

П.В. Богданов

Запорізький державний
медико-фармацевтичний
університет
Запоріжжя, Україна

Надійшла: 17.09.2025

Прийнята: 13.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.3.158-161>

УДК 616-001.5-089.843-77-003.93-018.1:577.354.26]-092.9

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ РЕЦЕПТО- РІВ ДО ЛЕКТИНУ АРАХІСУ НА КЛІТИ- НАХ РЕГЕНЕРАТУ У ЩУРІВ З МОДЕ- ЛЮВАНИМ ПЕРЕЛОМОМ ЗА УМОВ ВИ- КОРИСТАННЯ ІМПЛАНТІВ З РІЗНОГО МАТЕРІАЛУ

Bohdanov P.V.   Features of the distribution of peanut lectin receptors on regenerated cells in rats with simulated fractures using implants made of different materials.

Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Zaporizhzhia, Ukraine.

ABSTRACT. Background. Lectin receptors include carbohydrate-containing biopolymer molecules of cells and extracellular matrix that are capable of selectively interacting with lectins to form lectin-receptor complexes. Due to these properties, lectins play an important role in cell recognition and intercellular interaction processes. Lectins are involved in inflammatory processes. Determining the histotopography of lectin receptors and its changes allows us to establish the dynamics of morphogenesis, immune response, and intercellular interactions in tissues. **Objective.** The aim of the study was to establish the characteristics and dynamics of the distribution of peanut lectin receptors on regenerated cells in rats with a modeled fracture using implants made of different materials. **Methods.** The study examined the regenerated tibia of 48 white rats. The animals were divided into 4 groups of 6 each. The experimental three groups included 36 rats with a simulated tibial fracture with intramedullary implantation of implants made of different materials (group 1 – carbon composite, group 2 – magnesium alloy MS-10, group 3 – medical stainless steel). Group 4 consisted of control rats that underwent incomplete transverse diaphyseal fracture modeling without intramedullary fixation. The study was conducted on days 7 and 14. The removed bones were fixed in 10% formalin with subsequent decalcification, dehydration in an ascending alcohol battery, and poured into paraffin. Histological preparations were made. To detect carbohydrate residues β -D-Gal receptors, a lectin histochemical reaction was performed with peanut lectin (PNA) produced by Lektintest (Lviv). The results were evaluated using a semi-quantitative method. Results and discussion. The nature of changes in the density of receptors for β -D-Gal residues in connective tissue elements of regenerated bone tissue in rats with intramedullary implantation of implants made of different materials was established. **Results.** The highest density of receptors for peanut lectin (PNA) was observed on lymphocytes and connective tissue cells of the regenerate in animals with intramedullary implantation of carbon-carbon composite and magnesium alloy, indicating a pronounced reaction from the immune system. **Conclusions.** The nature of changes in the density of receptors for β -D-Gal residues in connective tissue elements of bone tissue regenerate in rats with intramedullary implantation of different materials was established. The highest density of receptors to peanut lectin (PNA) was observed on lymphocytes and connective tissue cells of the regenerate in animals with intramedullary implantation of carbon-carbon composite and magnesium alloy, indicating a pronounced immune system response.

Key words: experimental model, fracture, regenerate, implant, osteosynthesis.

Bohdanov P.V. [Features of the distribution of peanut lectin receptors on regenerated cells in rats with simulated fractures using implants made of different materials]. *Morphologia*. 2025;19(3):158-61. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.3.158-161>

 Bohdanov P.V. 0000-0002-1533-6370

 Pavel_bogdanov@ukr.net

© Dnipro State Medical University, «Morphologia»

Вступ

Лектини представляють собою білки або глікопротеїни, що мають неімунне походження та

виявляють специфічність до термінальних або субтермінальних залишків вуглеводів [1, 2]. Вони

представляють особливий інтерес в сучасній імуноморфології адже є високочутливими, стабільними та простими у використанні інструментами вивчення змін у глікозилуванні та експресії вуглеводів на клітинах та екстрацелюлярних структурах різних типів тканин, як на різних етапах онтогенезу, так і при виникненні та в динаміці розвинення різних патологічних станів [3]. Зазвичай специфічність лектину визначається моносахаридом, однак його олігосахаридна специфічність, в окремих випадках, відіграє не менш вагому роль у вуглеводних взаємодіях. Так, спорідненість лектину арахісу (PNA) до вуглеводного рецептору-ліганду β -D-Gal дозволяє виявляти іммунологічно незрілі $\gamma\delta$ -Т-лімфоцити, а його олігосахаридна специфічність до $\text{Gal}\beta 1,3\text{GalNAc} > \alpha$ та β Gal дозволяє виявляти вуглеводний компонент фібронектину. Наявність рецепторів до лектину арахісу на поверхні клітин визначає їх адгезивні властивості [4]. Вуглеводи забезпечують специфічні взаємодії в процесах клітинного розпізнавання в яких лектини відіграють фундаментальну роль [5]. Забезпечення взаємодії глікокон'югатів з біополімерними молекулами здійснюється системами комплементу в поєднанні з іншими, як вродженими, та і набутими системами розпізнавання, в яких лектиновий шлях відіграє ключову роль.

Мета

Дослідити особливості та динаміку розподілу рецепторів до лектину арахісу на клітинах регенерату у щурів з модельованим переломом за умов використання імплантів з різних матеріалів.

Матеріали та методи

В роботі було досліджено регенерат великогомілкової кістки 48 білих лабораторних щурів лінії Вістар після змодельованого перелому. Всіх тварин умовно поділили на 4 групи по шість тварин в кожній. До першої групи увійшли 12 тварин, яким в асептичних умовах під загальною анестезією розчином тіопентал натрію («Тіопенат») в дозуванні 30 мг/кг внутрішньоочеревинно, був змодельований неповний поперечний діафізарний перелом великогомілкової кістки задньої лівої кінцівки з наступним атеградним введенням (через окремо створений отвір в ділянці горбистості великогомілкової кістки) в кістково-мозкову порожнину імплантата з вуглець-вуглецевого композиційного матеріалу (УУКМ ТУ У 33.1-13312223-004:2007) виробництва АТ «Мотор Січ». Після виконання гемостазу рану пошарово зашивали.

В другу групу увійшли 12 тварин, яким за аналогічною методикою було змодельовано неповний поперечний діафізарний перелом великогомілкової кістки задньої лівої кінцівки з подальшою антеградною фіксацією уламків з використанням стрижня з іржостійкої медичної сталі.

До третьої експериментальної групи увійшли 12 щурів, яким після моделювання перелому фіксацію кісток здійснювали з інтрамедулярним використанням імплантів з магнієвого сплаву МС-

10 (ТУ У 32.5-14307794-275:2018 виробництва АТ «Мотор Січ».

Четверту групу тварин склали 12 щурів, яким в асептичних умовах під загальним знеболенням моделювали неповний поперечний перелом діафіза великогомілкової кістки задньої лівої кінцівки без подальшої фіксації [6]. Після досягнення гемостазу рану пошарово зашивали. Остання група була використана в якості групи контролю. Тваринам всіх чотирьох груп дослідження інтраопераційно та на кожному етапі спостереження здійснювали рентгенологічний контроль з використанням апарату X-MIND Unity (Італія).

При роботі з тваринами на всіх етапах дослідження дотримувались відповідності принципам біоетики викладеним в Декларації Гельсінській, Директиви 2010/63/ЄС Європейського парламенту та Ради від 22 вересня 2010 року щодо захисту тварин, що використовуються в наукових цілях та Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 1759-VI від 15.12.2009) [7, 8].

Щурів виводили з експерименту на 7 та 14 добу після операції шляхом передозування наркозу. Вилучали великогомілкову кістку та фіксували у 10% розчині нейтрального формаліну. Декальцинацію проводили у 5% розчині мурашиної кислоти протягом 3 діб. Контроль досягнення достатнього рівня декальцинування кісток проводили шляхом проколювання голкою. В подальшому препарати промивали та зневоднювали у висхідній батареї спиртів від 40 до 100%. Заливали у парафін. На ротаційному мікроскопі НМ 340е виготовляли серійні зрізи завтовшки 5-6 мкм [9, 10]. Для виявлення рецепторів вуглеводних залишків β -D-Gal а також для специфічного виявлення вуглеводного компоненту фібронектину використовували лектин арахісу (Peanut agglutinin (PNA)), який має характерну специфічність до зв'язування $\text{Gal}\beta 1,3\text{GalNAc} > \alpha$ та β Gal. Використаний лектин виробництва «Лектинтест» (м. Львів). Для візуалізації зв'язування рецепторів з лектином використовували систему 3,3-діамінбензидин тетрагідрохлорид-перекис водню [11]. Препарати вивчали використовуючи мікроскоп Primo Star (Zeiss, Німеччина), камера AxioCam ERc 5s та програмне забезпечення Zen 2.6. Результати дослідження оцінювали напівкількісним методом: +++ - інтенсивна реакція, темно-коричневі відкладення; ++ - помірна реакція – коричневі відкладення; + - слабка реакція – світло-коричневі відкладення; 0 – відсутність реакції.

Результати та їх обговорення

Результати проведеного морфологічного дослідження показують, що на 7 добу після оперативного втручання у тварин контрольної групи найбільша щільність розподілу рецепторів до лектину арахісу (PNA) в клітинах регенерату спостерігалась на лімфоцитах (PNA^+ -лімфоцити), що виявляють помірне (++) зв'язування рецепторів з

лектином. На фіброцитах та фібробластах, остеобластах та остеокластах реакція зв'язування – слабка (+). По краях кісткових уламків в інтермедіарній зоні спостерігається збільшена афінність зв'язування рецепторів до лектину (++/+), що свідчить про активну клітинну адгезію в межах даної ділянки регенерату.

В групі тварин з інтрамедулярним введенням вуглець-вуглецевого композитного матеріалу найбільша щільність рецепторів спостерігається на лімфоцитах та фібробластах та ендотеліоцитах судин (+++). Інші клітини виявляють слабку реакцію (+) – світло-коричневі відкладення бензидину.

В групі тварин після інтрамедулярного введення магнієвого сплаву МС-10 виявляється найбільша афінність рецепторів порівняно з іншими групами спостереження. На лімфоцитах, фібробластах, ендотеліоцитах судин, остеобластах та крайових ділянках кісток виявляється інтенсивне забарвлення (+++), що свідчить про активні імунні клітинні реакції та виражену адгезію клітин в інтермедіарній зоні регенерату та по краях кісткових уламків.

Щільність розподілу рецепторів лектину арахісу у тварин з інтрамедулярним введенням стрижня з медичної іржостійкої сталі не відрізняється від контрольної групи.

На 14 добу дослідження в групі контрольних тварин найбільша щільність рецепторів спостерігається на фіброцитах, фібробластах, остеобластах та лімфоцитах (++) – коричневе забарвлення.

У щурів з інтрамедулярним введенням вуглець-вуглецевого композитного матеріалу інтенсивна реакція спостерігається на лімфоцитах (+++), на фіброцитах, остеокластах та ендотеліальних клітинах судин виявляється помірна реакція (++) – коричневе забарвлення. На інших клітинах – слабка реакція, світло-коричневе забарвлення (+).

В групі тварин після інтрамедулярного введення магнієвого сплаву МС-10 виявляється найбільша щільність рецепторів виявляється на лімфоцитах, ендотеліоцитах судин, фіброцитах (+++/++). На фібробластах та остеобластах – менш інтенсивна реакція зв'язування (++).

Найменша щільність рецепторів в порівнянні з іншими групами спостерігалась у тварин з інтрамедулярним введенням медичної сталі (+) – світло-коричневе забарвлення.

Підсумок

Таким чином встановлено характер змін щільності рецепторів до залишків β -D-Gal у сполучнотканинних елементах регенерату кісткової тканини у щурів з інтрамедулярним введенням імплантів з різних матеріалів. Найбільша щільність рецепторів до лектину арахісу (PNA) спостерігалась на лімфоцитах та сполучнотканинних клітинах регенерату у тварин з інтрамедулярним введенням вуглець вуглецевого композиту та магнієвого сплаву, що свідчить про виражену реакцію з боку імунної системи.

Перспективи подальших розробок

Планується продовжити вивчення морфологічних особливостей регенерації кісток у щурів з модельованим переломом та за умов використання різних типів імплантів для остеосинтезу.

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Джерела фінансування

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної теми «Морфологічні особливості перебудови кісток в умовах їх полісегментарного ушкодження та хірургічної корекції» (номер державної реєстрації 0120U103164), а також виконувалось в рамках договору про спільну науково-дослідну діяльність між АТ «Мотор Січ» та ЗДМУ № 6125/19-к (УЕУ и ГПА).

Літературні джерела References

1. Kaltner H, Abad-Rodríguez J, Corfield AP, Kopitz J, Gabius H. The sugar code: letters and vocabulary, writers, editors and readers and biosignificance of functional glycan–lectin pairing. *Biochemical Journal*. 2019;476(18):2623-55. doi: 10.1042/bcj20170853.
2. Zhao T, Terracciano R, Becker J, Monaco A, Yilmaz G, Becer CR. Hierarchy of Complex Glycomacromolecules: From Controlled Topologies to Biomedical Applications. *Biomacromolecules*. 2022;23(3):543-75. doi: 10.1021/acs.biomac.1c01294.
3. Li M, Abeyrathne C, Langley DP, Cossins LR, Samudra AN, Green GW, et al. Highly specific lubricin-lectin electrochemical sensor for glycoprotein cancer biomarker detection. *Electrochimica Acta*. 2023;457:142508. doi: 10.1016/j.electacta.2023.142508.
4. Hinz B, Pittet P, Smith-Clerc J. Myofibroblast development is characterized by specific cell-cell adherens junctions. *Mol. Biol. Cell*. 2004;15:4310–20.
5. Kusch AG. [Lectins in imunomorfologiyi]. *World of Medicine and Biology*. 2014;4(47):150-7. Ukrainian. <https://womab.com.ua/ua/smb-2014-04-2/4734>.
6. Bohdanov PV. [Development of a method for experimental modeling of tubular bone fractures

in rats]. *Morphologia*. 2024;18(3):145-148. Ukrainian. doi: 10.26641/1997-9665.2024.3.145-148.

7. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191–2194. doi: 10.1001/jama.2013.281053.

8. Marinou KA, Dontas IA. European Union Legislation for the Welfare of Animals Used for Scientific Purposes: Areas Identified for Further Discussion. *Animals*. 2023;13(14):2367–77. doi: 10.3390/

ani13142367.

9. Yuehuei H, Martin KL, editors. *Handbook of Histology Methods for Bone and Cartilage*. Totowa: Humana Press Inc.; 2003. 587 p.

10. Hewitson TD, Darby IA, editors. *Histology Protocols. Methods in Molecular Biology*. Totowa: Humana Press; 2010. doi: 10.1007/978-1-60327-345-9.

11. Rhodes JM, Milton JD, editors. *Lectin methods and protocols*. Totowa, New Jersey: Humana Press Inc.; 1998. 572 p.

Богданов П.В. Особливості розподілу рецепторів до лектину арахісу на клітинах регенерату у щурів з моделюваним переломом за умов використання імплантів з різного матеріалу.

РЕФЕРАТ. Актуальність. До рецепторів лектинів відносять вуглеводовмісні біополімерні молекули клітин та позаклітинного матриксу, що здатні вибірково взаємодіяти з лектинами з утворенням лектин-рецепторних комплексів. Завдяки таким властивостям лектини відіграють важливу роль в процесах клітинного розпізнавання та міжклітинної взаємодії. Лектини беруть участь у запальних процесах. Визначення гістотопографії рецепторів до лектинів та її змін дозволяє встановити динаміку морфогенезу, імунної відповіді та міжклітинної взаємодії в тканинах. **Метою** дослідження було встановити особливості та динаміку розподілу рецепторів до лектину арахісу на клітинах регенерату у щурів з моделюваним переломом за умов використання імплантів з різних матеріалів. **Методи.** В роботі досліджено регенерат великогомілкової кістки 48 білих щурів. Тварин було поділено на 4 групи по 6 в кожній. В експериментальні три групи увійшли 36 щурів, яким було змодельовано перелом великогомілкової кістки з інтрамедулярним введенням імплантів з різних матеріалів (1 група – вуглець вуглецевий композит, 2 група – магнієвий сплав МС-10, 3 група – медична іржостійка сталь). 4 група – контрольні щури, яким моделювали неповний поперечний діафізарний перелом без інтрамедулярної фіксації. Дослідження проводили на 7 та 14 добу. Вилучену кістку фіксували у 10% формаліні з подальшою декальцинацією, зневодненням у висхідній батареї спиртів та заливали у парафін. Виготовляли гістологічні препарати. Для виявлення рецепторів вуглеводних залишків β -D-Gal ставили лектингістохімічну реакцію з лектином арахісу (PNA) виробництва «Лектинтест» (м. Львів). Отримані результати оцінювали напівкількісним методом. **Результати.** Було встановлено характер змін щільності рецепторів до залишків β -D-Gal у сполучнотканинних елементах регенерату кісткової тканини у щурів з інтрамедулярним введенням імплантів з різних матеріалів. Найбільша щільність рецепторів до лектину арахісу (PNA) спостерігалась на лімфоцитах та сполучнотканинних клітинах регенерату у тварин з інтрамедулярним введенням вуглець вуглецевого композиту та магнієвого сплаву, що свідчить про виражену реакцію з боку імунної системи. **Підсумок.** Встановлено характер змін щільності рецепторів до залишків β -D-Gal у сполучнотканинних елементах регенерату кісткової тканини у щурів з інтрамедулярним введенням імплантів з різних матеріалів. Найбільша щільність рецепторів до лектину арахісу (PNA) спостерігалась на лімфоцитах та сполучнотканинних клітинах регенерату у тварин з інтрамедулярним введенням вуглець вуглецевого композиту та магнієвого сплаву, що свідчить про виражену реакцію з боку імунної системи.

Ключові слова: експериментальна модель, перелом, регенерат, імплант, остеосинтез.