



Physics is an Ever Young Science, Varna, October, 27 – 29, 2017
Физиката – вечно млада наука, Варна, 27 – 29 октомври 2017 г.

ДЕЙСТВИЕ НА ГАМА-ЛЪЧИТЕ ВЪРХУ ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИНОВАТА КИСЕЛИНА

Мирела Вачева, Хари Стефанов, Йоана Гвоздейкова, Йорданка Енева
Медицински университет „Проф. д-р Параскев Стоянов“ – Варна

Резюме. Действието на йонизиращите лъчения е насочено към макро-молекулите на дезоксирибонуклеиновите киселини (ДНК), съдържащи информация за първичната структура на белтъчните молекули, както и за молекулите на рибонуклеинови киселини (РНК). ДНК се среща във всички живи организми и чрез нея се предава наследствената информация в поколенията. Йонизиращите лъчения водят до множество патологични процеси, свързани с изменения в структурата на нуклеиновите киселини. Енергията на връзката между електроните и ядрото е средно 10eV. Поглъщайки енергия, по-малка от тази на връзката електрон – ядро, атомът преминава във възбудено състояние. При поглъщане на енергия, по-голяма от 10eV, се наблюдава йонизация. Откъснатите електрони с голяма енергия могат да избиват електрони от други атоми и молекули. Действието на гама-лъчени-ята върху биологичните структури протича в три основни фази: физична, физико-химична и биологична. При облъчване на организъм се наблюдават невъзвратими промени във физико-химичните свойства на хроматин. Смущенията при извършване на процеса пролиферация водят до генни и хромозомни мутации или до прекратяване на процеса делене, респективно

забавяне на растежа или неконтролируемо клетъчно делене и образуване на тумори.

Keywords: ionizing radiation; DNA; cell; Bergonie & Tribondeau rule

Дезоксирибонуклеиновата киселина (ДНК) е сложна макромолекула, съдържаща информация за първичната структура на белтъчните молекули, както и за молекулите рибонуклеинови киселини (РНК). Всички организми притежават молекулата (ДНК), като чрез нея се предава наследствената информация в поколенията. ДНК притежава стабилност, възможност за разкъсване на слабите водородни връзки, свързващи мономерните единици, както и възможност за извършване на процеса репликация. Йонизиращите лъчения водят до множество патологични процеси, свързани с изменения в структурата на макромолекулата. Промените, които настъпват в организмите, увеличават възможността да бъдат елиминирани от естествения отбор, или увеличават адаптацията им спрямо средата на живот. Днешната медицина е насочена към изучаване на патологичните процеси, протичащи в молекулите на макроорганизма. Един от факторите, способни да изменят структурата на молекулите, е йонизиращата радиация. Това е причината да се изучават подробно механизмите на действие на лъченията с цел превенция.

Йонизиращите излъчвания се делят на електромагнитни и корпускуларни. Към електромагнитните лъчения спадат рентгеновите и гама-лъчите, а към корпускуларните – алфа- и бета-лъченията, протони, неутрони и ядра на атоми на химични елементи. Рентгеновите и гама-лъчите имат голяма проникваемост през биологични обекти и могат практически да преминават през тях, нанасяйки им редица въздействия. Алфа- и бета-частиците лесно се разсейват във въздуха и не нанасят вреда на организма.

Възбудените атомни ядра по време на ядрени реакции излъчват γ -кванти. Ядрото, както и атомът, представляват квантово-механична система с дискретен набор енергетични нива. Енергията на връзката между електроните и ядрото е средно 10eV. Поглъщайки енергия, по-малка от тази на връзката електрон – ядро, атомът преминава във възбудено състояние. При поглъщане на енергия, по-голяма от 10eV, се наблюдава йонизация – разкъсване на връзката електрон – ядро, вследствие на което един електрон се отделя от атома, получават се йони. Откъснатите електрони с голяма енергия могат да избиват електрони от други атоми и молекули.

При взаимодействие на йонизиращото лъчение с веществото настъпва възбуждане и йонизация на атомите (процес на образуване на йони от неутрални атоми).

Възбуждането на атома е резултат от взаимодействието му с частица или квант излъчване, като електроните му преминават на по-високо енергетично ниво. При обратния преход на електроните – от възбудено към основно ниво,

погълнатата енергия се излъчва обратно във вид на кванти видимо, УВ или рентгеново лъчение. Възбудените атоми могат да встъпят в химични взаимодействия. Различните йонизиращи лъчения в една и съща доза имат различен биологичен ефект.

Ако организмът не е облъчен с много висока доза, предизвикваща т.нар. „смърт под лъча“, процесът има три фази. (1) През тази фаза протичат началните изменения. Характерни са реакции на възбуждане, изменения на биохимични процеси и нарушение на физиологичните функции. *Признаци*: загуба на апетит, слабост, главозамайване, отпуснатост, левкоцитоза. (2) Тази фаза варира в широки граници в зависимост от вида на организмите и дозата на облъчване. За най-простите организми тя е няколко часа, при животните и човека – 5 – 21 денонощия. *Признаци*: слабост, временно главозамайване, левкопения. (3) Това е фазата на лъчевата болест. При нея става бързо нарастване на биохимичните и физиологичните изменения и се появяват патологични явления. Силата на тези нарушения е в пряка зависимост от дозата на облъчване. При малки дози животните преживяват, а при големи – умират. *Признаци*: обща слабост, повишена температура, спадане на гласа, стомашни и белодробни кръвоизливи умопомрачение, рязко намаляване броя на левкоцитите, еритропения и др.

Ако след третата фаза човек оживее, настъпва постепенно подобряване на състоянието и възвръщане към нормалното.

При изследване на смъртността на организмите във времето са установени два максимума на смъртност. Наличието им се обяснява с това, че в тъканите на живия организъм протичат две независими реакции, всяка от които може да доведе до смърт на организма. Двете реакции протичат с различна скорост. Едната е неокислителен тип и се изяснява при действието на високи дози лъчения. Втората реакция е окислителен тип и се проявява при средни дози.

Различните тъкани и клетки имат различна радиочувствителност. Най-високо радиочувствителни от тъканите са: костният мозък, далакът, лимфните възли и чревният епител, но най-чувствителни при облъчване са макромолекулите на ДНК.

През 1906 г. Бергоние и Трибондо формулират правилото:

[ч]увствителността на клетките към облъчване е право пропорционална на пролиферационната активност и обратно пропорционална на степента на тяхната диференциация (Bergonié & Tribondeau, 1906).

Това правило служи като основа за развитието на рентгено- и радиотерапията на злокачествените тумори. Туморните клетки са интензивно делящи се клетки и затова те са по-чувствителни към облъчванията, отколкото обкръжаващите ги клетки.

Биологичната фаза на взаимодействието на радиацията с биологичния обект е най-продължителна. Тя може да трае от една секунда до края на човешкия живот. Тя засяга всички клетъчни структури и органели. Засягането на ядрото е причината за клетъчната смърт. ДНК е основната мишена на йонизиращите лъчения. В организма настъпват радиационнохимични реакции, които водят до нарушаване структурата на пуриновите (аденин, гуанин) и пиримидиновите (цитозин и тимин) азотни бази и протичат процеси на разпадане на пръстена, дезаминиране, образуване на карбоксилни киселини (пирогроздена). Друг тип радиационнохимични реакции са разкъсванията в полинуклеотидните вериги; в хроматина – разкъсване на водородни връзки и денатурация на ДНК.

В резултат на прякото и непрякото действие на радиацията в клетката възникват два типа увреждания. При кумулативното се увреждат масовите структури на клетката, задържа се първото делене след облъчването, като се засягат всички облъчени клетки – проявява се веднага след облъчването. Локалното увреждане е резултат от поражения в структурата на ядрото. Наблюдават се генетични изменения и смърт при делене. Тъй като засяга част от облъчените клетки, изисква процеси на усилване и се проявява известно време след облъчването. При наличие на определени условия на средата (кислород, глюкоза, АТФ и др.) клетката може да се възстанови от сублеталните увреждания. Съгласно теорията на потенциалните увреждания онези увреждания, които не се усилят, не са фатални за клетката и се означават като потенциални. Потенциалните увреждания се неутрализират в рамките на първото делене на клетката. Рядко те се превръщат в мутация, т.е. те са обратими. Възстановяването на кумулативните увреждания представлява изграждане отново на увредените от радиацията белтъчни структури (ензими). Възстановяването от локалните увреждания изисква енергийна обмяна, то не зависи непосредствено от синтеза на белтъци и ДНК. При по-дълъг период между облъчването и новото делене на клетката и при по-интензивна енергетична обмяна възможността за обновяване на клетката се увеличава. Масовите структурни елементи на цитоплазмата обуславят възстановяването на клетката от облъчване. Репарацията на клетката от лъчевото поражение е ензимен процес, изискващ енергия, и е генетично детерминиран. Увреждането на клетката от радиацията зависи от два фактора: количеството на възстановимите и невъзстановимите увреждания; времето за възстановяване на уврежданията.

*
* *

Необходимостта от познаване механизма на действие на йонизиращите лъчения е безспорна. Колкото науката се запознава с радиацията, толкова фо-

кусът се измества от изучаване на материята с цел предпазване от неблагоприятното въздействие на тези лъчения към откриване на методи за работа и използване на йонизиращата радиация в клиничната медицина с цел лечение без риск за пациентите.

REFERENCES/LITERATURE

Bergonié, J. & Tribondeau, L. (1906). De quelques résultats de la radiotherapie et essai de fixation d'une technique rationnelle. *Compt. r. Séances de l'Académie des Sciences*, 143, 983 – 985.

GAMMA RADIATION AND ITS EFFECT ON DEOXYRIBONUCLEIC ACID

Abstract. A concise review of the effect of gamma radiation on the living organisms is presented. The medical topics of the problem are elucidated and commented.

✉ **Ms. Yordanka Dimitrova Eneva (corresponding author)**

Department of Physics and Biophysics
Prof. Dr. Paraskev Stoyanov Medical University
55, Prof. Marin Drinov St.
9002 Varna, Bulgaria
E-mail: Yordanka.Eneva@mu-varna.bg