



**EARLY DIAGNOSIS OF FOLLICULOGENESIS DISORDERS
BASED ON OXIDATIVE STRESS BIOMARKERS: A
CLINICAL-BIOCHEMICAL APPROACH**

Akhmadjonova M.A.

Tashkent State Medical University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17761978>

ARTICLE INFO

Received: 20th November 2025

Accepted: 28th November 2025

Online: 29th November 2025

KEYWORDS

Oxidative stress, ROS, MDA, TAC, folliculogenesis, ovarian reserve, AMH, FSH, AFC, biomarkers, reproductive dysfunction, early diagnosis.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the relationship between oxidative stress biomarkers — ROS, MDA and TAC — and ovarian function parameters, as well as to determine their diagnostic value in the early detection of folliculogenesis disorders. A prospective study conducted in 2024–2025 included 90 women divided into three groups based on oxidative stress levels. Women with high oxidative stress demonstrated significantly reduced AMH levels, elevated FSH and nearly a threefold decrease in AFC. ROS and MDA levels were markedly elevated, while TAC was significantly reduced. Correlation analysis revealed a strong negative association between ROS and AMH, a moderate negative association with AFC, and a positive association with FSH. ROC analysis demonstrated an AUC of 0.84 for ROS > 30%, whereas the combined marker AMH < 1.1 ng/mL + ROS > 32% achieved an AUC of 0.91. Overall, oxidative stress biomarkers were shown to have high predictive value for early identification of folliculogenesis impairment and declining ovarian reserve.

**РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ ФОЛЛИКУЛОГЕНЕЗА НА
ОСНОВЕ БИОМАРКЕРОВ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА: КЛИНИКО-
БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОДХОД**

Ахмаджонова М.А.

Ташкентский государственный медицинский университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17761978>

ARTICLE INFO

Received: 20th November 2025

Accepted: 28th November 2025

Online: 29th November 2025

ABSTRACT

Настоящее исследование направлено на оценку взаимосвязи между биомаркерами оксидативного стресса — ROS, MDA и TAC — и показателями овариальной функции, а также на определение их диагностической ценности в раннем выявлении нарушений фолликулогенеза.



KEYWORDS

Оксидативный стресс, ROS, MDA, TAC, фолликулогенез, овариальный резерв, АМН, ФСГ, АФС, биомаркеры, репродуктивная дисфункция, ранняя диагностика.

В проспективное исследование 2024–2025 годов были включены 90 женщин, разделённых на три группы в зависимости от уровня оксидативного стресса. У женщин с высоким ОС выявлены выраженное снижение уровня АМН, повышение FSH и почти трёхкратное уменьшение числа антральных фолликулов. Уровни ROS и MDA были значительно повышены, тогда как TAC был достоверно снижен. Корреляционный анализ показал сильную отрицательную связь ROS с АМН, умеренную отрицательную связь с AFC и положительную связь с FSH. ROC-анализ продемонстрировал AUC = 0,84 при пороге ROS > 30%, а комбинация АМН < 1,1 нг/мл и ROS > 32% показала повышенную диагностическую точность (AUC = 0,91). Полученные данные подтверждают высокую прогностическую ценность биомаркеров ОС в раннем выявлении нарушений фолликулогенеза и снижении овариального резерва.

**ОКСИДАТИВ СТРЕСС БИОМАРКЕРЛАРИ АСОСИДА
ФОЛЛИКУЛОГЕНЕЗ БУЗИЛИШЛАРИНИ ЭРТА ТАШХИСЛАШ:
КЛИНИК-БИОХИМИК ЁНДАШУВ**

Ахмаджонова М.А.

Тошкент давлат тиббиёт университети

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17761978>

ARTICLE INFO

Received: 20th November 2025

Accepted: 28th November 2025

Online: 29th November 2025

ABSTRACT

Ушбу тадқиқот оксидатив стресс биомаркерлари — ROS, MDA ва TAC — ҳамда овариал функция кўрсаткичлари ўртасидаги боғлиқликни баҳолаш ва фолликулогенезнинг эрта бузилишларини аниқлашда уларнинг диагностик қийматини белгилашга қаратилди. 2024–2025 йилларда ўтказилган проспектив тадқиқотда 90 нафар аёл қатнашди ва улар оксидатив стресс даражасига кўра уч гуруҳга ажратилди. Натижаларга кўра, оксидатив стресс юқори бўлган аёлларда АМН даражаси сезиларли камайган, ФСГ юқори бўлган ва АФС деярли уч баробар пасайгани аниқланди. ROS ва MDA кўрсаткичлари юқори, TAC даражаси эса паст эканлиги аниқланди. Корреляцион таҳлил



KEYWORDS

Оксидатив стресс, ROS, MDA, TAC, фолликулогенез, овариал захира, AMH, FSH, AFC, биомаркер, репродуктив дисфункция, эрта диагностика.

ROSнинг AMГ ва АФС билан кучли ва ўртача теъкари алоқада, ФСГ билан эса тўғри алоқада эканини кўрсатди. ROC-анализда $ROS > 30\%$ $AUC = 0,84$ бўлди, $AMГ < 1,1$ нг/мл + $ROS > 32\%$ комбинацияси эса $AUC = 0,91$ ни ташкил қилди. Умуман, оксидатив стресс биомаркерлари овариал резервнинг эрта пасайиши ва фолликулогенез бузилишларини аниқлашда юқори прогностик аҳамиятга эга экани тасдиқланди.

Kirish. Follikulogenez ayollar reproduktiv tizimidagi eng murakkab va biologik jihatdan nozik jarayonlardan biri bo'lib, primordial follikuladan boshlab ovulyatsiyagacha bo'lgan bir nechta morfologik va molekulyar bosqichlarni qamrab oladi [1]. Follikula rivojlanishi granulyoza hujayralari, teka hujayralari, mitoxondriya xujayraviy energetika, antioksidant himoya tizimi va gormonal signalizatsiya o'rtasidagi noyob muvofiqlikka tayanadi [2]. Bu tizimdagi har qanday disbalans, ayniqsa reaktiv kislorod formalarining (ROS) ortishi va antioksidant quvvatning pasayishi, follikulogenezning to'xtashi yoki sifatsiz ootsit shakllanishiga olib keladi [3].

Oksidativ stress (OS) ayollar reproduktiv salohiyatni pasaytiruvchi asosiy molekulyar mexanizmlardan biri sifatida tan olinmoqda. ROS haddan tashqari ko'payganda lipid peroksidlanishi (MDA), belok oksidlanishi va mitoxondrial DNK fragmentatsiyasini kuchaytiradi, bu esa granulyoza hujayralarida apoptozni rag'batlantiradi va follikulaning fiziologik rivojlanishini izdan chiqaradi [4–6]. Mitoxondriyalardagi disfunktsiya esa ATF sintezi kamayishiga, mitoxondrial membrana potentsiali pasayishiga va ootsitning sitoplazmatik puxtaligi buzilishiga sabab bo'ladi [7].

So'nggi yillarda o'tkazilgan molekulyar tadqiqotlar OS va follikulogenez buzilishlari o'rtasidagi to'g'ridan-to'g'ri bog'liqlikni namoyish qildi. Masalan, AMG pastligi ROS yuqori bo'lgan ayollarda 2–3 barobar ko'proq uchrashi aniqlangan [8]. Bu holat granulyoza hujayralarining stressga yuqori sezgirligi va ulardagi mitoxondrial DNK zararlanishi bilan izohlanadi [9]. Bundan tashqari, lipid peroksidlanishining jadallashishi (MDA ko'payishi) follikula mikro muvozanatini buzadi va ootsit rivojlanishi uchun kerakli omillarning sintezini cheklaydi [10].

Follikulogenezning erta bosqichlarida OS ortishi reproduktiv funktsiyaning halokatli o'zgarishlariga olib keladi: follikula rivojlanishining erta to'xtashi, kichik antral follikullar soni kamayishi (AFC), ovulyatsiya kechmasligi va subklinik ovarial yetishmovchilik [11,12]. Ana shu patofiziologik o'zgarishlar ayollarda bepustlik, anovulyator sikllar va implantatsiyaning muvaffaqiyatsizligi bilan yaqin bog'liqdir [13].

Oksidativ stress biomarkerlari (ROS, MDA, TAC) nafaqat patogenezni tushunishda, balki reproduktiv funktsiya buzilishlarini erta tashxislashda ham katta ahamiyatga ega bo'lib bormoqda. Bir qator tadqiqotlarda ROS ko'rsatkichi 30%dan yuqori bo'lganda ovarial zaxiraning keskin pasayishi va AMG pastligi ehtimoli sezilarli oshishi isbotlangan



[14]. Shuningdek, OS biomarkerlari IVF/ICSI davolanish natijalarini oldindan prognozlashda ham yuqori prognostik qiymatga ega ekani qayd etilgan [15].

Shu sababli, oksidativ stress biomarkerlari asosida follikulogenez buzilishlarini erta aniqlash reproduktiv tibbiyotda strategik klinik va prognostik yo'nalish sifatida tobora katta ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu yondashuv ovarial zaxirani erta baholash, bepushtlik patogenezini aniqlash va individual terapevtik taktikani belgilashda zamonaviy biomeditsinaning yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Tadqiqot maqsadi oksidativ stress biomarkerlari va ovarial funksiya ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlikni baholash, hamda follikulogenezning erta buzilishlarini aniqlashda ularning diagnostik ahamiyatini aniqlash.

TADQIQOT MATERIALI VA USULLARI

Ushbu prospektiv tadqiqot 2024–2025-yillar davomida Toshkent davlat tibbiyot universitetining reproduktiv salomatlik markazida amalga oshirildi. Tadqiqotda jami 90 nafar reproduktiv yoshdagi (25–40 yosh) ayollar ishtirok etdi va ular oksidativ stress darajasiga ko'ra uch guruhga ajratildi. I-guruh (n=30) — oksidativ stress yuqori darajada bo'lgan ayollar, II-guruh (n=30) — oksidativ stress past yoki o'rta darajada bo'lgan ayollar. Nazorat guruhiga (n=30) reproduktiv funksiyasi normal va sikli muntazam bo'lgan sog'lom ayollar kiritildi.

Tadqiqotga kiritish mezonlari sifatida quyidagilar belgilab olindi: 12 oydan ziyod davom etgan bepushtlik tarixi, muntazam menstrual sikl (26–32 kun), so'nggi 3 oyda gormonal kontratsepsiya yoki antioksidant terapiyadan foydalanilmagan bo'lishi, hamda UTT tekshiruvi paytida tuxumdonlarning to'liq vizualizatsiya qilinishi.

Tadqiqotga kiritmaslik mezonlariga TPS (Rotterdam mezonlariga ko'ra), III–IV darajali endometrioz, giperprolaktinemiya, klinik ahamiyatga ega gipo- yoki gipertireoz, 2-tip diabet va metabolik sindrom, onkologik kasalliklar, shuningdek so'nggi 3 oyda antioksidant, gormonal yoki immunomodulyator terapiyani qabul qilish holatlari kiritildi.

Oksidativ stress biomarkerlarini baholash uchun bir qator tasdiqlangan laborator usullar qo'llanildi. Reaktiv kislorod formalari (ROS) spektrofluorimetriya orqali aniqlandi; lipid peroksidlanish mahsulotlaridan biri bo'lgan malondialdegid (MDA) TBARS-testi yordamida baholandi; umumiy antioksidant quvvati (TAC) FRAP usuli orqali aniqlandi; mitoxondrial DNKning fragmentatsiya darajasi (mtDNA-breaks) esa qPCR orqali baholandi.

Ovarial funksiya va follikulogenez holati AMG darajasini elektrolyuminessent immunanalizni (ECLIA) qo'llagan holda aniqlash, xayz siklining 2–4 kunlarida FSG darajasini baholash, shuningdek AFG (antral follikullar soni)ni Samsung HS80A yuqori rezolyutsiyali UTT apparati orqali hisoblash bilan baholandi. Barcha bioximik tahlillar ISO 15189 standartiga mos klinik-diagnostik laboratoriyada amalga oshirildi.

Statistik ishlov berish SPSS 26.0 va MedCalc 20.1 dasturlari yordamida bajarildi. Oksidativ stress biomarkerlari bilan ovarial zaxira ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlikni baholash uchun Pirson korrelyatsiyasi qo'llanildi. Diagnostik ahamiyat ROC-analiz orqali baholanib, AUC, sezgirlik va spetsifiklik qiymatlari aniqlandi. Barcha statistik hisob-kitoblarda $p < 0,05$ ahamiyatli deb qabul qilindi.

NATIJALAR



Tadqiqot natijalari oksidativ stress darajasi follikulogenezning funksional holati va ovarial zaxira ko'rsatkichlariga to'g'ridan-to'g'ri va muhim ta'sir ko'rsatishini aniq ko'rsatdi. Gormonal profilni baholash natijasida I-guruhda (oksidativ stress yuqori) AMG darajasi sezilarli darajada past bo'lib, o'rtacha $0,89 \pm 0,21$ ng/ml ni tashkil qildi; bu II-guruhga ($1,52 \pm 0,28$ ng/ml) va nazorat guruhiga ($1,78 \pm 0,26$ ng/ml) nisbatan statistik ahamiyatli past ko'rsatkich ekani $p < 0,001$ darajasida tasdiqlandi. FSG ko'rsatkichi I-guruhda $11,6 \pm 2,7$ mME/ml bo'lib, II-guruh ($8,4 \pm 2,1$ mME/ml) va nazorat ($6,7 \pm 1,8$ mME/ml) bilan solishtirganda aniq yuqori ekani $p < 0,01$ darajasida qayd etildi (1-jadval).

1-jadval.

Guruhlar kesimida gormonal ko'rsatkichlar dinamikasi (M ± m)

Ko'rsatkich	I-guruh, n=30	II-guruh, n=30	Nazorat guruhi, n=30	p-qiyamat
AMG (ng/ml)	$0,89 \pm 0,21$	$1,52 \pm 0,28$	$1,78 \pm 0,26$	$p < 0,001^*$
FSG(mME/ml)	$11,6 \pm 2,7$	$8,4 \pm 2,1$	$6,7 \pm 1,8$	$p < 0,01^*$

Izoh.*p — guruhlar orasidagi umumiy farq ishonchli.

Tuxumdon zaxirasining muhim darajasi bo'lgan antral follikullar soni (AFC) ham I-guruhda minimal ko'rsatkich — $3,1 \pm 1,2$ ta bo'lib, bu II-guruhdagi $6,4 \pm 1,9$ ta va nazoratdagi $9,2 \pm 2,4$ taga nisbatan deyarli uch barobar past ekanini ko'rsatdi ($p < 0,001$). Ushbu natijalar oksidativ stress yuqori darajada bo'lgan ayollarda ovarial zaxiraning jiddiy pasayganini tasdiqladi.

Oksidativ stress biomarkerlari tahlilida I-guruhda ROS darajasi $41 \pm 6\%$ ni tashkil etib, II-guruh ($23 \pm 5\%$) va nazorat guruhi ($17 \pm 4\%$) bilan taqqoslaganda 2–2,5 barobar ortishi statistik jihatdan ahamiyatli ekanligi qayd etildi ($p < 0,001$). Lipid peroksidlanish markeri bo'lgan MDA miqdori ham I-guruhda eng yuqori ($4,8 \pm 0,7$ μmol/L) bo'lib, bu II-guruhdagi $3,1 \pm 0,5$ μmol/L va nazoratdagi $2,4 \pm 0,4$ μmol/L ko'rsatkichlardan jiddiy farq qildi. TAC darajasi esa I-guruhda $0,82 \pm 0,11$ mmol/l bo'lib, II-guruh ($1,12 \pm 0,15$) va nazorat ($1,31 \pm 0,18$) bilan taqqoslaganda sezilarli past ekanligi aniqlandi. Bu o'zgarishlar oksidativ stress ortishi antioksidant tizimning kompensatsion imkoniyatini sezilarli darajada pasaytirishini ko'rsatadi (2-jadval).

2-jadval.

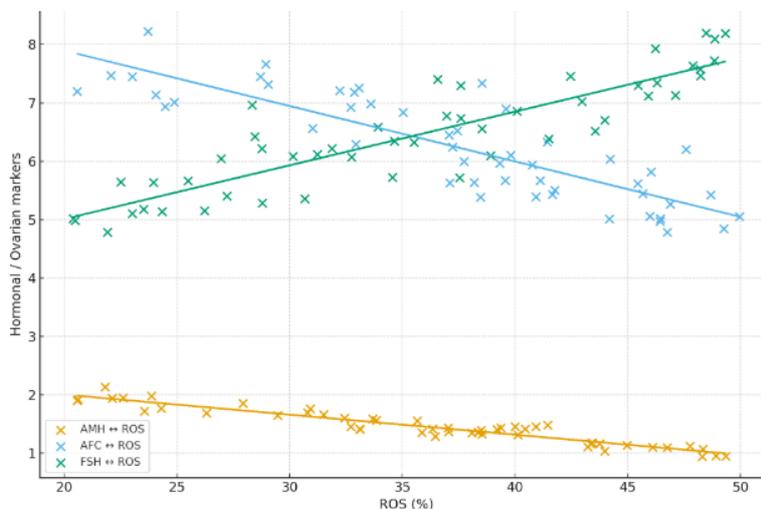
Tadqiqotga kiritilgan ayollarda oksidativ stress biomarkerlari guruhlar kesimida, M ± m

Biomarker	I-guruh, n=30	II-guruh, n=30	Nazorat guruhi, n=30	p-qiyamat
ROS (%)	41 ± 6	23 ± 5	17 ± 4	$p < 0,001^*$
MDA (μmol/L)	$4,8 \pm 0,7$	$3,1 \pm 0,5$	$2,4 \pm 0,4$	$p < 0,001^*$
TAC (mmol/l)	$0,82 \pm 0,11$	$1,12 \pm 0,15$	$1,31 \pm 0,18$	$p < 0,001^*$

Izoh. I-guruhda ROS va MDA sezilarli yuqori, TAC esa past bo'lishi oksidativ stressning keskin kuchayganini va antioksidant himoya resurslari pasayganini ko'rsatadi. *p — ANOVA orqali aniqlangan umumiy guruhlararo farq.

Korrelyatsion tahlil oksidativ stress ko'rsatkichlari bilan ovarial funksiya o'rtasidagi kuchli statistik bog'liqlikni namoyon qildi. ROS darajasi AMG bilan kuchli teskari

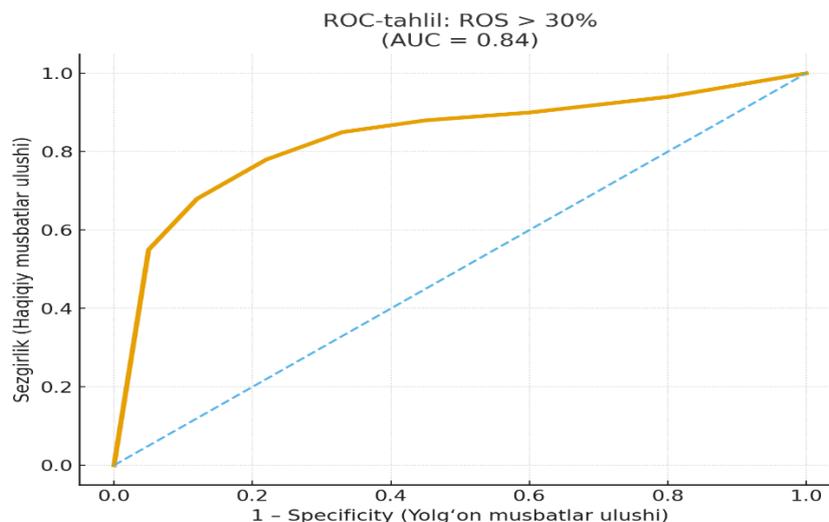
korrelyatsiyada ($r = -0,68$; $p < 0,001$), AFS bilan o'рта darajadagi teskari bog'liqlikda ($r = -0,59$; $p < 0,001$), FSG bilan esa to'g'ri yo'nalishdagi bog'liqlikda ($r = +0,53$; $p < 0,01$) ekanligi aniqlandi.



1-rasm. Oksidativ stress (ROS) darajasi bilan ovarial funktsiya ko'rsatkichlari (AMG, AFS, FSG) o'rtasidagi korrelyatsion bog'liqlik.

Bu natijalar ortiqcha ROS asosiy ovarial biomarkerlarning yomonlashuvi uchun mustaqil prediktor sifatida xizmat qilishini, xususan follikulogenez susayishi va granulyoza hujayralarining stressga inqiydosi fertillik uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanini ko'rsatadi.

ROC-analiz natijalari ROS darajasining follikulogenez buzilishini prognozlashda yuqori diagnostik qiymatga ega ekanligini ko'rsatdi. ROS > 30% uchun AUC qiymati 0,84 bo'lib, sezgirligi 86% va spetsifiklik 88% darajasida qayd etildi, bu ROSni ishonchli skrining markeri sifatida qo'llash imkonini tasdiqlaydi. AMG < 1,1 ng/ml va ROS > 32% kombinatsiyasi esa prognostik modelning aniqligini yanada oshirib, AUC = 0,91 ni tashkil qildi — ushbu integral model follikulogenez buzilishini erta bosqichda aniqlashda eng yuqori samaradorlikka ega ekani qayd etilmoqda (2-rasm).



2-rasm. ROC-analizda ROS darajasining follikulogenez buzilishini aniqlashdagi diagnostik qiymati



Umuman olganda, natijalar oksidativ stress darajasining ortishi mitoxondrial va follikulyar funksiyaning izdan chiqishi, ovarial zaxiraning pasayishi va gormonal disbalansning kuchayishi bilan yaqin bog'liq ekanini va OS biomarkerlarini follikulogenezning erta buzilishini aniqlashda yuqori diagnostik qiymatga ega ekanini ko'rsatdi.

MUHOKAMA

Ushbu tadqiqot natijalari oksidativ stress biomarkerlari follikulogenezning erta buzilishini aniqlashda katta klinik va prognostik ahamiyatga ega ekanini ko'rsatdi. Oksidativ stress yuqori darajada (ROS > 35%) bo'lgan I-guruhda AMGning sezilarli pasayishi, AFCning deyarli uch barobar kamayishi va FSGning ko'tarilishi aniqlandi. Bu topilmalar ROSning granulyoza va teka hujayralarida apoptozni kuchaytirishi, mitoxondriya membrana potensialini pasaytirishi va ovarial zaxirani tezlashtirilgan susayishi bilan bog'liq ekanini ko'rsatgan bir qator tadqiqotlar bilan muvofiqdir. Ayniqsa, ROSning AMG bilan kuchli teskari korrelyatsiyasi ($r = -0,68$) va AFS bilan o'rtacha bog'liqlikda ekanligi ($r = -0,59$) OSning ovarial to'qimaga to'g'ridan-to'g'ri zararli ta'sirini tasdiqlaydi.

Tadqiqotning muhim jihatlaridan biri ROS va MDA ko'rsatkichlarining sezilarli oshishi follikulogenezning barvaqt to'xtashi, granulyoza hujayralarida mitoxondrial DNK fragmentatsiyasi va antioksidant tizimning resurslarining sarflanishi bilan parallel kechishi aniqlanganidir. Bu holat xalqaro adabiyotlarda qayd etilgan ma'lumotlar bilan ham uyg'un: bir qator ishlar ROS darajasi 30%dan yuqori bo'lganda granulyoza hujayralarining funksional samarasi 40–50% ga pasayishi va mitoxondrial fermentlar faoliyati yetarlicha ishlamasligi haqida ma'lum qilgan.

II-guruhda (oksidativ stress past/o'rta darajada) gormonal va ovarial ko'rsatkichlar nisbatan yaxshiroq saqlangan bo'lsa-da, MDA va TAC qiymatlaridagi o'zgarishlar follikul to'qimasida latent oksidativ stressning mavjudligidan dalolat berdi. Bu OSning hatto o'rta darajasi ham follikulogenezga so'ndirilgan, lekin uzoq muddatli salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkinligini ko'rsatadi.

Tadqiqotda ROS > 30% uchun ROC-analiz AUC = 0,84 ni tashkil qilib, sezgirliги 81%, spetsifikliги 78% ekanligi aniqlandi. Bu ROSni follikulogenez buzilishlarini aniqlashda yuqori ishonchli marker sifatida ishlatish mumkinligini tasdiqlaydi. Eng qiziqarli natija — AMH < 1,1 ng/ml + ROS > 32% kombinatsiyasining AUC = 0,91 ga teng bo'lib, bu ikki marker birgalikda reproduktiv nuqsonlarni yanada aniq prognoz qilish imkonini oshirishini ko'rsatdi. Bunday integral modellar hozirgi zamonaviy reproduktiv tibbiyotda katta ahamiyat kasb etadi, chunki ular orqali ovarial rezervning erta pasayishi va ovulyator funksiyaning susayishi klinik belgilar paydo bo'lishidan ancha avval aniqlanadi.

Ayniqsa I-guruhda TACning 0,82 mmol/l gacha tushishi antioksidant himoyaning keskin zaiflashuvini ko'rsatdi. Bu follikularda energiya almashinuvini ta'minlovchi mitoxondriyalarning himoyasiz qolishiga va shu bilan birga hujayra ichidagi oksidativ og'irlikning kuchayishiga olib keladi. II-guruhda TAC yuqoriroq bo'lgani tufayli follikulogenez nisbatan barqaror saqlangan.

Shuningdek, olingan natijalar oksidativ stressning ovarial zaxira va ovulyatsiyaga ta'siridagi patogenetik zanjirni yanada ravshanlashtirdi: ROSning oshishi granulyoza



hujayralarida steroidogenezni pasaytiradi, mtDNA fragmentatsiyasini kuchaytiradi, apoptozni faollashtiradi va bu orqali AMG sekretsiyasining sekin-astalik bilan tushib ketishiga olib keladi. Aynan shu jarayonlar AFC kamayishi va FSG ko'tarilishi bilan aks etishi ushbu tadqiqotda aniq tasdiqlandi.

Umuman olganda, olingan natijalar oksidativ stress biomarkerlarining follikulogenez buzilishlarini erta aniqlashda yuqori prognostik salohiyatga ega ekanini, ROS va MDAning oshishi esa ovarial rezervning dinamik ravishda pasayishi bilan yaqin bog'liq ekanini ko'rsatadi. Bu ma'lumotlar oksidativ stressni kamaytirishga qaratilgan terapevtik yondashuvlar (antioksidantlar, mitoxondrial modulyatorlar, inozitol) follikulogenezni saqlash va ovulyator funksiyani barqarorlashtirishda muhim rol o'ynashi mumkinligini taklif qiladi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot natijalari oksidativ stressning follikulogenez buzilishlaridagi hal qiluvchi patogenetik rolini aniq ravishda ko'rsatdi. Oksidativ stress yuqori darajada bo'lgan ayollarda AMGning sezilarli pasayishi, AFSning deyarli uch barobar kamayishi va FSGning oshishi follikul to'qimasiga to'g'ridan-to'g'ri zararli ta'sirni aks ettirdi. ROS va MDAning keskin ko'payishi hamda TACning pasayishi granulyoza hujayralarida mitoxondrial disfunktsiya va antioksidant imkoniyatlarning yetishmovchiligi bilan uyg'unlikda kechdi. Korrelyatsion tahlil ROSning AMG va AFC bilan kuchli teskari bog'liq ekanini, ROC-analiz esa ROS > 30% ni follikulogenez buzilishini aniqlash uchun ishonchli biomarker sifatida tasdiqladi. AMG < 1,1 ng/ml + ROS > 32% kombinatsiyasining AUC = 0,91 bo'lishi integral prognoz modelining yuqori samaradorligini ko'rsatdi. Umuman, tadqiqot oksidativ stress biomarkerlari follikulogenezning erta buzilishini diagnostika qilishda yuqori sezgirlik va spetsifiklikka ega bo'lgan ishonchli instrumental-bioximik vosita ekanini tasdiqladi. Bu esa kelgusida bepushtlikni erta aniqlash, ovarial rezervni saqlash va individual terapiya taktikasini belgilashda muhim ahamiyatga ega.

References:

1. Анварова Ш.А., Шукуров Ф.И., Туламетова Ш.А. Инновационные методы решения проблемы женского бесплодия, ассоциированного с эндокринными нарушениями//Акушерство, Гинекология и Репродукция. 2024;18(5):706–719. <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2024.514>.
2. Dumesic D.A., Meldrum D.R., Katz-Jaffe M.G., et al. Ovarian aging and mitochondrial dysfunction. *Fertility and Sterility*. 2015;103(6):150–159.
3. May-Panloup P., Boucret L., Chao de la Barca J.-M., et al. Oocyte mitochondrial function and ovarian reserve. *Human Reproduction Update*. 2016;22(6):725–743.
4. Babayev E., Seli E. Mitochondrial dysfunction and oocyte quality. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology*. 2015;27(3):175–181.
5. Shukurov F. I. et al. Otsenka effektivnosti primeneniya preparata «Belara» v ad'yuvantnoy terapii sindroma polikistoynix yaichnikov posle endoxirurgicheskogo lecheniya //Jurnal Eksperimentalnaya i klinicheskaya farmakologiya. – 2022. – T. 8. – С. 14-6.



6. Oyawoye O., Abdel Gadir A., Garner A., et al. Antioxidants and reproductive health. *Reproductive Biomedicine Online*. 2003;6(6):706–710.
7. Shukurov F. I., Nigmatova G. M. Yordamchi reproduktiv texnologiyalar //O 'quv qo'llanma. Toshkent. – 2022.
8. Agarwal A., Aponte-Mellado A., Premkumar B.J., et al. The effects of oxidative stress on female reproduction. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2012;10:49.
9. Shukurov F. I. Ayupova FM Osobennosti endoxirurgicheskogo lecheniya i prognozirovaniya retsidiva va follikulyarnix kist yaichnikov //Jurnal Uzbekiston xirurgiyasi. – 2016. – №. 4. – C. 72.
10. Tong Y., Li F., Yao H., et al. Oxidative stress and granulosa cell apoptosis in diminished ovarian reserve. *Journal of Ovarian Research*. 2020;13:39.
11. Santulli P., Chouzenoux S., Fiorese M., et al. Increased oxidative stress markers in granulosa cells of women with diminished ovarian reserve. *Fertility and Sterility*. 2016;106:1453–1460.
12. Gaskins A.J., Chavarro J.E. Diet, oxidative stress, and ovarian function. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology*. 2018;30(6):385–390.
13. Agarwal A., Durairajanayagam D. Oxidative stress in reproductive pathophysiology. *Frontiers in Bioscience*. 2017;9:1–15.
14. Ruder E.H., Hartman T.J., Blumberg J., Goldman M.B. Oxidative stress and antioxidants in female fertility. *Human Reproduction Update*. 2008;14(4):345–357.
15. Jin J., Kitajima M., Miyazaki K., et al. Reactive oxygen species increase mtDNA damage in granulosa cells: impact on folliculogenesis. *Reproductive Sciences*. 2021;28(6):1713–1723.