

Семей Мемлекеттік Медицина  
Университеті  
Әскери кафедра

***Тақырып № 15. Радиобиологиялық  
әсерлер***

2010 ж

# Радиобиологиялық әсерлер

- *Радиобиологиялық әсерлер* - ИИ-дің оларға әсері нәтижесінде биологиялық жүйелердегі туындайтын өзгерістері атайды. Биологиялық жүйе ретіндегі ағзаның күрделілігі радиобиологиялық әсерлердің көптүрлілігін анықтайды. Олардың жіктелуінің критериялары болып түзілу дәрежесі, көріну уақыты, шоғырлануы, сәулелену мөлшеріне байланысу сипаты, келесі ұрпаққа тұқым қуалау мүмкіншілігі және т.б.  
*Радиобиологиялық әсерлердің жіктелуі:*
- *1.Түзілу дәрежесі:*
- *Молекулалық деңгей* – биополимер молекуласындағы мономерлер кезектілігінің үзілуі, өзгеруі, олардың фрагменттерін жоғалтуы, тотығу модификациясы, өзге молекулалармен аномальды химиялық байланыстар түзуі;
- *Жасушалық деңгей* – жасушалардың интерфазалық немесе репродуктивті өлімі, митоздың уақытша тежелуі және летальды емес мутация;
- *Жүйелілік дәрежесі* - жасушалар өлімі мен митодың рационалды тежелуі салдарымен негізделген цитопениялық әсер.

## 2. Көрініс беру мерзімі:

Жақын – ағзаның түрлі тіндерінде цитопениялық жағдайдың дамуымен байланысты (жіті сәулелі реакция, ОЛБ, сәулелі аллопеция, сәулелі дерматит) сәулеленуден кейін бірнеше айдың ішінде көрінісі пайда болады,

Алысаған әсерлер сәулеленуден бірнеше жыл өткеннен соң әсерлері туындайды (ісік, гемобластоздар, гипопластикалық, дистрофиялық, склеротикалық көріністер). Осы салдардың көрінісі болып жіті сәулелі зақмдануды басынан өткізген ағзалардың өмір сүру ұзақтығының қысқаруы болып табылады.

## 3. Шоғырлануы:

Мүшенің немесе дене сегентінің шоғырлы сәулелену кезінде ИИ-дің ең күшті зақымдаушы әсері сөйтіп көрініс береді (ИИ-дің жергілікті әсері);

Егер әсерлер сәулеленбеген тіндерде туындаса, онда ол ИИ-дің дистанционды әсері туралы айтуға болады.

## 4. Байланысу әсері сәулелену мөлшеріне байланысты: \

Стохастикалық (мүмкін) – жасушалық деңгейдегі мысалы болып жасушаның өлімі болып табылады; бүкіл ағза деңгейіндегі мысал болып – қатерлі ісіктердің туындауы;

■ *Стехастикалық емес (детерминирленген) – сәулелі зақымдануды алдын алу мен диагностикалау үшін стохастикалық емес әсерлердің «табалдырық» (оларды шақыратын минималды доза).*

■ *Адам ағзасын сәулеленудің кейбір стохастикалық емес әсерердің табалдырық дозасы*

■ Стохастикалық емес әсерлер Табалдырық дозасы сГр

■ Жіті сәулелі реакция

25

■ Ерлерде кері стерильділік

40

■ Құсу, лоқсу

50

■ Жіті сәулелі ауру

100

■ Созылмалы сәулелі ауру

100

■ Сәулелі катаракта

200

- **5. Сәулеленген ағза өмірі үшін маңыздылығы:**
- Негізінен, радиобиологиялық әсерлер биологиялық әсерлерге жағымсыз әсер етеді.
- Осы ережеден ауытқу болып, *горметикалық әсер – аз мөлшердегі сәулеленудің әсерінен ағзаның өмірге қабілеттілігінің жоғарылауы болып саналады.*
- Адамның генетикалық аппаратының өзгеруі егер жыныс жасушаларында өзгерістер туындағанда ғана келесі ұрпаққа тұқым қуалау мүмкін. Қалыпты жағдайда соматикалық жасушалардың мутациясы байқалмайды. Сондықтан тәжірибе жүзінде соматикалық (соматикалық жасушаларда туындаған) және генетикалық (ИИ-дің жыныс жасушаларына әсерінен туындайтын) радиобиологиялық әсерлерді ажырату маңызды.
- Ағзаны жалпы сәулелендіру кезінде соматикалық, сонымен қоса генетикалық әсерлердің туындауын күтуі мүмкін.
- Сәулеленудің барлық генетикалық әсерлері туа пайда болған көріністер түрінде көрініс беруі мүмкін.

# Начальные этапы биологической стадии в действии ИИ

Сәулеленудің биологияық жүйелерге әсерінің негізгі сатылары:

Сатылары	Процестер	Ұзақтылығы
Физикалық	Сәулелену энергиясының сіңірілуі; иондалған және қозған атомдар мен молекулалардың түзілуі	$10^{-16}$ - $10^{-15}$ с
Физико- химиялық	Жасуша ішінде және арасында сіңірілген энергияның таралуы бос радикалдардың түзілуі Бос радикалдар арасындағы, радикалдар мен белсенді емес молекула арасындағы реакция	$10^{-14}$ - $10^{-11}$ с
Химиялық.	Құрылымы және функционалдық қасиеттері өзгерген кең спектірлі молекулалар түзілуі	$10^{-6}$ - $10^{-3}$ с

Биологиялық

Биологиялық ұйымдастықтың барлық дәрежесіндегі сатылап дамитын зақымдалу: субжасушалықтан бастап ағзалық деңгейге дейін; секундтер-жылдар  
Зақымдаудың репарациясы мен биологиялық күшету процесстерінің белсендірілуі

## *Сәулеленуге жасуша реакциясы*

- Жасушалар зақымдану тудыратын сәулелер әсерінің бастапқы әсерлер туындайын негізгі өмірдің ұяшықтары, олар кейіннен биологиялық ұйымдастықтың жоғарғы деңгейлерінде – ұлпалық, ағзалық, жүйелік, бүкіл ағзалық деңгейлерде көрініс береді.
- Тірі жасушада әрдайым сыртқы ортамен, жасушаішілік құрылымдар арасында зат алмасу процессі жүзеге асырылып отырады. ИИ-дің әсерінің бастапқы сатыларында жасушада туындаған молекулалық зақымдалулар зат алмасу процессінің жолын өзгертеді.
- Метаболитикалық процесстердің бұзылыстар өз алдында жасушадағы молекулалық зақымдалудың айқындылығын жоғарылатады. Осы феномен біріншілік радиациялық зақымдалудың «биологиялық күшеюі» атымен аталған.



## *Раиациялық зақымдалудың биологиялық күшеюі*

- Сәулеленген жасушада нуклеин қышқылының алмасуының, ақуыз алмасуының, тотығу-фосфорлану алмасуының өзгерістері туындайды. В
- Сәулеленуден кейін бірден ДНҚ синтезі баяулайды. Нуклеиназалардың белсенуі ДНҚ-ның ыдырауын тудырады. Сәулеленгендердің қан мен зәрде нуклеотидтер мен олардың ыдырау өнімдерінің жоғарылауы – азотты негіздердің, нуклеазалардың, зәр қышқылының және т.б.
- РНҚ синтезі ДНҚ-ға қарағанда аз мөлшерде баяулайды.
- Қанда, тіндерде, зәрде протеолитті ферменттердің белсенділігі жоғарылайды.
- Ақуыз биосинтезі аздап бұзылады. Алайда ДНҚ синтезінің тоқталуымен ақуыздың синтезі нуклеопротеидердің құрылымының бұзылысын туындатады.
- Сәулеленуден кейінгі бірінші сағатта тіндік гипоксия белгілері байқалады.
- Қан түзуші жасушаларда тотығу-фосфорлану процессінің тежелуі, ДНҚ-ның терең ыдырауымен қатар сәулеленуден 2-4 сағат өткеннен кейін анықталады.

## *Сәулеленген жасуша тағдыры*

- Сәулеленген жасуша тағдыры сәулелену мөлшерімен анықталады – мөлшері жоғарылаған сайын жасушаны өлімге, қатерлі қайта тууна әкелетін қайтымсыз өзгерістер туындау мөлшері жоғарылайды.
- Барлық бөлінетін жасушаларда сәулеленуден кейін уақытша митоз тоқталады. Белсенді көбейетін жасушадағы бөлінудің тежелуі (сүйек кемігі) сәулеленуден кейінгі босануының айтарлықтай себебі болады..
- Жасушадағы қызметтік бұзылыстарға сәулеленуден кейінгі нейтрофильдердің фагоцитарлық белсенділігінің төмендеуі, осы жасушалардағы кей ферменттерінің белсенділігінің өзгеруі.

## Жасушалар өлімінің сәулелік формасы.

- **Жасуша өлімінің репродуктивті формасы.** Егер сәулелену нәтижесінде ДНҚ зақымдалуы туындаса, онда қалыпты репликациялық бөлінуі мүмкін емес. ДНҚ зақымдалуының хромасомасы түзілгенде жасушалар арасындағы генетикалық материалдың тең таралуының мүмкін еместіктен өмір сүруге қабілеті жоқ көпірлер, фрагменттер және т.б түзілуімен көрініс береді.
- Жасушалардың осындай өлім формасы **репродуктивті өлім деп аталады.**
- Жасушалардың репродуктивті өуінің тікелей себебі ДНҚ-қайтымсыз өзгерістері болып табылады, ол ең алдымен ДНҚ-мембранды комплекстің зақымдалуы мен тізбектің қос үзілуі.
- **Жасуша өлімінің интерфазды формасы.** Осы типімен бөлінетін және бөлінбейтін, бірақ митоз фазасындағы жасушалар өлуі мүмкін. Жиі интерфазды өлім үшін жоғарғы мөлдерде сәулелену қажет.
- Интерфазды өлім механизмі некроз бен апоптоз болады. **Некроз** кезінде жиі жасушаішілік мембрана зақымдалып, ол жасушалық тыныстың тежелуін, ядроның ыдырауын, жасуша ішіндегі заттардың жасуша мембранасынан тыс сыртқа шығуымен жүретін цитолиз туындатады.

- **Апоптоз** кезінде ядро фрагментацияланады. Цитоплазма ыдырап, оның ядро бөлшектерін қоршайтын аймақтар «апоптоздық денешіктер» деп аталады. Апоптоз процесі жасушаның өзін-өзі жою бағдарламасымен іске қосылады.
- Жасуша өлімінің репродуктивті өлімдігідей, интерфазды формада да генетикалық материалдың бұзылуы тән. Алайда, бірінші жағдайда зақымдалу ядроның ДНҚ құрылымының тікелей немесе жанама бұзылуы нәтижесінде туындады. Интерфазды өлім туындауында жасушаның өзге құрылымдарының – жасушаішілік мембрананың, ферменттерінің, жасушалық метаболизмнің бұзылуы айтарлықтай маңызды.

# Сәулеленудің тіндерге, ағзалар, жүйелерге әсері.

## Тіндердің радиосезгіштігі.

- Ағза тіндері радиосезгіштігі бойынша ажыратылады. Егер лимфоциттер мен сүйек кемігінің жасушаларының өлімі грейдің ондық бөлшегі мөлшеріндегі сәулеленуден туындаса, бұлшық ет пен жүйке жасушалары бірнеше грей сәулелену мөлшеріне төзімді болып келеді.
- Бергонье мен Трибондо 1906 жылы құрастырған ережеге сәйкес *тіндердің радиосезгіштігі жоғарылаған сайын, оның құрамындағы жасушалардың пролиферативті белсенділігі жоғары болады, және егер радиорезистенттілігі жоғарылаған сайын, олардың дифференцировка дәрежесі жоғары болады.*
- Проллиферативті жасушалардың жоғары радиосезгіштік белсенділігі ядроның ДНҚ құрылымының сәулелену кезіндегі зақымдалумен байланыстырады. Тіндік дәрежеде жіті радиациялық зақымдалу тіннің жасушалық босануымен байланысты құрылымы мен қызметінің бұзылысымен көрніс береді.
- Ағзаның радиосезгіштігі қызметтік жағдайына байланысты. Содан, әдетте сезгіштік ағзаның қызметі жоғарылаған кезде жоғарылайды.

## ***Қан жүйесінің радиациялық зақымдалуы***

- Қан жүйесі қысқа өмір сүретін жасушалардың қызмет етуін қатамасыз ететін жүйелер қатарына жатады.
- Маңызды әсерлердің бірі болып жасушалар бөлінуінің тежелуі ұзаққа созылған сайын, сәулелену мөлшерінің жоғары екендігін көрсетеді.
- Пролиферация сатысындағы жасушалар жоғары радиосезгіштікке ие.
- Ең алдымен жас жасушалардың саны азаяды. Кейін процесс одан есейген жасушаларды қамтиды, есею мен есейген жасушалардың қанға енуі жалғасатындықтан, ал оның пролиферативті бөлігімен қалпына келуі мүмкін болмайды. Ақырында, периферативті қанда гранулоцитопения дамиды.
- Цитопения сәулелену мөлшері жоғарылаған сайын жоғарылайды.
- Қан түзудің зақымдалуы мен онымен байланысты клиникалық көріністері ең алдымен жұқпалы асқынулар мен қан кетулер мөлшерін жоғарылатыды, бұл сүйек кемігінің синдромы деп аталады.

## ***Асқазан-ішек жолы мүшелерінің радиационды зақымдалуы***

- Асқазан-ішек жолы мүшелерінің жалпы сәулеленуі кезінде ащы ішектің шырышты қабаты жиі зақымдалады.
- Өзге жасушалық түзілістер сияқты ішек эпителиінде сәулеленуден кейін митоздың уақытша блогы, ең алдымен бағаналы және өзге бөлінетін жасушалардың өлімі туындайды.
- Ішектің өмірге қауіпті эпителиінің зақымдалуы 10 Гр мөлшерінде туындайды.
- Егер ерте кезеңде өлім туындамаса, ішектің эпителий жасушаларында сақталған бағаналы жасушалары оның тез регенерациясын қамтамасыз етіп, ішек қабырғасының құрылымы мен қызметін қамтамасыз етеді.
- Асқазан-ішек жолдарының өзге бөлімдерінде эрозиялар, ойықтар, ішек қабырғасының перфорациясына дейінгі некроздар байқалады.
- Ішек аймағындағы аса жоғары мөлшерде жергілікті сәулелену кезінде некроз бен әсерге ұшыраған асқазан ішек жоларының аймақтарының ойықтануы мүмкін.

# *Орталық жүйке жүйесінің сәулелі зақымдалуы*

- ОЖЖ-нің жасушаларының зақымдалуының айқын морфологиялық көрінісі 50 Гр және одан жоғары мөлшермен әсер етуі байқалады. Ең алғашқы өзгерістер синапстарда туындайды.
- 10 – 30 Гр мөлшеріндегі сәулелену кезінде ОЖЖ-де тотығу-фосфорлану процессінің тежелуі байқалады. Нейрондарында ісінуі байқалады. Бұл кезде негізінен тек жеке нейрондар өледі. Вегетативті ганглийлерде таралған ошақты өзгерістер ішкі ағзалар қызметінің дискоординация себептері болып табылады.