

УДК636.5.09:616.71-007.234:611.018.4.71

НОВАК В.П., д-р біол. наук

ЛЬНІЦЬКИЙ М.Г., д-р вет. наук

БЕВЗ О.С., канд. вет. наук

МЕЛЬНИЧЕНКО А.П., канд. біол. наук

Білоцерківський національний аграрний університет

## НЕОВАСКУЛЯРИЗАЦІЯ М'ЯКОГО МОЗОЛЯ ЗА РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗУ В ПТАХІВ В ЕКСПЕРИМЕНТІ

За експериментального поперечного, закритого нестабільного перелому ліктьової кістки у птахів на 14 день репаративної регенерації спостерігається сформований зовнішній м'який мозоль з хондроцитами різного рівня диференціації, зони значної неоваскуляризації та високий ступень ангиогенезу, що є необхідною передумовою для переходу до остеобластогенезу.

**Ключові слова:** ангиогенез, хондроцити, м'який мозоль, остеогенез, птахи

Неоваскуляризація місця перелому має велике значення для загоєння кістки, і на неї може впливати місцеве механічне середовище, таке як стабільність фіксації та розмір міжфрагментного проміжку [1]. Оновлення кісткової тканини включає складні механізми, які зосереджені на взаємодії та зв'язку між остеогенними та ангиогенними явищами [2-4].

Метою дослідження було визначити ступінь ангиогенезу зовнішнього м'якого мозоля за поперечного, закритого, нестабільного перелому в птахів на ранніх термінах експерименту.

Експериментально-морфологічні дослідження проводили у віварії кафедри анатомії та гістології ім. П.О. Ковальського. 18 птахам (3 дослідні групи) *Gallusdomesticus* з клітковим утриманням після анестезії Тіопенталом натрію 30 мг/кг в/в (Київмедпрепарат), були виконані поперечні, закриті, нестабільні переломи в ділянці діафізу ліктьової кістки. Для гістологічних досліджень відбирали матеріал в ділянці зрощення травмованої кістки за різних термінів (14, 30, 60 днів) експерименту. Відібраний матеріал фіксували 10 % нейтральному формаліні та декальцинували протягом 6 тижнів у 20% етилендіамінтетраоцтовій кислоті (EDTA, рН 7.3; Roth, Karlsruhe, Germany). Декальциновані зразки зневоднювали, заливали парафіном і нарізали (5 мкм) за допомогою ротаційного мікротома. Фарбували зрізи за загальноприйнятими методиками гематоксиліном та еозином, за Френкелем, Малорі, ван-Гізон, Хартон. Мікроскопію проводили за використання Zeiss Axiostarplus, фотографування відеокамерою Sigeta.

При гістологічному дослідженні місця перелому на 14 день загоєння виявлено сформований зовнішній фіброзно-хрящовий м'який мозоль. В хрящовій тканині мозолі локалізовані хондроцити різних зон ендохондрального типу загоєння: спочиваючі, гіперпластичні, гіпертрофовані та кальцифіковані (рис. 1, В). Слід зазначити, що за даними [5] роль гіпертрофованих хондроцитів є центральною в процесі загоєння переломів. Більш конкретно, вони виробляють ангиогенетичні фактори, які сприяють другому циклу неоваскуляризації, залучаючи остеопрогенітори та остобластогенетичні фактори. У хрящовій тканині мозолі наявні значні зони неоваскуляризації, які утворені за рахунок інвазії та ангиогенезу широкопетлих сіток судинних структур різної архітекtonіки (рис. 1, А, В).

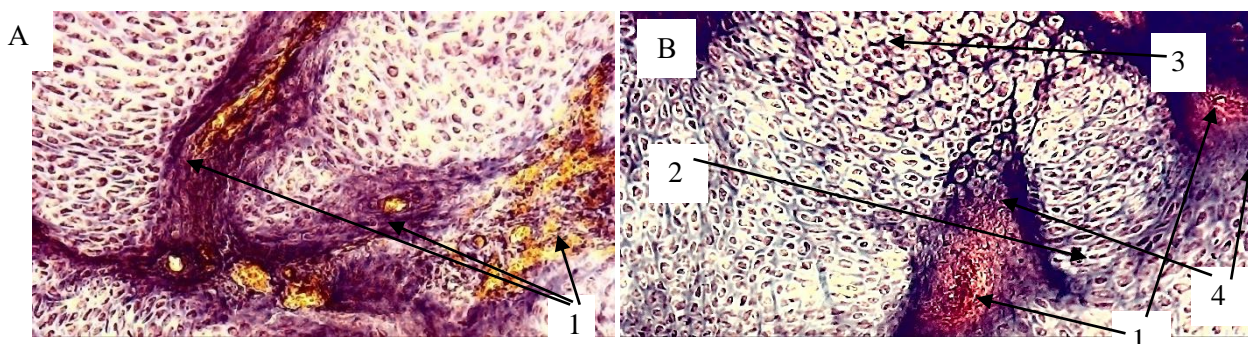


Рис. 1. Неоваскуляризація зовнішнього м'якого мозоля: А – 1 – судинні сітки; В – 1 – судини; 2 – гіперпластичні хондроцити; 3 – гіпертрофовані хондроцити; 4 – кальцифіковані хондроцити. Малорі; Френкель. х 250.

Ангіогенез і реваскуляризація в місці перелому є обов'язковими умовами для загоєння кістки [6]. Активна неоваскуляризація та ангіогенез необхідні для забезпечення клітин киснем та поживними речовинами для формування нової тканини [7]. Саме в зонах локалізації судинних структур спостерігаються хондроцити різної диференціації (рис. 1, В). Ендохондральне окостеніння знаходиться під контролем взаємного зв'язку між хондроцитами та ендотеліальними клітинами. Тонко налаштований баланс між хондроцитовими сигналами, що пригнічують дозрівання хряща, та ендотеліальними сигналами, що сприяють пізній диференціації хондроцитів, є важливим для нормального окостеніння хряща під час розвитку, росту та відновлення кістки [8]. Окістя та ендост, а також перицити, що вистилають судини [9], є передбачуваними джерелами преостеобластів.

Таким чином, на 14 день репаративної регенерації за поперечного, закритого, нестабільного перелому у птахів спостерігається сформований зовнішній м'який мозоль згіперпластичними, гіпертрофованими та кальцифікованими хондроцитами; із обширними зонами неоваскуляризації, що сформовані інвазією широкопетлих судинних сіток, які є джерелом поживних речовин та остеопрогеніторних клітин та сприяють переходу до остеобластогенезу.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Effect of Inter-Fragmentary Gap Size on Neovascularization During Bone Healing: A Micro-CT Imaging Study *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*/ Z. Zhilun et al. 2022. 10. DOI:10.3389/fbioe.2022.808182 ISSN=2296-4185
2. Hu K., Olsen B.R. The Roles of Vascular Endothelial Growth Factor in Bone Repair and Regeneration. *Bone*. 2016. 91. P. 30–38. DOI:10.1016/j.bone.2016.06.013 PubMed Abstract | CrossRef Full Text | Google Scholar
3. It Takes Two to Tango: Coupling of Angiogenesis and Osteogenesis for Bone Regeneration/A. Grosso et al. 2017. 5. 68. DOI:10.3389/fbioe.2017.00068 PubMed Abstract | CrossRef Full Text | Google Scholar
4. Peng Y., Wu S., Li Y., Crane J. L. Type H Blood Vessels in Bone Modeling and Remodeling. *Theranostics*. 2020. 10 (1). P. 426–436. DOI:10.7150/thno.34126 PubMed Abstract | CrossRef Full Text | Google Scholar
5. The role of BMP6 in the proliferation and differentiation of chicken cartilage cells/F. Ye et al. *PLoS ONE*. 2019. 14. e0204384. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
6. Hankenson K.D., Dishowitz M., Gray C., Schenker M. Angiogenesis in bone regeneration. *Injury*. 2011. 42. P. 556–61. DOI:10.1016/j.injury.2011.03.035 [PubMed: 21489534]
7. Zuscik M. Skeletal Healing. In: Rosen, C., editor. *Prim Metab Bone Dis Disord Miner Metab*. 8. John Wiley & Sons, Inc. 2013. P. 90–8.
8. Hofstetter W., Egli R. Bone Repair and Fracture Healing. Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier. 2014. ISBN 9780128012383, DOI:10.1016/B978-0-12-801238-3.00223-3.
9. Arun R., Shrivats J.O. Bone Regeneration. Hollinger, in *Principles of Tissue Engineering (Fourth Edition)*. 2014. P. 1201–1221.

### УДК 636.2.084.523

**СМЕЛЬЯНЕНКО А.А.**, канд. вет. наук  
**НІЩЕМЕНКО М.П.**, д-р вет. наук, професор  
**ШМАЮН С.С.**, канд. вет. наук, доцент  
**ПОРОШИНСЬКА О.А.**, канд. вет. наук, доцент  
**СТОВБЕЦЬКА Л.С.**, канд. вет. наук, доцент  
**КОЗІЙ В.І.**, доктор вет. наук, професор  
*Білоцерківський національний аграрний університет*

### ПРОГНОСТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ПОВЕДІНКИ СУХОСТІЙНИХ КОРІВ

Наведені дані аналізу поведінки корів під час сухостійного періоду є важливим діагностичним і прогностичним інструментом визначення рівня захворюваності корів після отелу.

**Ключові слова:** репертуар поведінки, сухостійний період, велика рогата худоба, молочне тваринництво, етологічні методи дослідження.

Одним із важливих критеріїв оцінки стану тварин, адекватності умов годівлі та утримання