



УДК 616-053.32:612.015.11
DOI 10.24144/1998-6475.2019.46.6-13

ОЦІНКА ОКСИДАТИВНОГО СТРЕСУ В ПЕРЕДЧАСНО НАРОДЖЕНИХ ДІТЕЙ У РАННЬОМУ НЕОНАТАЛЬНОМУ ПЕРІОДІ

Павлишин Г.А., Кліщ О.В., Сарапук І.М.

*Тернопільський національний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського МОЗ України,
м. Тернопіль*

Резюме. *Вступ.* У новонароджених, особливо передчасно народжених немовлят спостерігається підвищений ризик оксидативного стресу через дисбаланс між високим окисним навантаженням та незрілою антиоксидантною захисною системою.

Мета дослідження. Оцінити показники оксидативного стресу у передчасно народжених немовлят з урахуванням їх маси тіла при народженні та наслідків у ранньому неонатальному періоді.

Матеріали та методи. Було обстежено 46 передчасно народжених немовлят менше 32 тижнів гестації, серед яких 18 пацієнтів з екстремально малою масою тіла при народженні (менше 1000 г), терміном гестації 28 тижнів і менше та 28 пацієнтів з дуже малою масою тіла (більше 1000 г), терміном гестації 29–32 тижні. Стратифікація груп спостереження: 12 передчасно народжених немовлят, які померли в ранньому неонатальному періоді (І група), 34 дитини з сприятливим наслідком (ІІ група). 20 практично здорових доношених новонароджених склали групу порівняння (ІІІ група). Комплекс лабораторних досліджень включав визначення показників оксидативного стресу (8-ізопростан, активні форми кисню, гідропероксиди ліпідів, ТБК-активні продукти ліпопероксидації) та антиоксидантної системи захисту (супероксиддисмутаза та каталаза активність крові).

Результати досліджень. Оцінка активності оксидативного стресу за показниками рівня 8-ізопростану, вмісту активних форм кисню, гідропероксидів ліпідів, ТБК-активних продуктів ліпопероксидації у новонароджених спостережуваних груп виявила статистично значиму відмінність їх залежно від маси тіла при народженні ($p < 0,001$). У групі передчасно народжених немовлят показники прооксидантної системи достовірно перевищували значення у практично здорових немовлят ($p_{1,2} < 0,001$, $p_{1,3} < 0,001$). Аналіз рівня антиоксидантного захисту засвідчив наростання супероксиддисмутазної та каталазної активності із збільшенням маси дітей ($p < 0,05$ для коефіцієнту кореляції Спірмена).

Порівняння показників оксидативного стресу серед немовлят з несприятливим та сприятливим наслідками в ранньому неонатальному періоді показало достовірне зростання вмісту 8-ізопростану ($p_{1,2} < 0,01$), гідропероксидів ліпідів ($p_{1,2} < 0,01$), ТБК-активних продуктів ліпопероксидації ($p_{1,2} < 0,01$) та суттєве зниження каталазної та супероксиддисмутазної активності у немовлят із несприятливим прогнозом.

Висновки. Отримані дані підтверджують активацію показників оксидативного стресу у передчасно народжених немовлят із терміном гестації менше 32 тижнів, їх зворотні кореляційні зв'язки з масою тіла при народженні. Зростання активності оксидативного стресу у передчасно народжених немовлят може служити предиктором несприятливого наслідку в ранньому неонатальному періоді.

Ключові слова: показники оксидативного стресу, антиоксидатний захист, передчасно народжені немовлята

The assessment of oxidative stress in preterm infants in the early neonatal period

Pavlyshyn H.A., Klishch O.V., Sarapuk I.M.

Abstract. *Introduction.* Newborns, especially preterm infants, have increased risk of oxidative stress due to the imbalance between high oxidative capacity and immature antioxidant protective system.

Aim. To evaluate the indicators of oxidative stress in preterm infants, taking into account their birth weight and the outcomes in the early neonatal period.

Materials and methods. 46 preterm infants less than 32 weeks of gestational age were examined, including 18 patients with extremely low birth weight (less than 1000 g), gestational age of 28 weeks and less and 28 patients with very low body weight (more than 1000 g), gestational age 29–32 weeks. Stratification of observation groups: 12 preterm infants who died in the early neonatal period (group I), 34 infants with favorable outcome (group II). 20 healthy term infants formed a comparison group (group III). Laboratory investigation included the assessment of oxidative stress (8-isoprostane, reactive oxygen species, lipid hydroperoxides,



TBA-active lipoperoxidation products) and antioxidant protection system (superoxide dismutase and catalase activity of the blood).

Results of the study and discussion. Evaluation of the oxidative stress activity by the level of 8-isoprostane, the content of reactive oxygen species, lipid hydroperoxides, TBK-active lipoperoxidation products in the newborns of observed groups revealed a statistically significant difference depending on birth weight ($p < 0,001$). Indicators of the prooxidant system significantly exceeded values in preterm infants comparing with healthy term newborns ($p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} < 0,001$). Analysis of the antioxidant protection level revealed an increase of superoxide dismutase and catalase activity with increasing of children's weight ($p < 0,05$ for the Spearman correlation coefficient).

Comparison of oxidative stress among infants with adverse and favorable effects in the early neonatal period showed a significant increase level of 8-isoprostane ($p_{1-2} < 0,01$), lipid hydroperoxides ($p_{1-2} < 0,01$), TBA-active products of lipoperoxidation ($p_{1-2} < 0,01$) and a significant decrease in catalase and superoxide dismutase activity in infants with unfavorable prognosis.

Conclusion. The received results confirm the activation of oxidative stress in the preterm infants with gestational age less than 32 weeks, and its inverse correlation with birth weight. An increase in the activity of oxidative stress in premature infants may be a predictor of adverse effects in the early neonatal period.

Key words: oxidative stress, antioxidant protection, preterm infants.

Вступ

Передчасно народжені діти – особлива когорта новонароджених з властивою їм функціональною незрілістю та специфічними патологічними станами, які супроводжують адаптацію немовлят до нових умов життя.

У новонароджених, особливо передчасно народжених немовлят спостерігається підвищений ризик оксидативного стресу через дисбаланс між високим окисним навантаженням та незрілою антиоксидантною захисною системою. Незрілість респіраторної, травної, імунної та антиоксидантної систем із численними медичними втручаннями після передчасних пологів (реанімаційні заходи, вентиляційна підтримка, парентеральне харчування, гемотрансфузії) сприяють поглибленню рівня оксидативного стресу [1, 2].

Оксидативний стрес є невід'ємною патогенетичною складовою патологічних станів у передчасно народжених дітей, відіграє важливу роль у широкому діапазоні «киснево-радикальних захворювань» новонароджених, сприяючи і зумовлюючи розвиток бронхолегеневої дисплазії, ретинопатії недоношених, некротичного ентероколіту, внутрішньошлункових крововиливів, перивентрикулярної лейкомаляції [1, 3].

Мета дослідження

Оцінити показники оксидативного стресу в передчасно народжених немовлят з урахуванням їх маси тіла при народженні та наслідків у ранньому неонатальному періоді.

Матеріали та методи

Комплексне клініко-лабораторне обстеження було проведено у 46 передчасно на-

роджених немовлят менше 32 тижнів гестації в ранньому неонатальному періоді (основна група), які знаходились на лікуванні у відділенні інтенсивної терапії обласного перинатального центру. Діти, які народились у термін, у задовільному стані, без обтяженого акушерсько-гінекологічного анамнезу матері, увійшли до групи порівняння (20 немовлят). Серед передчасно народжених дітей – 18 немовлят з екстремально малою масою тіла при народженні (менше 1000 г), терміном гестації 28 тижнів і менше та 28 пацієнтів з дуже малою масою тіла (більше 1000 г), терміном гестації 29–32 тижні. У ранньому неонатальному періоді – 12 передчасно народжених немовлят померли (I група), 34 дитини (II група) з сприятливим перебігом, переведені на II етап виходжування.

Дослідження проведені з дотриманням основних положень GCP (1996 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.) та Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2008 рр.), Наказу МОЗ України №523 від 12.07.2012 та схваленого Комісією з питань біомедичної етики Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського МОЗ України.

Критеріями включення були передчасно народжені з терміном гестації менше 32 тижнів, масою тіла при народженні менше 1500 г. Критеріями виключення були вроджені аномалії розвитку у новонароджених, хірургічна патологія.

Комплекс досліджень включав клінічне обстеження немовлят та лабораторне визначення показників оксидативного стресу



(8-ізопростан, активні форми кисню (АФК), гідропероксиди ліпідів (ГПЛ), ТБК-активні продукти ліпопероксидації (ТБП) та показники антиоксидантної системи захисту – супероксиддисмутаза та каталазна активність крові). Показники активних форм кисню у мононуклеарах крові визначали методом проточної лазерної цитометрії. Концентрацію гідропероксидів ліпідів (ГПЛ) і ТБК-активних продуктів ліпопероксидації (ТБП) у сироватці пуповинної крові визначали за методом, описаним у роботі [4]. Супероксиддисмутазу активність (СОД) у пуповинній крові визначали за методом, описаним у роботі [5], каталазну активність крові за методиком Грищука С.В. і співавт. [6]. Концентрацію 8-ізопростану в сечі визначали імуноферментним методом (ELISAKitBuffer, Caymanchemical) відповідно до інструкції фірми-виробника.

Статистичний аналіз результатів дослідження здійснено з використанням комп'ютерних програм «MicrosoftExcel» та «Statistica». Кількісні показники з неправильним розподілом представляли у вигляді медіани (Me) та нижнього (Lq) та верхнього (Uq) квантилів. Порівняльний аналіз двох груп

здійснювали з використанням тесту Манна-Уїтні, порівняння 3 і більше груп – за допомогою критерію Краскела-Уолліса, при вірогідних значеннях якого ($p < 0,05$) переходили до попарного порівняння груп за допомогою критерію Манна-Уїтні, однак із врахуванням поправки Бонферроні при оцінці значень p . Кореляційний аналіз кількісних показників проводили з використанням коефіцієнта кореляції Спірмена (r).

Результати досліджень

Усі передчасно народжені діти народились у терміні гестації менше 32 тижнів (29,5 (27,0; 31,0) тижнів), з масою тіла 1250 (900; 1700) г. У 18 немовлят (31%) маса тіла при народженні складала менше 1000 г, термін гестації 26,50 (26,00; 27,00) тижня (1 група), у 61% дітей (28 пацієнтів) – маса тіла понад 1000 г, термін гестації 31,0 (30,00; 31,00) тижень, (2 група) (табл. 1). Двадцять новонароджених групи порівняння (III група) народились в терміні гестації 39,0 (38,0; 39,5) тижнів, з масою тіла 3200 г (3050; 3400) г, в задовільному стані, без суттєвих порушень в ранньому неонатальному періоді.

Таблиця 1

Характеристики передчасно народжених немовлят залежно від маси тіла

Параметри менше 1000 г		Маса тіла		P
		більше 1000 г		
Кількість, n (%)		18 (39,13)	28 (60,87)	
Гестаційний вік, тижні		26,50 (26,00; 27,00)	31,0 (30,00; 31,00)	<0,001*
Стать, n (%)	Хлопчики	9 (50,00 %)	18 (64,29 %)	>0,05
	дівчатка	9 (50,00 %)	10 (35,71 %)	
Маса тіла, г		800,00 (710,00; 900,00)	1475,00 (1300,00; 1760,00)	<0,001*

Порівняння клінічних характеристик у пацієнтів основної групи залежно від маси тіла, виявили статистично достовірну різницю між групами дітей, народжених менше і більше 1000 г (рис. 1, рис. 2). Так, у групі дітей із масою тіла менше 1000 г достовірно частіше діагностувалися респіраторний дистрес синдром (РДС), крайній ступінь морфофункціональної незрілості (КСН), пізній сепсис, ретинопатія недоношених, бронхолегенева дисплазія (БЛД), ($p < 0,05$), при цьому не виявлено значущої різниці між порівнюваними групами щодо асфіксії, синдрому дихальних розладів (СДР), раннього сепсису, некротичного ентероколіту (НЕК), від-

критої артеріальної протоколи (ВАП), внутрішньочерепних крововиливів (ВЧК), перивентрикулярної лейкомаляції (ПВЛ), анемії, ($p > 0,05$).

Особливостями антенатального анамнезу у пацієнтів основної групи були передлежання, дисфункція плаценти, прееклампсія, інфекції сечовивідних шляхів, хоріоамніоніт, однак достовірної різниці між групами не виявлено.

Інтенсивність оксидативного стресу, до якого особливо чутливі і піддаються високому ризику передчасно народжені діти, визначає дисбаланс між прооксидантними та антиоксидантними захисними механізмами [8].

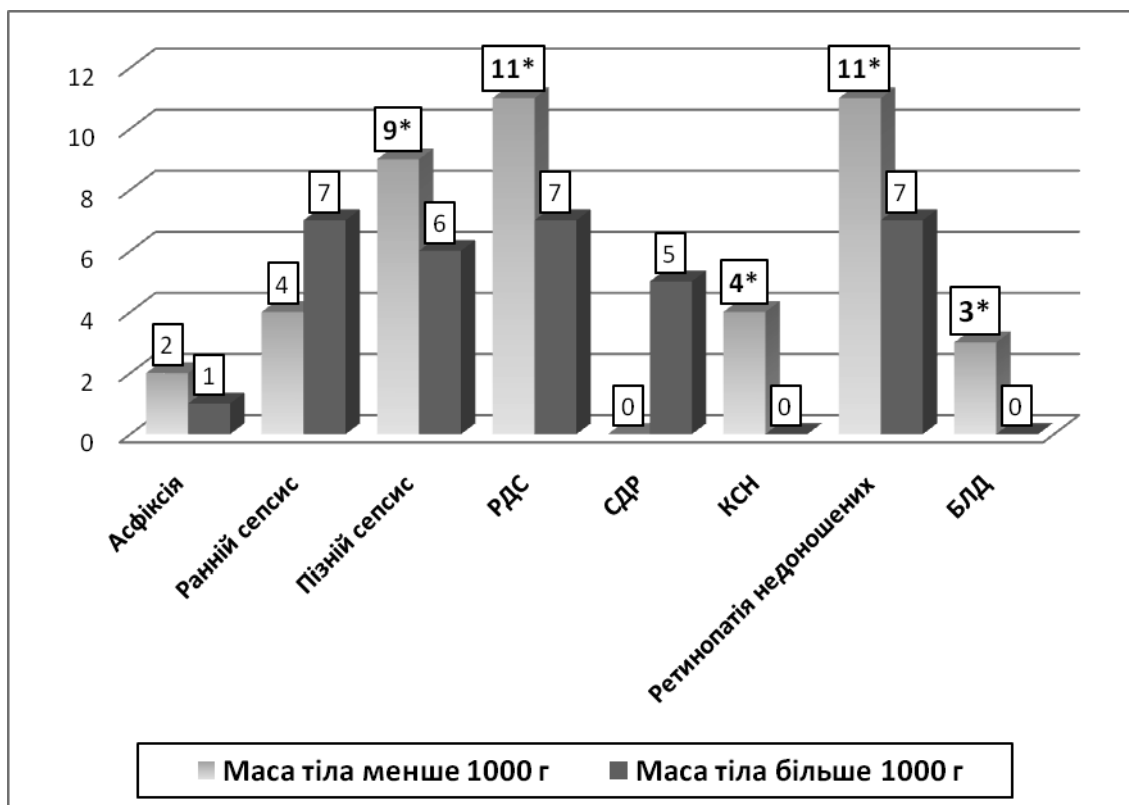


Рис. 1. Клінічна характеристика передчасно народжених немовлят
(* – статистично значущі відмінності між досліджуваними групами, $p < 0,05$).

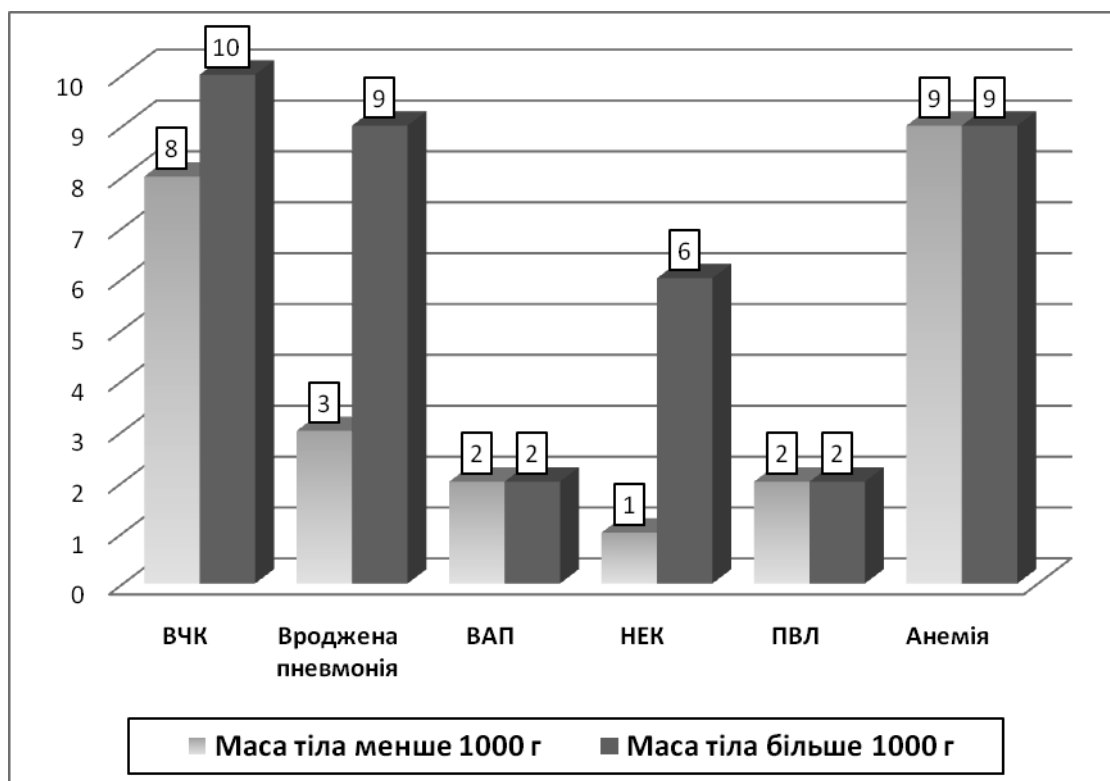


Рис. 2. Клінічна характеристика передчасно народжених немовлят
(* – статистично значущі відмінності між досліджуваними групами, $p < 0,05$).



Оцінка активності оксидативного стресу за показниками рівня 8-ізопростану, вмісту АФК, ТБП, ГПЛ у новонароджених спостере-

жуваних груп виявила статистично значиму відмінність їх залежно від маси тіла при народженні (табл. 2).

Таблиця 2

Взаємозв'язок між показниками прооксидантної системи та масою тіла дитини

Показники	Коефіцієнт кореляції Спірмена, г	p
8-ізопростан	-0,67	p<0,001*
АФК	-0,66	p<0,001*
ТБП	-0,60	p<0,001*
ГПЛ	-0,61	p<0,001*

Примітка: * – статистично значущі результати.

Водночас, аналіз рівня антиоксидантного захисту на підставі оцінки значень СОД та каталази засвідчив наростання антиокси-

дантного захисту зі збільшенням маси дітей (p<0,05 для коефіцієнта кореляції Спірмена) (табл. 3).

Таблиця 3

Взаємозв'язок між показниками антиоксидантної системи та масою тіла дитини

Показники	Коефіцієнт кореляції Спірмена, г	p
СОД	0,35	p<0,01*
Каталаза	0,35	p<0,01*

Примітка: * – статистично значущі результати.

Порівняння показників оксидативного стресу у новонароджених основної групи та групи порівняння виявило достовірну різницю між групами (p<0,001) (табл. 4). Показники прооксидантної системи у групі передчасно народжених немовлят (з екстремально малою масою тіла та дуже малою масою тіла) суттєво не відрізнялися ($p_{1-2}>0,05$), однак були достовірно відмінними від показників практично здорових немовлят ($p_{1-3}<0,001$, $p_{2-3}<0,001$), що свідчить про виражену активацію прооксидантної системи у передчасно

народжених немовлят. Зокрема, рівень 8-ізопростану, що є надійним біомаркером окисного стресу, у цій групі перевищував у 2,8 разу показники групи порівняння, АФК – у 2,3 разу, вміст ТБП, ГПЛ – у 1,6–1,4 разу, відповідно.

Груповий аналіз активності СОД та каталази залежно від маси тіла встановив, що показники антиоксидантної системи у немовлят групи порівняння (практично здорові діти) статистично значуще перевищували значення у передчасно народжених немовлят із масою тіла <1000 г (p<0,01).

Таблиця 4

Показники оксидативного стресу у новонароджених груп спостереження залежно від маси тіла при народженні (Me (Lq; Uq))

Показники	Передчасно народжені діти (n=46)		Практично здорові доношені діти (n=20)	Критерій Краскела-Уолліса	Достовірність критерію Манна-Уїтні, p
	Маса менше 1000 г (n=18)	Маса більше 1000 г (n=28)			
8-ізопростан, мг/мл	590,95 (563,40; 623,50)	572,15 (504,05; 615,50)	209,80 (149,14; 255,09)	H=36,22; p<0,001*	$p_{1-2}>0,05$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$
АФК, ум. од.	0,50 (0,45;0,54)	0,46 (0,40;0,52)	0,22 (0,18;0,27)	H=35,78; p<0,001*	$p_{1-2}>0,05$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$
ТБП (пуповинна кров), мкмоль/л	5,35 (4,74;6,12)	5,17 (4,02;5,88)	3,28 (2,91;3,56)	H=25,58; p<0,001*	$p_{1-2}>0,05$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$
ГПЛ (пуповинна кров), ум.од/мл	5,77 (4,88;6,33)	4,98 (3,99;5,94)	3,57 (3,19;3,85)	H=27,67; p<0,001*	$p_{1-2}>0,05$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$



СОД, ммоль/год ^х л	1,86 (1,42; 2,39)	2,42 (2,13; 3,00)	2,62 (2,34; 2,88)	H=9,04; p<0,05*	p ₁₋₂ =0,032 p ₁₋₃ <0,01* p ₂₋₃ >0,05
Каталаза, ум.од/ мл	0,39 (0,36; 0,47)	0,45 (0,41; 0,50)	0,47 (0,45; 0,49)	H=8,76; p<0,05*	p ₁₋₂ =0,43 p ₁₋₃ <0,01* p ₂₋₃ >0,05

Примітки: 1. Рівень статистичної значущості згідно поправки Бонферроні при попарному порівнянні груп p<0,017. 2. * – статистично значущі результати.

Натомість рівень СОД та активність каталази не мали достовірних відмінностей при порівнянні обох груп передчасно народжених дітей (p>0,017 – рівня статистичної значущості згідно з поправкою Бонферроні при попарному порівнянні груп), а також достовірно не відрізнялися у групах передчасно народже-

них з масою тіла >1000 г та практично здорових немовлят (p>0,05) (табл. 4).

Показники оксидативного стресу – про-оксидантної та антиоксидантної системи захисту, достовірно корелювали між собою у новонароджених спостережуваних груп (p<0,001) (табл. 5).

Таблиця 5

Взаємозв'язок між показниками оксидативного стресу та антиоксидантної системи у новонароджених груп спостереження

Показники	СОД		Каталаза	
	г	Р	г	Р
8-ізопростан	-0,61	p<0,001*	-0,58	p<0,001*
АФК	-0,59	p<0,001*	-0,54	p<0,001*
ТБП	-0,64	p<0,001*	-0,60	p<0,001*
ГПЛ	-0,74	p<0,001*	-0,69	p<0,001*

Примітка: * – статистично значущі результати.

У ранньому неонатальному періоді померло 12 передчасно народжених дітей (І група), з яких 7 немовлят з екстремально малою масою тіла та 5 дітей – з дуже малою масою тіла при народженні. Основними причинами смерті були крайня ступінь морфо-функціональної незрілості, ранній сепсис із поліорганною недостатністю, вну-

трішньошлуночкові крововиливи III–IV ст. Передчасно народжені, які вижили в ранньому неонатальному періоді (сприятливий наслідок) – 34 дитини, склали II групу спостереження.

Оцінка показників оксидативного стресу у групах спостереження виявила суттєві відмінності (табл. 6).

Таблиця 6

Показники оксидативного стресу у новонароджених груп спостереження (Me (Lq; Uq))

Групи	8-ізопростан, мг/мл	АФК, ум. од.	ТБП, мкмоль/л	ГПЛ, ум.од/мл
I група (померлі) (n=12)	625,45 (584,35;689,90)	0,50 (0,40; 0,57)	6,28 (5,19; 6,70)	6,50 (5,10; 6,79)
II група (n=34)	577,10 (532,20;607,50)	0,47 (0,43; 0,52)	5,04 (4,68; 5,75)	5,06 (4,17; 5,88)
Група порівняння (III група) (n=20)	209,80 (149,14;255,09)	0,22 (0,18; 0,27)	3,28 (2,91; 3,56)	3,57 (3,19; 3,85)
Критерій Краскела-Уолліса	H=41,55; p<0,001*	H=34,39; p<0,001*	H=27,06; p<0,001*	H=29,19; p<0,001*
Достовірність критерію Манна-Уїтні, р	p ₁₋₂ <0,01* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*	p ₁₋₂ >0,05 p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*	p ₁₋₂ <0,01* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*	p ₁₋₂ <0,01* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*

Примітки: 1. Рівень статистичної значущості згідно з поправкою Бонферроні при попарному порівнянні груп p<0,017. 2. * – статистично значущі результати.



Встановлено, що рівень 8-ізопростану, АФК, ТБП, ГПЛ у передчасно народжених дітей (I та II групи) достовірно відрізнялися від показників групи порівняння ($p_{1-3} < 0,001$, $p_{2-3} < 0,001$). При цьому порівняння показників у I та II групах виявило достовірне зростання вмісту 8-ізопростану (625,45 (584,35; 689,90)) та (577,10 (532,20; 607,50)), ($p_{1-2} < 0,01$), рівнів ТБП (6,28 (5,19; 6,70) та (5,04 (4,68; 5,75)), ($p_{1-2} < 0,01$), ГПЛ (6,50 (5,10; 6,79) та (5,06 (4,17; 5,88)), ($p_{1-2} < 0,01$) у немовлят із несприятливим прогнозом.

Зростання 8-ізопростану, показників ТБП, ГПЛ у передчасно народжених з неспри-

ятливим прогнозом свідчать про тяжкий патологічний процес, розвиток глибокої тканинної гіпоксії, гіпоперфузії, системних уражень органів та систем, формування «вільнорадикальної хвороби новонародженого» з прогностично несприятливим наслідком [9,10,11].

Показники антиоксидантного захисту (СОД і каталаза) достовірно відрізнялись у передчасно народжених немовлят із несприятливим (I група) та сприятливим (II група) прогнозом у ранньому неонатальному періоді ($p < 0,001$), та при порівнянні I групи і III (практично здорових немовлят) (табл.7).

Таблиця 7

Показники антиоксидантної системи у пуповинній крові новонароджених груп спостереження (Me (Lq; Uq))

Групи	СОД, ммоль/год ^х л	Каталаза, ум.од/мл
I група (померлі) (n=12)	1,38 (1,30; 1,89)	0,38 (0,36; 0,40)
II група (n=34)	2,46 (2,12; 2,95)	0,47 (0,42; 0,50)
Група порівняння (III група) (n=20)	2,62 (2,34; 2,88)	0,47 (0,45; 0,49)
Критерій Краскела-Уолліса	H=18,10; $p < 0,001^*$	H=17,25; $p < 0,001^*$
Достовірність критерію Манна-Уїтні, p	$p_{1-2} < 0,001^*$ $p_{1-3} < 0,001^*$ $p_{2-3} > 0,05$	$p_{1-2} < 0,001^*$ $p_{1-3} < 0,001^*$ $p_{2-3} > 0,05$

Примітки: 1. Рівень статистичної значущості згідно з поправкою Бонферроні при попарному порівнянні груп $p < 0,017$. 2. * – статистично значущі результати.

Водночас у передчасно народжених немовлят із сприятливим прогнозом і дітей групи порівняння показники антиоксидантного захисту статистично значуще не відрізнялися ($p > 0,05$) (табл.7).

Висновки

У передчасно народжених немовлят з терміном гестації менше 32 тижнів спостерігається активація оксидативного стресу, що характеризується високими прооксидантними показниками та зниженою активністю за-

хисної антиоксидантної системи. Водночас спостерігається зворотна (обернена) кореляція між показниками прооксидантної активності та масою тіла при народженні, при цьому, прямі кореляційні зв'язки між рівнем антиоксидантного захисту та масою тіла немовлят при народженні. Зростання показників оксидативного стресу у передчасно народжених немовлят можуть служити предиктором несприятливого наслідку в ранньому неонатальному періоді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Non-invasive assessment of oxidative stress in preterm infants // C.Peña-Bautista, T. Durand, C. Vigor, C. Oger, J.-M. Galano, C.Cháfer-Pericás // Free Radical Biology and Medicine. 2019. V.142. P. 73–81.
2. Determinants of oxidant stress in extremely low birth weight premature infants // P.Chessex, C.Watson, Gregor W. Kaczala, Thérèse Rouleau, Marie-Eve Lavoie, James Friel, Jean-Claude Lavoie // Free Radical Biology & Medicine. 2010. V.49. P. 1380–1386.
3. Oxygenation of the newborn: a molecular approach // Saugstad O.D., Sejersted Y., Solberg R. et al. // Neonatology. 2012. T.101. P.315–325. doi:10.1159/000337345



4. Колесова О.Е. Перексидное окисление липидов и методы определения продуктов липопероксидации в биологических средах / О.Е. Колесова, А.А. Маркин, Т.Н. Федорова // Лаб. дело. 1984. № 9. С. 540-546.
5. Макаревич О. П. Активность супероксиддисмутазы крови в острый период различных заболеваний / О. П. Макаревич, П.П. Голиков // Лаб. дело. 1983. N 6. С. 24-27.
6. Гришук С.В. Определение активности каталазы цельной крови как возможный метод доклинической оценки риска легочных заболеваний / С.И. Гришук. В.И. Дудин // Проблемы биологии продуктивных животных. 2008, № 2. С. 65-72.
7. Pathophysiology of isoprostanes in the cardiovascular system: implications of isoprostane-mediated thromboxane A₂ receptor activation // J. Bauer, A. Ripperger, S. Frantz, S. Ergün, E. Schwedhelm, R. A. Benndorf // British Journal of Pharmacology. 2014. V.171. P.3115–3131.
8. Isoprostanes in fetal and neonatal health and diseases // Belik, J., Gonzalez-Lius, G. E., Perez-Vizcaino, F., Villamor, E. // Free Radic. Biol. Med. 2010. V. 48, P. 177–188.
9. Evidence of oxidative stress in full-term healthy infants // Friel J.K., Friesen R.W., Harding S.V., Roberts L.J. // Pediatr. Res. 2004. V.56. P. 878–882. doi:10.1203/01.PDR.0000146032.98120.43
10. Analysis of lipid peroxidation biomarkers in extremely low gestational age neonate urines by UPLC-MS/MS // J. Kuligowski, J. Escobar, I. Lliso, I. Torres-Cuevas, A. Nuñez, E. Cubells, M. Vento // Anal Bioanal Chem. DOI 10.1007/s00216-014-7824-6.

REFERENCES

1. Non-invasive assessment of oxidative stress in preterm infants // C. Peña-Bautista, T. Durand, C. Vigor, C. Oger, J.-M. Galano, C. Cháfer-Pericás // Free Radical Biology and Medicine. 2019. V.142. P. 73–81.
2. Determinants of oxidant stress in extremely low birth weight premature infants // P. Chessex, C. Watson, Gregor W. Kaczala, Thérèse Rouleau, Marie-Eve Lavoie, James Friel, Jean-Claude Lavoie // Free Radical Biology & Medicine. 2010. V.49. P. 1380–1386.
3. Oxygenation of the newborn: a molecular approach // Saugstad O.D., Sejersted Y., Solberg R. et al. // Neonatology. 2012. T.101. P.315–325. doi:10.1159/000337345
4. Kolesova O.E. Lipid peroxidation and methods for determination of lipid peroxidation products in biological media / O.E. Kolesova, A.A. Mapkin, T.M. Fedorova // Laboratornasprava. 1984. № 9. P. 540-546.
5. Makarevich O.P. Blood superoxide dismutase activity in the acute period of various diseases / O. P. Makarevich, P.P. Golikov // Laboratornasprava. 1983. N 6. P. 24-27.
6. Grischuk S.V. Determination of whole blood catalase activity as a possible method for preclinical risk assessment of lung diseases / S.V. Grischuk. V. I. Dudin // Problems of the biology of productive animals. 2008, № 2. P. 65-72.
7. Pathophysiology of isoprostanes in the cardiovascular system: implications of isoprostane-mediated thromboxane A₂ receptor activation // J. Bauer, A. Ripperger, S. Frantz, S. Ergün, E. Schwedhelm, R. A. Benndorf // British Journal of Pharmacology. 2014. V.171. P.3115–3131.
8. Isoprostanes in fetal and neonatal health and diseases // Belik, J., Gonzalez-Lius, G. E., Perez-Vizcaino, F., Villamor, E. // Free Radic. Biol. Med. - 2010. - V. 48, P. 177–188.
9. Evidence of oxidative stress in full-term healthy infants // Friel J.K., Friesen R.W., Harding S.V., Roberts L.J. // Pediatr. Res. 2004. V.56. P. 878–882. doi:10.1203/01.PDR.0000146032.98120.43
10. Analysis of lipid peroxidation biomarkers in extremely low gestational age neonate urines by UPLC-MS/MS // J. Kuligowski, J. Escobar, I. Lliso, I. Torres-Cuevas, A. Nuñez, E. Cubells, M. Vento // Anal Bioanal Chem. DOI 10.1007/s00216-014-7824-6.

Отримано 03.12.2019 р.