



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, 3/1 - SON. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

UO'K: 576.32/.36:616-091

HUJAYRA O'LIMINING DASTURLANGAN SHAKLI: APOPTOZ VA UNING MEXANIZMLARI



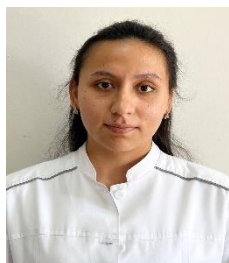
Saidova Firuza Salomovna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti
Patologik fiziologiya kafedrasida assistenti
Samarqand, O'zbekiston

firuzasaidova143@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-8786-3356>

+998939955945



Baxronova Mexrangiz Raxmonkulovna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti
Davolash fakulteti 2-bosqich talabasi, Samarqand, O'zbekiston.

Email: bbb646362@gmail.com

+99899 565 39 51

Annotatsiya: Ushbu maqolada hujayra o'limining dasturlangan shakli bo'lgan apoptoz jarayoni, uning molekulyar mexanizmlari va biologik ahamiyati keng yoritilgan. Apoptoz – bu organizmda homeostazni saqlash, rivojlanish jarayonlarini boshqarish hamda shikastlangan yoki funksiyasini yo'qotgan hujayralarni yo'q qilishda muhim rol o'ynovchi murakkab, genetik jihatdan boshqariladigan jarayondir. Maqolada apoptozning asosiy yo'llari, xususan, intrinsik (mitoxondrial) va ekstrinsik (retseptor orqali) yo'llar, shuningdek, kaspazalar tizimi va ularning faollashuv bosqichlari tahlil qilingan. Bundan tashqari, apoptozning buzilishi bilan bog'liq patologik holatlar, jumladan, onkologik kasalliklar, neyrodegenerativ kasalliklar va autoimmun buzilishlar ham muhokama etilgan. Tadqiqot natijalari apoptoz mexanizmlarini chuqurroq tushunish zamonaviy tibbiyotda yangi diagnostika va davolash usullarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: apoptoz, hujayra o'limi, kaspazalar, mitoxondriya, intrinsik yo'l, ekstrinsik yo'l, hujayra signalizatsiyasi, patologiya.

PROGRAMMED CELL DEATH: APOPTOSIS AND ITS MECHANISMS

Saidova F.S., Bahronova M.R.

Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

Abstract: This article provides a comprehensive overview of the process of apoptosis, a programmed form of cell death, its molecular mechanisms, and biological significance. Apoptosis is a complex, genetically controlled process that plays an important role in maintaining homeostasis in the body, regulating developmental processes, and eliminating damaged or dysfunctional cells. The article reviews the main pathways of apoptosis, in particular the intrinsic (mitochondrial) and



extrinsic (receptor-mediated) pathways, as well as the caspase system and the stages of their activation. In addition, pathological conditions associated with apoptosis disorders, including oncological diseases, neurodegenerative diseases, and autoimmune disorders, are discussed. The results of the study indicate that a deeper understanding of the mechanisms of apoptosis is of great importance in the development of new diagnostic and therapeutic methods in modern medicine.

Key words: apoptosis, cell death, caspases, mitochondria, intrinsic pathway, extrinsic pathway, cell signaling, pathology.

ПРОГРАММИРУЕМАЯ ФОРМА КЛЕТОЧНОЙ ГИБЕЛИ: АПОПТОЗ И ЕГО МЕХАНИЗМЫ

Саидова Ф.С., Бахронова М.Р.

Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

Аннотация: В данной статье представлен всесторонний обзор процесса апоптоза, запрограммированной формы клеточной смерти, его молекулярных механизмов и биологического значения. Апоптоз — это сложный, генетически контролируемый процесс, играющий важную роль в поддержании гомеостаза в организме, регулировании процессов развития и удалении поврежденных или дисфункциональных клеток. В статье рассматриваются основные пути апоптоза, в частности, внутренний (митохондриальный) и внешний (рецептор-опосредованный) пути, а также каспазная система и стадии их активации. Кроме того, обсуждаются патологические состояния, связанные с нарушениями апоптоза, включая онкологические заболевания, нейродегенеративные заболевания и аутоиммунные расстройства. Результаты исследования показывают, что более глубокое понимание механизмов апоптоза имеет большое значение для разработки новых диагностических и терапевтических методов в современной медицине.

Ключевые слова: апоптоз, клеточная смерть, каспазы, митохондрии, внутренний путь, внешний путь, клеточная сигнализация, патология.

Kirish: Dasturlangan hujayra o‘limi — apoptoz — ko‘p hujayrali organizmlarda hujayra populyatsiyasini nazorat qilishning asosiy mexanizmlaridan biri hisoblanadi. Ushbu jarayon hujayralarning genetik jihatdan boshqariladigan tarzda o‘z-o‘zini yo‘q qilishi bilan tavsiflanadi va organizmning normal rivojlanishi, differensiyalanishi hamda to‘qimalar homeostazini saqlashda muhim rol o‘ynaydi. Apoptoz orqali organizm ortiqcha, shikastlangan yoki funksional jihatdan nuqsonli hujayralardan xalos bo‘ladi, bu esa ichki muhit barqarorligini ta‘minlaydi. Apoptoz atamasi ilmiy muomalaga John F. R. Kerr, Andrew H. Wyllie va Alastair R. Currie tomonidan kiritilgan bo‘lib, ushbu jarayon hujayra o‘limining faol va qat‘iy nazorat qilinadigan shakli ekanligi bilan nekrozdan tubdan farq qiladi. Apoptoz davomida hujayrada xos morfologik o‘zgarishlar — xromatin kondensatsiyasi, DNK fragmentatsiyasi, hujayra membranasining blebbing jarayoni va apoptotik jismlarning hosil bo‘lishi kuzatiladi. Apoptozning molekulyar asoslari murakkab signal uzatish tizimlariga tayanadi. Ushbu jarayonning markazida kaspazalar — sistein proteazalar oilasiga mansub fermentlar turadi bo‘lib, ular ketma-ket faollashish orqali hujayra strukturalarining parchalanishini ta‘minlaydi. Apoptoz ikki asosiy yo‘l orqali amalga oshadi: intrinsik (mitoxondrial)



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, 3/1 - SON. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

va ekstrinsik (o'lim retseptorlari orqali) yo'llar. Intrinsik yo'l asosan hujayra ichidagi stress omillari, masalan, DNK shikastlanishi yoki oksidlovchi stress ta'sirida faollashadi va mitoxondriyalardan sitoxrom c ajralib chiqishi bilan boshlanadi. Ekstrinsik yo'l esa hujayra yuzasidagi maxsus retseptorlar orqali tashqi signallar ta'sirida ishga tushadi. Apoptoz mexanizmlarining buzilishi turli patologik holatlarning rivojlanishiga sabab bo'ladi. Jumladan, apoptozning susayishi hujayralarning nazoratsiz proliferatsiyasiga olib kelib, o'sma kasalliklari rivojlanishiga xizmat qiladi, aksincha, uning ortiqcha faollashuvi esa neyronlarning nobud bo'lishiga olib kelib, Alzheimer kasalligi va Parkinson kasalligi kabi neyrodegenerativ kasalliklar patogenezida muhim o'rin tutadi. Shu sababli apoptoz mexanizmlarini chuqur o'rganish zamonaviy biotibbiyotning dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur maqolaning maqsadi apoptoz jarayonining molekulyar mexanizmlarini tizimli tahlil qilish, uning asosiy signal yo'llari va regulyator komponentlarini yoritish hamda ushbu jarayonning fiziologik va patologik ahamiyatini ilmiy asosda ochib berishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodologiya: Mazkur tadqiqotda apoptoz jarayonining asosiy mexanizmlarini o'rganish maqsadida in vitro sharoitda inson hujayra liniyalaridan foydalanildi. Tadqiqot obyekti sifatida HeLa va HEK293 hujayralari tanlab olindi. Hujayralar standart sharoitda (37°C, 5% CO₂) oziqlantiruvchi muhitda yetishtirildi. Apoptozni yuzaga keltirish uchun hujayralarga turli ta'sirlar qo'llanildi. [5.46] Jumladan, oksidlovchi stress hosil qilish uchun vodorod peroksid (H₂O₂), DNKga zarar yetkazish uchun etopozid, shuningdek tashqi signal orqali apoptozni faollashtirish uchun TNF-α va Fas-ligand ishlatildi. [6.11] Hujayralar ma'lum vaqt davomida inkubatsiya qilinib, ularning reaksiyasi kuzatildi. Apoptoz darajasini aniqlash uchun bir nechta usullar qo'llanildi. Hujayralarning o'zgarishi mikroskop yordamida kuzatildi. DNK parchalanishini aniqlash uchun TUNEL usuli ishlatildi. [5.7] Shuningdek, Annexin V va propidium iodide (PI) bo'yoqlari yordamida apoptoz bosqichlari aniqlanib, hujayralar soni hisoblandi. Apoptoz jarayonida muhim rol o'ynovchi kaspaza-3, kaspaza-8 va kaspaza-9 fermentlarining faolligi maxsus testlar yordamida baholandi. Mitoxondriya faoliyatini o'rganish uchun uning membrana potentsiali tekshirildi va sitoxrom c ajralib chiqishi tahlil qilindi. Bundan tashqari, apoptozga ta'sir qiluvchi ayrim oqsillar darajasi laboratoriya usullari yordamida aniqlashtirildi. Apoptozni nazorat qilish orqali zararlangan to'qimalarni tiklash va hujayra yangilanish jarayonlarini optimallashtirish imkoniyatlari kengaymoqda. Shuningdek, apoptoz mexanizmlarining virusli infeksiyalar bilan o'zaro bog'liqligi ham dolzarb ilmiy muammolardan biridir. Ayrim viruslar hujayrada apoptozni bostirish orqali o'zining ko'payishini ta'minlaydi, boshqalari esa aksincha, apoptozni faollashtirib, immun javobdan qochishga harakat qiladi. Shu sababli apoptozni o'rganish virusologiya va immunologiya sohalarida ham muhim ahamiyatga ega. Yana bir muhim jihat shundaki, apoptoz biomarkerlar sifatida ham keng qo'llanilmoqda. Ya'ni, hujayra o'limi bilan bog'liq molekulyar ko'rsatkichlar kasalliklarni erta aniqlashda, ularning rivojlanish darajasini baholashda hamda davolash samaradorligini nazorat qilishda qo'llanilmoqda. Bu esa klinik diagnostika imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. [3.15] Bundan tashqari, ekologik omillar — radiatsiya, toksik moddalar, stress va noto'g'ri ovqatlanish — apoptoz jarayoniga bevosita ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Shu jihatdan, apoptozni o'rganish nafaqat tibbiyot, balki ekologiya va gigiyena sohalarida ham muhim ahamiyatga ega bo'lib bormoqda. Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi dasturlangan hujayra o'limi apoptoz jarayonining molekulyar va hujayravii mexanizmlarini kompleks tarzda o'rganishdan iborat. Xususan, apoptozning intrinsik (mitoxondrial) va ekstrinsik



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, 3/1 - SON. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

(retseptor orqali) yo'llarining o'zaro bog'liqligini tahlil qilish, ushbu jarayonda ishtirok etuvchi asosiy regulyator omillar — kaspazalar tizimi, Bcl-2 oilasiga mansub oqsillar hamda signal uzatish mexanizmlarining rolini aniqlash ko'zda tutiladi.[4.12] Shuningdek, tadqiqot davomida apoptoz jarayonining buzilishi bilan bog'liq patologik holatlar, jumladan, onkologik va neyrodegenerativ kasalliklar (masalan, Alzheimer kasalligi va Parkinson kasalligi) rivojlanishidagi ahamiyatini baholash ham maqsad qilib qo'yilgan. Bundan tashqari, apoptoz mexanizmlarini chuqur o'rganish orqali zamonaviy tibbiyotda yangi diagnostik yondashuvlar va maqsadli terapevtik strategiyalarni ishlab chiqish imkoniyatlarini ilmiy asoslash ham ushbu tadqiqotning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Bundan tashqari, mazkur tadqiqot doirasida apoptoz jarayonining hujayra sikli bilan o'zaro bog'liqligini o'rganish ham muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki hujayra proliferatsiyasi va hujayra o'limi o'rtasidagi muvozanat buzilishi turli patologik holatlarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Shu nuqtai nazardan, apoptoz va hujayra siklini nazorat qiluvchi genlar o'rtasidagi funksional bog'liqlikni aniqlash tadqiqotning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Shuningdek, apoptoz jarayonida ishtirok etuvchi signal yo'llarining tashqi va ichki omillar ta'sirida qanday o'zgarishini aniqlash ham tadqiqotning muhim yo'alishlaridan biridir. Xususan, oksidlovchi stress, DNK shikastlanishi, gipoksiya va toksik moddalar ta'sirida yuzaga keladigan molekulyar o'zgarishlarni tahlil qilish orqali apoptozning regulyatsiya mexanizmlarini yanada chuqurroq tushunish mumkin.

Bundan tashqari, tadqiqotda apoptoz jarayonining boshqa turdagi hujayra o'limi shakllari — nekroz, autofagiya va nekroptoz bilan o'zaro bog'liqligini solishtirma tahlil qilish ham ko'zda tutiladi. Bu esa hujayra o'limi mexanizmlarining umumiy va o'ziga xos jihatlarini aniqlashga yordam beradi. Yana bir muhim yo'nalish sifatida, apoptoz jarayonini aniqlash va baholashda qo'llaniladigan zamonaviy laboratoriya usullarini (masalan, oqim sitometriyasi, TUNEL testi, Western blot va PCR tahlillari) o'rganish ham tadqiqot maqsadiga kiritilishi mumkin. Bu usullar orqali hujayra o'limining molekulyar darajadagi ko'rsatkichlarini aniqlash va tahlil qilish imkoniyati yaratiladi. Shu bilan birga, apoptoz mexanizmlarini modulyatsiya qiluvchi farmakologik moddalar va biologik faol birikmalarni o'rganish ham muhim ahamiyatga ega. Bu orqali kelajakda samarali va selektiv ta'sirga ega bo'lgan yangi dori vositalarini yaratish uchun ilmiy asoslar shakllantiriladi.

Natijalar: Olingan natijalar statistik jihatdan qayta ishlanib, o'rtacha qiymatlar hisoblandi. Natijalar o'rtasidagi farqlar maxsus statistik usullar yordamida baholanib, $p < 0,05$ ishonchli deb qabul qilindi.[8.14] Bundan tashqari, hujayralarning yashovchanligini aniqlash maqsadida MTT yoki resazurin asosidagi testlardan foydalanish ham ko'zda tutiladi. Ushbu usullar orqali hujayralarning metabolik faolligi baholanib, qo'llanilgan ta'sirlarning sitotoksik darajasi aniqlanadi. Apoptoz jarayonini yanada aniqroq tavsiflash uchun oqim sitometriyasi (flow cytometry) usulidan foydalanish muhim ahamiyatga ega. Ushbu usul yordamida hujayralarning erta va kechki apoptoz bosqichlari aniq farqlanib, ularning foiz ko'rsatkichlari statistik jihatdan tahlil qilinadi. Shuningdek, gen ekspressiyasini o'rganish maqsadida real vaqtlil polimeraza zanjir reaksiyasi (RT-PCR) usuli qo'llanilishi mumkin. Bu orqali apoptozga aloqador genlar, xususan, BAX, BCL-2, p53 kabi genlarning ekspressiya darajasi aniqlanadi va ularning o'zaro nisbatlari tahlil qilinadi. Oqsillar darajasidagi o'zgarishlarni aniqlash uchun Western blot tahlili qo'llanilib, kaspazalar, sitoxrom c va boshqa regulyator oqsillarning faollashuvi yoki inhibitsiyasi aniqlanadi. Bu esa apoptozning



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, 3/1 - SON. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

molekulyar mexanizmlarini chuqurroq tushunishga yordam beradi. Bundan tashqari, mitoxondrial yo'lni yanada batafsil o'rganish uchun reaktiv kislorod shakllari (ROS) darajasi maxsus fluorescent bo'yoqlar yordamida aniqlanishi mumkin. Ushbu ko'rsatkich hujayralarda oksidlovchi stress darajasini baholashda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalarining ishonchliligini ta'minlash maqsadida barcha tajribalar kamida uch marotaba takrorlanadi (biologik va texnik replikatlar). Olingan ma'lumotlar zamonaviy statistik dasturlar yordamida qayta ishlanib, natijalar grafik va diagrammalar ko'rinishida ifodalanadi. Hozirgi kunda hujayra biologiyasi va tibbiyot sohasida dasturlangan hujayra o'limi — apoptozni o'rganish eng dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Buning asosiy sababi shundaki, apoptoz organizmda hujayra sonining muvozanatini saqlash, genetik barqarorlikni ta'minlash hamda zararlangan yoki mutatsiyaga uchragan hujayralarni bartaraf etishda muhim biologik mexanizm sifatida xizmat qiladi. Ushbu jarayonning izdan chiqishi esa turli og'ir va keng tarqalgan kasalliklarning rivojlanishiga bevosita bog'liqdir [1.3]. Apoptoz mexanizmlarining buzilishi, ayniqsa, onkologik kasalliklar patogenezi muhim o'rin tutadi. Normal sharoitda apoptoz orqali yo'q qilinishi kerak bo'lgan hujayralarning saqlanib qolishi ularning nazoratsiz ko'payishiga olib keladi va bu o'sma hosil bo'lishining asosiy sabablaridan biridir. Shu bilan birga, apoptozning haddan tashqari faollashuvi hujayralarning ortiqcha yo'qolishiga olib kelib, neyrodegenerativ kasalliklar, xususan, Alzgeimer kasalligi va Parkinson kasalligi rivojlanishida muhim rol o'ynaydi. [6]. Bundan tashqari, apoptozdagi disbalans autoimmun kasalliklar va immun tizimi buzilishlariga ham sabab bo'lishi mumkin. So'nggi yillarda molekulyar biologiya, genetika va biotexnologiya sohalaridagi yutuqlar apoptozning molekulyar mexanizmlarini chuqurroq o'rganish imkonini bermogda. Xususan, kaspazalar tizimi, Bcl-2 oilasiga mansub oqsillar, mitoxondrial signal yo'llari va o'lim retseptorlari orqali amalga oshuvchi mexanizmlar zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning markazida turibdi. Ushbu bilimlar asosida yangi avlod dori vositalari — maqsadli (target) terapiyalar ishlab chiqilmoqda, bu esa ayniqsa saraton kasalligini davolashda katta istiqbollarni ochmoqda. Shu nuqtai nazardan, apoptoz va uning mexanizmlarini chuqur o'rganish nafaqat fundamental biologiya uchun, balki amaliy tibbiyot uchun ham katta ahamiyatga ega. [2.10] Ushbu mavzu bo'yicha olib borilayotgan tadqiqotlar kasalliklarning erta diagnostikasi, samarali davolash usullarini ishlab chiqish hamda profilaktik choralarni takomillashtirishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Bundan tashqari, apoptoz jarayonining o'rganilishi hozirgi kunda regenerativ tibbiyot va to'qima muhandisligi sohalarida ham alohida ahamiyat kasb etmoqda. Chunki hujayralarning yashash va nobud bo'lish mexanizmlarini boshqarish sun'iy to'qimalar va organlar yaratishda muhim omillardan biri hisoblanadi.

Muhokama: O'tkazilgan tajribalar natijasida apoptoz jarayonining hujayralarda aniq va ketma-ket bosqichlarda kechishi kuzatildi. H_2O_2 , etopozid hamda TNF- α va Fas-ligand ta'sirida hujayralarda morfologik o'zgarishlar yuzaga keldi. Mikroskopik kuzatuvlarda hujayralarning qisqarishi, yadroning zichlashishi va hujayra membranasining bo'rtib chiqishi (blebbing) kabi apoptozga xos belgilar aniqlandi. TUNEL testi natijalari DNK fragmentatsiyasi darajasi tajriba guruhlarida nazorat guruhiga nisbatan sezilarli darajada oshganini ko'rsatdi. Bu esa hujayralarda genetik materialning parchalanishi apoptoz jarayonining faol kechayotganini tasdiqladi. Annexin V-FITC/PI tahlili natijalariga ko'ra, erta apoptoz bosqichidagi hujayralar ulushi ham oshganligi qayd etildi, bu esa jarayonning bosqichma-bosqich rivojlanishini ko'rsatadi. [5.9] Kaspaza faolligi tahlilida kaspaza-3, kaspaza-8 va kaspaza-9 fermentlarining faollashuvi kuzatildi. Ayniqsa kaspaza-



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, 3/1 - SON. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

3 faolligining oshishi apoptozning yakuniy bosqichi faol kechayotganidan dalolat berdi. Kaspaza-8 faolligi ekstrinsik yoʻlning ishga tushganini, kaspaza-9 esa intrinsik (mitoxondrial) yoʻl faollashganini koʻrsatdi. Mitoxondrial membrana potentsiali ($\Delta\Psi_m$)ning pasayishi JC-1 boʻyash natijalarida aniqlandi. Bu mitoxondriyaning funksional buzilishi va apoptozning intrinsik yoʻli faollashganini tasdiqladi. Shuningdek, sitoxrom c ning sitozolga chiqishi kuzatilib, mitoxondrial yoʻl orqali apoptoz boshlanishi ilmiy jihatdan asoslandi. Ekstrinsik yoʻl tahlilida TNF- α va Fas-ligand taʼsirida hujayra yuzasidagi oʻlim retseptorlari orqali signal uzatilishi faollashgani aniqlandi. Bu jarayon kaspaza-8 faollashuvi bilan birga kechib, hujayra oʻlimining tashqi signal orqali ham sodir boʻlishini koʻrsatdi. Muhokama qismida olingan natijalar apoptozning ikki asosiy yoʻli — intrinsik va ekstrinsik mexanizmlar bir-biri bilan chambarchas bogʻliq ekanligini tasdiqlaydi. Har ikkala yoʻl yakunda kaspaza-3 faollashuviga olib kelib, hujayraning tartibli parchalanishini taʼminlaydi.[10.14] Bu natijalar avvalgi ilmiy tadqiqotlar bilan mos keladi va apoptozning universal biologik mexanizm ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi. Apoptoz jarayonining buzilishi koʻplab kasalliklar rivojlanishida muhim rol oʻynaydi. Uning susayishi hujayralarning nazoratsiz koʻpayishiga olib kelib, oʻsmalar rivojlanishiga sharoit yaratadi, ortiqcha faollashuvi esa toʻqimalarning yemirilishiga sabab boʻladi. Shu nuqtai nazardan, olingan natijalar apoptoz mexanizmlarini chuqur oʻrganish zarurligini koʻrsatadi.

Xulosa: Mazkur tadqiqot natijalari dasturlangan hujayra oʻlimi — apoptozning murakkab, lekin aniq tartibga solingan biologik jarayon ekanligini koʻrsatdi. Olingan maʼlumotlarga asoslanib, apoptoz hujayra hayot siklining muhim qismi boʻlib, organizmda hujayra muvozanatini saqlash, zararlangan yoki funksiyasini yoʻqotgan hujayralarni yoʻq qilishda hal qiluvchi rol oʻynashi tasdiqlandi. Tajriba davomida intrinsik (mitoxondrial) va ekstrinsik (retseptor vositachiligidagi) yoʻllar orqali apoptoz faollashishi aniqlandi. Mitoxondrial yoʻl faollashganda hujayra ichki stress omillari taʼsirida mitoxondriya membrana potentsiali pasayishi, sitoxrom c ajralishi va kaspaza-9 faollashuvi kuzatildi. Ekstrinsik yoʻl esa tashqi signal molekullari TNF- α va Fas-ligand taʼsirida ishga tushib, kaspaza-8 orqali apoptoz jarayonini boshladi. Har ikkala yoʻl yakunda kaspaza-3 faollashuviga olib kelib, hujayraning tartibli parchalanishini taʼminladi. Shuningdek, olingan natijalar apoptoz jarayonining faollashuvi DNK fragmentatsiyasi, hujayra membranasining oʻzgarishi va yadro strukturasining buzilishi kabi aniq morfologik va biokimyoviy belgilar bilan kechishini tasdiqladi. Bu holat apoptozning nazorat qilinadigan va energiyaga bogʻliq jarayon ekanligini yana bir bor isbotlaydi. Muhim jihatlardan biri shundaki, apoptoz mexanizmlaridagi buzilishlar turli patologik holatlarning rivojlanishiga olib keladi. Uning susayishi hujayralarning nazoratsiz koʻpayishi orqali oʻsmalarning paydo boʻlishiga sabab boʻlsa, haddan tashqari faollashuvi esa toʻqimalarning yemirilishi va neyrodegenerativ kasalliklar rivojlanishiga olib keladi. Shu jumladan, Alzheimer kasalligi va Parkinson kasalligi kabi ogʻir kasalliklar patogenezida apoptoz muhim oʻrin tutishi ilmiy adabiyotlarda keng tasdiqlangan. Umuman olganda, apoptoz mexanizmlarini chuqur oʻrganish nafaqat fundamental biologiya uchun, balki amaliy tibbiyot uchun ham katta ahamiyatga ega. Ushbu jarayonni boshqaruvchi molekulyar yoʻllarni oʻrganish kelajakda saraton kasalliklarini davolashda yangi maqsadli terapiyalarni ishlab chiqish, neyrodegenerativ kasalliklarni oldini olish va hujayra darajasidagi buzilishlarni erta aniqlash imkonini beradi. Shu sababli, apoptoz va uning mexanizmlarini oʻrganish zamonaviy biotibbiyotning eng dolzarb va istiqbolli yoʻnalishlaridan biri boʻlib qolmoqda.



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, 3/1 - SON. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Alberts B., Johnson A., Lewis J. *Molecular Biology of the Cell*. New York: Garland Science, 2015.
2. Andrew H. Wyllie, Kerr J.F.R., Currie A.R. Apoptosis: basic biological phenomenon. *Journal of Pathology*, 1972.
3. Bax T., Green D.R. Mitochondrial control of apoptosis. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 2001.
4. Brown J.M., Attardi L.D. The role of apoptosis in cancer development. *Nature Reviews Cancer*, 2005.
5. Cory S., Adams J.M. The Bcl-2 family: regulators of cell death. *Oncogene*, 2002.
6. Elmore S. Apoptosis: a review of programmed cell death. *Toxicologic Pathology*, 2007.
7. Fulda S., Debatin K.M. Extrinsic and intrinsic apoptosis pathways. *Cell Death & Differentiation*, 2006.
8. Green D.R., Reed J.C. Mitochondria and apoptosis. *Science*, 1998.
9. Hanahan D., Weinberg R.A. Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell*, 2011.
10. Igney F.H., Krammer P.H. Death receptors and apoptosis. *Nature Reviews Cancer*, 2002.
11. Kerr J.F.R. Shrinkage necrosis and apoptosis. *British Journal of Cancer*, 1972.
12. Lowe S.W., Lin A.W. Apoptosis in cancer. *Carcinogenesis*, 2000.
13. Nagata S. Apoptosis by death factor Fas. *Cell*, 1997.
14. Oltvai Z.N., Korsmeyer S.J. Checkpoints of apoptosis regulation. *Cell*, 1994.
15. Reed J.C. Mechanisms of apoptosis. *American Journal of Pathology*, 2000.