

Значение плотности зараженных деревьев по обозначенной территории рассчитаем по формуле:

$$\rho_{з.д.} = N_{з.д.} / S \approx 120 \text{ деревьев/км}^2,$$

где $N_{з.д.}$ – количество зараженных деревьев;

S – покрываемая площадь.

Количество паразитирующих кустарников на одном дереве варьируется от 1 до 5 (среднее значение $k = 3$).

Тогда плотность распространения омелы белой (VA) ρ_{VA} :

$$\rho_{VA} = \rho_{з.д.} \cdot k \approx 360 \text{ куст/км}^2.$$

Выводы

Таким образом, на территории агрогородка Азделино плотность зараженных деревьев *Viscum album L.* на исследуемой территории составила 120 деревьев/км², а плотность распространения – 360 куст/км². Наибольшую часть зараженных омелой белой составили березы (28,4% от полного количества берез), в то время как из плодовых насаждений не было замечено зараженных деревьев, так как местные жители прибегают к определенным мерам по борьбе с распространением омелы белой на своих участках. Борьба с помощью гербицидов не приветствуется, так как приводит к губительным последствиям по отношению к дереву-хозяину и нарушает функционирование местной экосистемы.

Данные, приведенные в работе, могут быть использованы Гомельской городской и районной инспекцией природных ресурсов и охраны окружающей среды для повышения качества зеленых насаждений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zuber, D. Biological flora of Central Europe: *Viscum album L.* / D. Zuber // Flora. – 2004. – Vol. 199. – P. 181–203.
2. The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album ssp. austriacum*) in Switzerland – the result of climate warming? / M. Dobbertin [et al.] // International Journal of Biometeorology. – 2005. – Vol. 50. – P. 40–47.
3. Joseph E. Pizzorno, Michael T. Murray ND. 124 – *Viscum album* (European Mistletoe). Textbook of Natural Medicine (Fifth Edition), pages 906–909, 2020.
4. Use and Safety of *Viscum album L* Applications in Cancer Patients with Preexisting autoimmune diseases: Findings from the Network Oncology Study / S. L. Oei [et al.] // Integrative Cancer Therapies. – First Published February 26, 2019. – Vol. 18.
5. Рыбалка, И. А. Взаимосвязь между плотностью омелы белой (*Viscum album L.*) и некоторыми ландшафтно-экологическими характеристиками урбанизированных территорий (на примере г. Харькова) / И. А. Рыбалка // Экологический вестник. – 2017. – № 1. – С. 87–97.

УДК 535-34:616.24-006.327-092.9

А. Н. Шклярова, И. А. Челнокова

Научный руководитель: д.б.н., доцент М. Н. Стародубцева

Государственное научное учреждение

«Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»

г. Гомель, Республика Беларусь

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФИБРОБЛАСТОВ ЛЕГКОГО КРЫСЫ ПОСЛЕ ОСТРОГО ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ЖИВОТНЫХ РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДОЗОЙ 10 СГР И 1 ГР

Введение

Ионизирующее и неионизирующее облучение широко используется в различных отраслях и может оказывать негативное влияние на здоровье организма. Рентгеновское излучение воздействует на ткани живых организмов и может быть причиной лучевых ожогов или даже злокачественных новообразований. Соединительная ткань пронизывает

весь организм, обеспечивая его матричные взаимосвязи и структурную устойчивость. Воздействие ионизирующего излучения на соединительную ткань характеризуется многофакторным процессом, одним из проявлений которого является радиационный фиброз. Фибробласты являются наиболее изученными клетками соединительной ткани при исследовании радиационного фиброза. Важным звеньями в процессе развития радиационного фиброза являются активация воспаления, переход фибробластов в хронически активированное состояние и их дифференцировка в миофибробласты. Изменение состояния фибробластов отражается на их механических свойствах, которые можно измерить для живых клеток методом атомно-силовой микроскопии.

Цель

Изучение с помощью атомно-силовой микроскопии в режиме Force Volume механических свойств фибробластов легких 6 месячных крыс после острого внешнего облучения животного рентгеновским излучением с дозой 10 сГр и 1 Гр.

Материал и методы исследования

До начала эксперимента было получено одобрение комитета по этике УО «Гомельский государственный медицинский университет» на проведение исследования (протокол № 2 от 24.03.2021). Все экспериментальные работы с лабораторными животными выполнялись в соответствии с общепринятыми нормами обращения с животными и правилами Директивы 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях от 22 сентября 2010 года. Животные содержались в стационарных условиях вивария Института радиобиологии НАН Беларуси на полноценном стандартном пищевом рационе и свободным доступом к воде, 12/12-часовом режиме освещения и темноты, согласно установленным нормам.

Однократное общее облучение самцов крыс линии Wistar (возраст 6 мес.) проводили в дозах 0,1 Гр и 1 Гр (напряжение на трубке – 50 кВ, сила тока – 12,5 мА, средняя мощность дозы – 2,57 сГр/мин, фильтр № 1 (2 мм Al) расстояние до объекта – 50 см). Животные предварительно седатировались и фиксировались на столике для облучения. Выведение животных из эксперимента проводили на 21 сутки после облучения. Долю лёгкого промывали дважды в растворе HBSS. Затем доли лёгкого измельчали ножницами и помещали для первого ферментативного переваривания в эпендорф содержащий 0,1% раствор коллагеназы на 30 минут при 37 °С с последующей отмывкой в растворе Хэнса. Ферментативное расщепление проходило с использованием 0,25% раствора трипсина при 37 °С с последующим центрифугированием [1]. После этого доли лёгкого помещали в 6-луночный планшет вместе со средой DMEM/F-12 с добавлением 10 % сыворотки и 1% раствор антибиотик-антимикотика до полного выхода клеток. Через день производили замену среды. По достижению 75% конфлюентности культуры осуществляли следующий пассаж. В данном эксперименте использовали второй пассаж клеток. Клетки, находящиеся на дне чашек Петри, сканировали с использованием атомно-силового микроскопа Bruker Bioscope Resolve (игла-зонд NTG 03) в режиме записи силовых кривых Force Volume в жидкости. Сканирование живых клеток проводили над их ядерной областью (размер области – 15×15 мкм, разрешение 16×16 пикселей). Полученные силовые кривые анализировали с использованием модели Снедонна для оценки величины модуля упругости E, измеряемого в Па.

Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке представлены гистограммы распределения модуля упругости поверхности фибробластов лёгкого контрольных крыс и крыс после облучения рентгеновским излучением и постлучевого периода в 21 день.

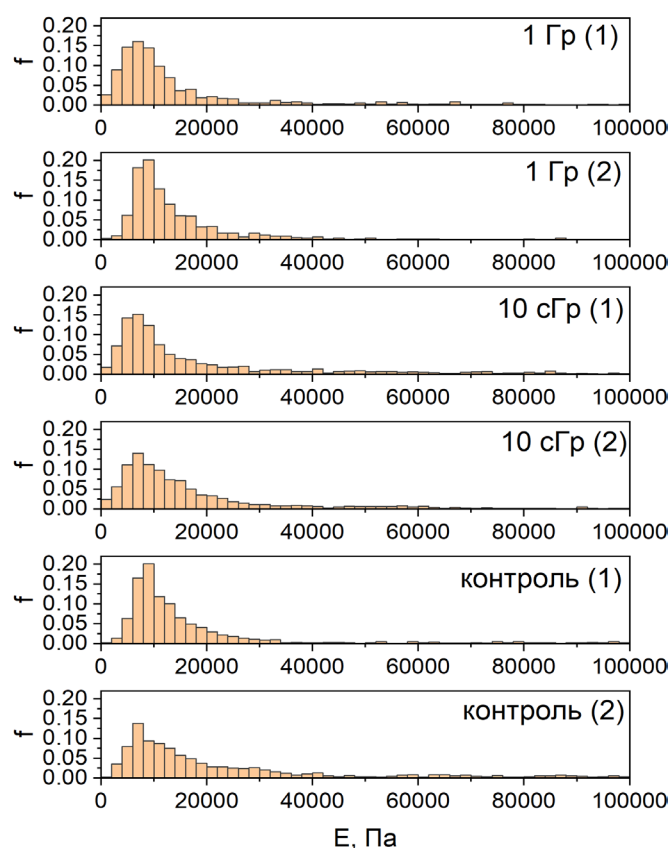


Рисунок 1 – Распределение модуля упругости поверхности фибробластов легкого крысы контрольных животных и животных, облученных рентгеновским излучением

Примечание: в каждой экспериментальной группе представлены данные для двух крыс (1 и 2).

Модуль упругости поверхности фибробластов, полученных в нашем опыте, по величине не соответствует данным, полученными другими исследователями [2, 3]. Модуль упругости для фибробластов легкого крысы контрольных животных составил 9,98 (7,24;16,0) кПа, для фибробластов крыс после общего облучения в дозе 10 сГр – 10,62 (6,62;19,85) кПа, а в дозе 1 Гр – 11,88 (8,02;20,53) кПа. Статистический анализ данных не показал наличие значимых различий в средних величинах модуля упругости для контрольных и опытных образцов. Таким образом, при использовании внешнего облучения в дозах 10 сГр и 1 Гр в организме крысы 6 месячного возраста (молодые животные) в течение периода 21 суток не происходят существенные изменения состояния фибробластов легкого, приводящие к изменению их механических свойств.

Выводы

С помощью атомно-силовой микроскопии измерены модули упругости поверхности фибробластов легкого крысы 6-ти месячного возраста контрольных животных и животных после внешнего общего облучения рентгеновским излучением с дозой 10 сГр и 1 Гр, и показано отсутствие статистически значимого влияния облучения животных на упругие свойства фибробластов легкого при выбранных условиях эксперимента.

Работа выполнена в рамках темы задания 3.01.2 «Разработать критерии оценки радиационно-индуцированных изменений ткани внутренней среды, основанной на анализе структуры и механических свойств клеточного компонента на моделях *in vitro* и *in vivo*» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» (№ ГР 20210231 от 15.03.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Fuentes-Mateos, R.* Optimized Protocol for Isolation and Culture of Murine Neonatal Primary Lung Fibroblasts / R. Fuentes-Mateos, E. Santos, A. Fernández-Medarde // *Methods Protoc.* – 2023. – Vol. 24. – P. 14. doi: 10.3390/mps6010014. PMID: 36827501; PMCID: PMC9966303.
2. Elasticity mapping of living fibroblasts by AFM and immunofluorescence observation of the cytoskeleton / H. Haga [et al.] // *Ultramicroscopy.* – 2000. – Vol. 82. – P. 253–258. doi:10.1016/s0304-3991(99)00157-6
3. *Ford, A. J.* Measuring Cytoplasmic Stiffness of Fibroblasts as a Function of Location and Substrate Rigidity Using Atomic Force Microscopy / A. J. Ford, P. Rajagopalan // *ACS Biomater. Sci. Eng.* – 2018. – Vol. 4, № 12. – P. 3974–3982.

УДК 537.534.35: [576.385.5:576.52:53.096]:618.19-006.6

А. Н. Шклярова

Научный руководитель: д.б.н., доцент М. Н. Стародубцева

Государственное научное учреждение

«Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»

г. Гомель, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПАРАМЕТРЫ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ КЛЕТОК РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЛИНИЙ BT-20 И ZR-75

Введение

Механические свойства играют важную роль в механизмах регуляции развития и метастазирования опухолей. В частности, опухоли представляют собой очень сложные патологические образования, формирование которых связано с множеством факторов, включая изменения в раковых клетках, тканях и органах, а также изменения их микроокружения [1]. В последнее время появились различные методы исследования механики опухолей, среди которых атомно-силовая микроскопия (АСМ) занимает важное место в связи с предоставляемой ею возможности одновременно исследовать механические и структурные изменения свойств живых биологических объектов.

Цель

Изучить механические свойства (вязкоупругие) двух клеточных линий рака молочной железы BT-20 (тройной негативный рак) и ZR-75 (люминальный А) при изменении окружающей среды в диапазоне температур 34–48 °С.

Материал и методы исследования

Культуры клеток линии BT-20 культивировали в среде DMEM/F12 (*Capricorn Scientific*) и ZR-75 в среде RPMI-1640 (*Capricorn Scientific*), содержащий 10% фетальной бычьей сыворотки (*Gibco*) и 1% раствор антибиотика-антимикотика (*Capricorn Scientific*) при 37 °С (5% CO₂). Подростшие клетки за день до эксперимента помещались на термощейкер (*Thermo Fisher*) при различных температурных условиях (34–48 °С) с 250 rpm в течение 30 минут. Перед началом эксперимента клетки промывались дважды сбалансированным солевым раствором HBSS (*Gibco*) с последующим добавлением 2 мл данного раствора. Сканирование клеточных линий проходило на АСМ Bruker BioScope Resolve в режиме картирования механических параметров прекалиброванной иглой PFQNM-LC-A-CAL (размер области сканирования – 10 мкм × 10 мкм, разрешение – 20 × 20 пикселей). В каждой температурной точке было исследовано 20–25 клеток. Анализ полученных данных проводили с использованием программы MATLAB [2]. По силовым кривым оценивали динамический модуль упругости ($G=G'+iG''$, где G' – модуль накопления, G'' – модуль потерь) и тангенс потерь ($h=G''/G'$).