основе статистически значимо высоких его показателей в 1-м и 2-м триместрах в сравнении с беременными коренного населения села и особенно с пришлыми, проживающими в городе. Полученные данные следует учитывать при проведении лечебно-профилактических мероприятий осложненного течения беременности с учетом эколого-этнических особенностей окислительно-восстановительных процессов.

Ключевые слова: беременные женщины, пришлое, коренное население, город, село, глутатион, ферритин.

In order to study the state of the glutathione link of the antioxidant system (AOS) in pregnant women of the arrived and indigenous population living in urban and rural areas, using the example of the Amur region, 175 patients were examined during their initial visit in the first and second trimesters and in the absence of iron deficiency states. Taking into account the participation of iron in the processes of free radical oxidation and antioxidant protection, the level of hemoglobin, serum ferritin in women was determined to exclude iron deficiency conditions, as well as the content of total glutathione, reduced (GSH) and oxidized (GSSG) forms in whole blood with the calculation of redox status (GSH/GSSG ratio) as a biomarker of AOS. As a result of the studies, a reliable decrease in the content of total glutathione was found in urban patients of the newcomer population compared to rural newcomers due to a decrease in the reduced form both in the first and second trimesters with a multidirectional trend of the oxidized fraction in these groups, which showed the ecological orientation of the AOS functioning. Ethnic features in native women were revealed when comparing the parameters under study with newcomers living in similar rural areas, in the form of reliably low values of the reduced form of glutathione in the 2nd trimester of gestation, as well as a reliable decrease in the level of total and reduced glutathione in the 2nd trimester compared to the 1st. The optimal variant of the functional state of the glutathione link of the AOS was determined by the indicators of the oxidative stress level - the redox status in newcomer pregnant women of the village, based on its reliably high indicators in the 1st and 2nd trimesters compared to pregnant women of the native population of the village and especially with newcomers living in the city. The obtained data should be taken into account when carrying out therapeutic and preventive measures for complicated pregnancy, taking into account the ecological and ethnic features of oxidation-reduction processes.

Keywords: pregnant women, newcomers, indigenous people, city, village, glutathione, ferritin.

Хабаровский филиал ФГБНУ «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания – НИИ охраны материнства и детства: СУПРУН Стефания Викторовна – д.м.н., гл.н.с., evg-suprun@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-6724-3654 8-914 - 543-47-13, КУДРЯШОВА Оксана Степановна – очный аспирант, врач акушер-гинеколог, orcid.org/0000-0002-6366-861X, ЕВСЕЕВА Галина Петровна – д.м.н., зам. директора по научной работе, гл.н.с., orcid.org/0000-0002-7528-7232, ЛЕБЕДЬКО Ольга Антоновна – д.м.н., директор, зав. лаб. комплексных методов исследования бронхолегочной и перинатальной патологии, orcid.org/0000-0002-8855-7422.

Введение. Для поддержания жизнедеятельности, сбалансированного функционирования различных органов и систем организму на различных этапах его существования необходим целый ряд органических и неорганических составляющих, макро- и микронутриентов. Одной из важнейших систем, участвующей в ключевых аспектах гомеостаза, является полифазная система детоксикации, обеспечивающая целостность клеточных и субклеточных мембран от повреждающего действия активных форм кислорода, включающая глутатионовое звено антиоксидантной защиты (АОЗ),

состоящее из непосредственно глутатиона (GSH) и ряда глутатионзависимых ферментов, в которых глутатион функционирует как кофактор [1]. GSH выполняет функцию «главного антиоксиданта» во всех тканях, обеспечивая их многоуровневую защиту. Фундаментальное значение глутатионовых процессов – это поддержка адекватной окислительно-восстановительной сигнализации клеток, необходимой для физиологического уровня окислительного стресса (ОС), контроля над ним и состоянием внутриклеточной среды [13]. Определенную роль играет в детоксикации ксенобиотиков,

экспрессии генов, дифференцировке и пролиферации клеток, иммунном ответе, что особенно важно при беременности [5]. Глутатион существует в двух формах: восстановленной (GSH) и окисленной (GSSG). Соотношение GSH/GSSG определяет окислительно-восстановительный статус клетки и применяется в качестве биомаркера ОС. Недостаток GSH и, соответственно, нарушение соотношения в редокс-паре подвергает клетку окислительно-му стрессу [5], повреждению, возникающему при различных состояниях и заболеваниях.

Как в восстановительных, так и окислительных реакциях активно участвуют ионы эссенциального элемента железа как металла с переменной валентностью [2]. Являясь составным компонентом многих белков и ферментных систем, железо принимает участие в клеточном метаболизме (дыхательной цепи митохондрий), в реакциях биологического окисления, в том числе процессах детоксикации ксенобиотиков и продуктов эндогенного распада (цитохром P450, пероксидазы, каталазы, церулоплазмин и др.), в митозе клеток, синтезе ДНК, стероидных и других гормонов. Основная биологическая роль этого макронутриента в организме – обеспечение транспорта кислорода к клеткам и его функционирование [2, 3]. В целях предотвращения оксидативного стресса в организме практически все метаболически активное железо находится в связанном с белками состоянии [8].

Как известно, даже физиологическое течение беременности сопровождается развитием окислительного стресса, в результате чрезмерной продукции активных форм кислорода (АФК) [6, 9]. В клинико-биохимическом исследовании Е.В. Олемпиевой [9] указывают на компенсаторно-приспособительное увеличение количества восстановленного глутатиона и активности глутатионсодержащих ферментов в ответ на увеличение АФК, что объясняется ведущей защитной ролью данной системы АОЗ. Согласно результатам многих исследователей, в случае отсутствия эффективной регуляции свободных радикалов антиоксидантной системой (АОС) у беременной женщины наблюдается резко повышенный уровень маркеров окислительного стресса, что в свою очередь клинически характеризует патологическое течение беременности (ранние гестационные потери, преэклампсия, преждевременные роды) [6, 11, 12, 14, 15, 17].

Цель исследования: изучить состояние глутатионного звена антиоксидантной системы и значения его редокс-статуса как биомаркера окислительно-восстановительных процессов, при беременности у женщин пришлого и коренного населения, проживающих в городской и сельской местности Приамурья, при первичном обращении в 1-м, 2-м триместрах и отсутствии железодефицитных состояний.

Материалы и методы исследования. Для достижения данной цели обследовано 175 беременных женщин пришлого и коренного населения г. Хабаровск и Нанайского районов Приамурья. Наблюдаемые нами беременные в зависимости от этнической принадлежности (европеоидная и монголоидная расы) и места проживания были условно разделены на 3 клинические группы: 1-я – городские пришлое (европеоиды), проживающие в городе ($n=67$); 2-я – сельские пришлое (европеоиды), проживающие в сельской местности ($n=74$); 3-я – сельские коренные (монголоиды) Приамурья, проживающие в сельской местности ($n=34$). Экологический подход к оценке глутатионного звена антиоксидантной системы основан на сравнении 1-й и 2-й групп (пришлое городские и сельские женщины), этнический – на интерпретации полученных данных 2-й и 3-й групп (сельские пришлое и коренные).

При первичном обращении в женскую консультацию всем беременным женщинам проводилось обследование в объеме, соответствующем действующим стандартам оказания медицинской помощи, все подписывали информированное добровольное согласие, одобренное этическим комитетом. Забор крови осуществлялся утром, натощак путем пункции локтевой вены.

Критерии включения в исследование: первичное обращение; обследование в 1-м и 2-м триместрах в сроке до 24 недель беременности; отсутствие дефицита железа (по ферритину как наиболее точному показателю определения уровня железа) – не менее 30 мг/дл [18]; отсутствие приема железосодержащих препаратов; хроническая экстрагенитальная патология в период стойкой ремиссии и компенсации; отсутствие острых воспалительных заболеваний. Критерии исключения из исследования: первичное обращение в сроке более 24 недель; повторное обращение; беременные, с диагностированным дефицитом железа; получавшие железосодержащие препараты; наличие острых воспалительных

заболеваний на момент обследования, хроническая экстрагенитальная патология в стадии обострения, в т.ч. сахарный диабет II типа, артериальная гипертензия, ожирение 2-3 степени.

У женщин определяли уровень гемоглобина (общий клинический анализ крови – ОАК) на автоматическом гематологическом анализаторе. Оценивали ферродинамику по уровню сывороточного ферритина иммуноферментным методом с использованием набора (кат. номер 416-6005 (ORG FE), ЗАО БиоХимМак – ORGenTec Diagnostika GmbH) (ELISA). Содержание глутатиона общего, концентрация восстановленной (GSH) и окисленной (GSSG) формы в крови определяли по методике А.В. Вощенко (1998), суммарная оценка функционального состояния глутатионного звена АОЗ, в частности, уровень окислительного стресса, отображалась при расчете редокс-статуса (соотношение GSH/GSSG). Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ «Microsoft Excel 2010», «Statsoft Statistica», версия 6.1, 10.01. Значения рядов с нормальным распределением данных представлены в виде $M \pm m$ – средней $\pm$ «стандартная ошибка средней» ($SD/\sqrt{n}$) = SEM (Standard Error Means), где n – объем выборки. Проверку статистической гипотезы равенства групповых средних для рядов данных с нормальным распределением проводили по t -критерию Стьюдента (двухвыборочный t -критерий). Различия между группами считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результаты и обсуждение. Одним из наиболее важных факторов, непосредственно влияющих на репродуктивный потенциал населения, особенно женского, следует отметить экологический, в частности, своеобразие региона проживания. Формирование приспособительных реакций к факторам внешней среды осуществляется на различных уровнях интеграции организма, включая и легко обратимые сдвиги в физиологических реакциях, и сложные морфофункциональные изменения различных органов и систем [7].

В соответствии с целью и критериями данной работы в наблюдаемых группах существенной разницы в показателях сывороточный ферритина не выявлено. Его содержание определялось в диапазоне от 52,9 мг/дл в группе коренных жителей села до 67,4 мг/дл у городских пришлое. Также не

установлено существенной динамики по изменению уровня данного показателя между триместрами в группах. Это свидетельствует об идентичности обследованных групп по ферродинамике и подтверждает отсутствие железодефицитных состояний у беременных вне зависимости от триместра, зоны проживания и этнической принадлежности.

В физиологических условиях в клетках преобладает восстановленная форма глутатиона (GSH), которая, инактивируя АФК, превращается в окисленную (GSSG), а их соотношение GSH/GSSG является интегрирующим тестом процессов свободнорадикального окисления и АОЗ [1, 10].

В таблице представлены данные исследования глутатионного звена антирадикальной защиты, полученные при обследовании у беременных женщин пришлого и коренного населения Приамурья при первичном обращении в женскую консультацию.

В ходе сравнительного анализа глутатионного звена АОЗ в группах пришлого населения, проживающего в различных экологических условиях (город и село), выявлены существенные особенности в показателях общего и восстановленного глутатиона. У женщин города отмечаются статистически значимо меньшие показатели как общего глутатиона (17,1 мг%) в сравнении с группой пришлох сел (21,3 мг%) ($p \leq 0,01$); так и восстановленного – 10,6 против 15,8 мг% соответственно ($p \leq 0,001$).

Учитывая тот факт, что при беременности отмечается усиление окислительно-восстановительных про-

цессов до окислительного стресса, происходит адаптивная активация глутатионного звена АОЗ. Благодаря своей химической структуре, глутатион непосредственно взаимодействует с активными радикалами, выступает в качестве кофактора различных ферментов, участвует в детоксикации продуктов перекисного окисления липидов, а также принимает участие во 2-й и 3-й фазах системы детоксикации ксенобиотиков и/или их метаболитов [1, 10]. Из этого можно сделать определенные предположения, что в условиях города, промышленного центра с развитой структурой транспорта, техногенное загрязнение, более частое использование привозных продуктов питания приводят к напряжению глутатионного звена АОЗ, формируя фоновые состояния до беременности. Следовательно, даже на ранних сроках гестации происходит снижение показателей общего и восстановленного глутатиона с последующим дальнейшим падением, что подтверждается существенной статистически значимой разницей в редокс-статусе (GSH/GSSG): 2,48 у женщин в условиях города против 4,38 у пришлох сел ($p = 0,00885$). Аналогичная тенденция в сравниваемых группах сохраняется и во 2-м триместре беременности: глутатион общий среди беременных города составил 14,8 мг%, пришлох сел – 20,3 мг% ($p \leq 0,01$), глутатион восстановленный – 8,48 и 13,3 мг% соответственно ($p \leq 0,01$). Низкое содержание общего глутатиона в группе беременных городского пришлого населения, возможно, обусловлено истощением запасов компонентов глутатионного

звена антирадикальной системы защиты.

Нами выявлены и этнические особенности компонентов системы глутатиона при сравнении женщин, проживающих в идентичной сельской местности Приамурья, но принадлежавших к разной национальности и расе. Уровень восстановленного глутатиона во 2-м триместре статистически значимо ниже в группе коренных беременных сел – нанаек (монголоидная раса) – 8,62 мг% в сравнении с более высокими показателями среди сельских пришлох (европеоидная раса) – 13,3 мг% ($p \leq 0,05$). Несмотря на незначительные или более выраженные тенденции снижения общего и восстановленного глутатиона у пришлох городской и сельской местности во 2-м триместре гестации в сравнении с 1-м, но только у коренных жительниц зарегистрировано статистически значимое снижение общего – с 22,0 до 15,9 мг% ($p = 0,0021$), и восстановленного – с 15,1 до 8,62 мг% ($p = 0,001189$) глутатиона без динамики содержания окисленной формы.

При оценке эффективности функционирования глутатионного звена системы детоксикации важно учитывать не только концентрацию общего, восстановленного (GSH) и окисленного (GSSG) глутатиона в отдельности, но и соотношение между ними (GSH/GSSG) – редокс-статус, который определяет внутриклеточный сигналинг, регулирует активность транскрипционных факторов [5].

Интегральный показатель глутатионного звена АОЗ как биомаркер окислительно-восстановительных процессов и окислительного стресса, представленный редокс-статусом, оказался наиболее высоким как в 1-м ($p \leq 0,01$), так и во 2-м триместрах, но менее значимым у пришлох беременных женщин сел. Это возможно объяснить меньшим воздействием техногенного загрязнения в сельской местности, использованием продуктов питания, воды местного происхождения. Несмотря на то, что у коренного женского населения показатели редокс-статуса несколько ниже, чем у сельских пришлох, они выше данных, полученных у городских пришлох беременных. Это позволяет предположить больший запас компенсаторных возможностей глутатионного звена АОЗ у коренного населения, обусловленного сформировавшимися генетическими особенностями, требующими дальнейшего изучения и подтверждения.

Выводы. Проведенные исследова-

Показатели глутатионного звена АОЗ при первичном обращении у беременных женщин коренного и пришлого населения Приамурья

	Триместр	Город/ пришлое	Село/ пришлое	Село/ коренное
		M±m	M±m	M±m
Глутатион общий, мг%	1	17,1±1,13	21,3±1,09**	22,0±1,28
	2	14,8±1,47	20,3±1,40**	15,9±1,08
P		0,1460	0,5829	0,0021
Глутатион восстановленный (GSH), мг%	1	10,6±0,909	15,8±1,00***	15,1±1,25
	2	8,48±1,24	13,3±1,22**	8,62±1,14°
P		0,1468	0,1223	0,0012
Глутатион окисленный (GSSG), мг%	1	6,51±0,616	5,83±0,579	6,97±1,14
	2	6,37±0,683	7,40±0,765	7,32±0,978
P		0,8828	0,1000	0,8331
Редокс-статус (глутатион вос./окис.) (GSH/GSSG)	1	2,48±0,354	4,38±0,632**	3,66±0,805
	2	1,63±0,258	2,75±0,427	1,83±0,433
P		0,12937	0,050	0,095101

Примечание. Статистическая значимость групп: * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$ – между пришломи города и сел; ° $p \leq 0,05$ °° $p \leq 0,01$ – между коренными и пришломи сел; P – между 1-м и 2-м триместрами.

ния у беременных женщин на примере пришлого и коренного населения Приамурья, проживающих в различных экологических условиях (город и село), при отсутствии железодефицитных состояний выявили некоторые эколого-этнические особенности глутатионового звена АОЗ.

1. Экологические своеобразия в глутатионовом звене АОЗ заключались в статистически значимом снижении содержания общего глутатитона у городских беременных пришлого населения в сравнении с пришлыми сельскими за счет снижения восстановленной формы как в 1-м, так и во 2-м триместрах при разнонаправленной тенденции окисленной фракции (в 1-м триместре – снижение, во 2-м – повышение у беременных села) в этих группах.

2. Этнической особенностью стало выявление изменений в глутатионовом звене АОЗ в зависимости от триместра гестации и места проживания. У коренных женщин зарегистрировано статистически значимое снижение общего и восстановленного глутатитона во 2-м триместре в сравнении с 1-м. При сопоставлении показателей у коренных и пришлых беременных, проживающих в аналогичной сельской местности, во 2-м триместре отмечены статистически значимо низкие значения восстановленной формы глутатитона у нанаяк.

3. Интегральная оценка индикатора биомаркера окислительно-восстановительных процессов на примере беременных женщин пришлого и коренного населения представлена соотношением восстановленного и окисленного глутатитона, показывает эколого-этническую направленность. Оптимальный вариант функционального состояния глутатионового звена АОЗ определен у пришлых (европеоидов) беременных женщин, проживающих в сельской местности, на основе статистически значимо высоких показателей редокс-статуса в 1-м, менее значимом во 2-м триместрах в сравнении с коренными жительницами села и особенно и пришлыми города.

Полученные данные следует учитывать при проведении лечебно-профилактических мероприятий осложненного течения беременности у женщин с учетом эколого-этнических особенностей окислительно-восстановительных процессов.

Литература

- Абатуров А.Е., Волосовец А.П., Борисова Т.П. Антиоксидантная система респираторного тракта. Внутриклеточная антиоксидантная защита в респираторном тракте (часть 3) // Теоретическая медицина. 2016. Т.75, №7. С.154-161. DOI: 10.22141/2224-0551.7.75.2016.86743.
- Abatur A.E., Volosovets A.P., Borysova T.P. The antioxidant system of the respiratory tract. The intracellular antioxidant protection in the respiratory tract (Part 3) // Theoretical medicine. 2016. T.75. No. 7. P.154-161. DOI: 10.22141/2224-0551.7.75.2016.86743.
- Анемии и репродуктивное здоровье / под. ред. В.Е.Радзинского // Редакция журнала Status Praesens. 2019. С. 200.
- Anemia and reproductive health / Radzinsky V.E., editor // Status Praesens. 2019. P. 200.
- Атаджанян А.С. Анемия у беременных: клинико-патогенетические подходы к ведению беременности // Журнал акушерства и женских болезней. 2017. Т.66, №5. С.56-63. DOI: 10.17816/JOWD66556-63.
- Atajanyan A.S. Anemia in pregnancy: clinico-pathogenetic approaches to the management of pregnancy // Journal of Obstetrics and Women's Diseases. 2017. T.66. No. 5. P.56-63. DOI: 10.17816/JOWD66556-63.
- Каледа М.И., Федоров Е.С. Значение гиперферритинемии как диагностического и прогностического биомаркера // Современная ревматология. 2022. Т.16, №2. С.74-80. DOI: 10.14412/1996-7012-2022-2-74-80.
- Kaleda M.I., Fedorov E.S. Significance of hyperferritinemia as a diagnostic and prognostic biomarker // Sovremennaya Revmatologiya. 2022. T.16. No. 2. P.74-80. DOI: 10.14412/1996-7012-2022-2-74-80.
- Калинина Е.В., Чернов Н.Н., Новичкова М.Д. Роль глутатитона, глутатионтрансферазы и глутаредоксина в регуляции редокс-зависимых процессов // Успехи биологической химии. 2014. №54. С.299-348.
- Kalinina E.V., Chernov N.N., Novichkova M.D. Role of glutathione, glutathione transferase, and glutaredoxin in regulation of redox-dependent processes // Uspekhi Biologicheskoi Khimii. 2014. No.54. P.299-348.
- Кокова Ф.Б., Торчинов А.М., Цахилова С.Г. [и др]. Роль окислительного стресса в патогенезе преэклампсии (обзор литературы) // Проблемы репродукции. 2014. Т.20, №4. С.7-10.
- Kokoeva F.B., Torchinov A.M., Tsakhilova S.G. [et al]. The role of oxidative stress in the pathogenesis of preeclampsia (a review) // Problemy Reproduktsii. 2014. T.20, No. 4. P.7-10.
- Корчин В.И., Бикбулатова Л.Н., Корчина Т.Я., Угорелова Е.А. Состояние окислительного метаболизма у коренного и пришлого населения Ямало-Ненецкого автономного округа // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. Т.109, №7. С.106-109. DOI:10.23670/IRJ.2021.109.7.054.
- Korchin V.I., Bikbulatova L.N., Korchina T.Ya., Ugorelova E.A. On the state of oxidative metabolism in the local and newly arrived population of the Yamalo-Nenets autonomous okrug // International research journal. 2021. T.109, No. 7. P.106-109. DOI:10.23670/IRJ.2021.109.7.054.
- Лукина Е.А., Деженкова А.В. Метаболизм железа в норме и при патологии // Клиническая онкогематология. 2015. Т.8, №4. С.355-361.
- Lukina E.A., Dezhenkova A.V. Iron Metabolism in Normal and Pathological Conditions // Clinical oncohematology. 2015. T.8, No.4. P.355-361.
- Олемпиева Е.В. Биохимические механизмы повреждающего действия активных форм кислорода при беременности // Естественные науки. 2009. №6. С.57-61.
- Olympieva E.V. Biochemical mechanisms of the damaging effect of reactive oxygen species during pregnancy // Natural sciences. 2009. No. 6. P.57-61.
- Смирнов Л.П., Суховская И.В. Роль глутатитона в функционировании систем антиоксидантной защиты и биотрансформации (обзор) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. Т.6, №143. С.34-40.
- Smirnov L.P., Sukhovskaya I.V. Glutathione role in antioxidant protection and in functioning of biotransformation system // Proceedings of Petrozavodsk state university. 2014. T.6, No. 143. P.34-40.
- Шестопапов А.В., Арутюнян А.В., Акыева М., Шестопапова М.А., Буштырева И.О. Окислительный стресс в патологии плацентации // Журнал акушерства и женских болезней. 2009. Т.58, №1. С.93-100.
- Shestopalov A.V., Arutjunyan A.V., Akuyeva M., Shestopalova M.A. Oxidative stress in pathogenesis of placentation // Journal of obstetrics and women's diseases. 2009. T.58, No.1. P.93-100.
- Association of oxidative stress on pregnancy / K. Toboła-Wróbel, M. Pietryga, P. Dydowicz, M. Napierala, J. Brązert, E. Florek // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2020. No.10. P.1-12. <https://doi.org/10.1155/2020/6398520>.
- Glutathione: A Samsonian life-sustaining small molecule that protects against oxidative stress, ageing and damaging inflammation / C.A. Labarrere, G.S. Kassab // Frontiers in Nutrition. 2022. e1007816. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1007816>.
- Oxidative stress and antioxidants: preterm birth and preterm infants / R.A. Knuppe., M.I. Hassan, J.J. McDermott, J.M. Tucker, J.C. Morrison // Preterm Birth - Mother and Child. 2012. P.125-150. <https://doi.org/10.5772/38970>.
- Oxidative stress in pregnancy complicated by preeclampsia / S.S. Juan-Reyes, L.M. Gómez-Oliván, H. Islas-Flores, O. Dublán-García // Archives of Biochemistry and Biophysics. 2020. No. 681. e108255. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108255>.
- Oxidative stress: Normal pregnancy versus preeclampsia / D.I. Chiarello, C. Abad, D. Rojas, F. Toledo, C.M.Vázquez, A. Mate, L. Sobrevia, R. Marín // BBA - Molecular Basis of Disease. 2020. Vol.1866. No. 2. P.165354. <https://doi.org/10.1016/j.bbdis.2018.12.005>.
- Placental oxidative stress: from miscarriage to preeclampsia / G.J. Burton, E. Jauniaux // Journal of the Society for Gynecologic Investigation. 2004. Vol.11. No. 6. P.342-352. <https://doi.org/10.1016/j.jsig.2004.03.003>.
- WHO Guidline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations. Geneva: WHO/NHD. 2020.