

І.Г.Савка

Буковинський державний  
медичний університет  
м. Чернівці

**Ключові слова:** структурно-функціональні ознаки, довгі кістки, нижня кінцівка, переломи, морфологічні ознаки.

Надійшла: 26.11.2013

Прийнята: 20.12.2013

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2013.4.62-66>

УДК 616.718-001.5-091:611.718

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОКРЕМИХ ВІДДІЛІВ ДОВГИХ ТРУБЧАСТИХ КІСТОК НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ НА ФОРМУВАННЯ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ПЕРЕЛОМІВ

*Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи “Закономірності перинатальної анатомії та ембріотопографії. Визначення статево-вікових особливостей будови і топографоанатомічних взаємовідношень органів та структур в онтогенезі людини” (номер державної реєстрації 0110U003078).*

**Реферат.** Метою роботи було дослідження впливу структурно-функціональних особливостей окремих відділів довгих кісток нижньої кінцівки на формування морфологічних ознак переломів, яке б забезпечило об'єктивне ретроспективне встановлення механізмів їх формування. Об'єктами досліджень виступили експертні спостереження із випадками 128 ушкоджень стегнової, великої та малої гомілкових кісток. Визначення морфологічних ознак переломів довгих трубчастих кісток дає можливість ідентифікувати характер спричиненої травми та встановити механізм її виникнення. Серед макроархітектурних показників особливу діагностичну цінність має величина кута відходження клиноподібних тріщин.

**Morphologia.** – 2013. – Т. 7, № 4. – С. 62-66.

© І.Г.Савка, 2013

**Savka I.G. Substantiation of the influence of structural-functional peculiarities of ceratin portions of tubular bones of the lower extremity upon the formation of morphological signs of fractures.**

**ABSTRACT. Background.** Forensic doctors and traumatologists deal with more and more cases of atypical fractures, minimal injuries of unknown etiology and mechanism. The relationship between external and internal factors in these cases still remains understudied. **Objective.** To study the influence of structural-functional peculiarities of certain portions of tubular bones of the lower extremities upon the formation of morphological signs of fractures which might ensure an objective retrospective detection of the mechanisms of their formation. **Methods.** The objects of our studies were expert observations of 128 cases with injuries of the femoral bone, tibia and fibula. The obtained results were statistically processed with the use of single-factor dispersion analysis, primary analysis with Kettel's test and multi-factor analysis. **Results.** Various portions of the long tubular bones of the lower extremity were found to have a number of structural-functional peculiarities. Detection of morphological signs of long tubular bones fractures enables to identify the character of the injury and find the mechanism of its occurrence. Depending on the bone portion the action of mechanical force of the same nature leads to fractures with different morphological characteristics. The value of emerging angle of wedge-shaped fissures is of a diagnostic importance among macro-architectural parameters. **Conclusion.** Perspective is further in-depth study of the relationships between the main structural components of bone formation and the patterns of morphological characteristics formation in fractures of various bones of the human skeleton.

**Key words:** structural and functional features, long bones, lower extremity fractures, morphological features.

### Citation:

Savka IG. [Substantiation of the influence of structural-functional peculiarities of ceratin portions of tubular bones of the lower extremity upon the formation of morphological signs of fractures]. *Morphologia*. 2013;7(4):62-6. Ukrainian.

### Вступ

Травми кісток нижньої кінцівки з їх переломами – один із найбільш поширених механічних феноменів у медичній практиці. На закономірності їх виникнення значний вплив мають як зов-

нішні чинники, так і внутрішні, пов'язані з особливостями організму і станом кісткової тканини конкретної людини. В той же час, механічне перервантяження кісток залежно від напрямку дії сили, морфологічного відділу і стану кісткової

тканини в ньому, породжує різноманітні за характеристикою ушкодження.

На необхідності фундаментальних досліджень по встановленню впливу структурно-функціональних особливостей на закономірності перебігу процесу руйнації окремих кісток скелета людини вказують ряд сучасних дослідників [1; 2; 3; 4].

Слід звернути увагу і на те, що все більше закордонних науковців у своїх дослідженнях вказують на необхідність біомеханічних досліджень процесу руйнації довгих кісток нижньої кінцівки та впливу окремих морфологічних компонентів кісткової тканини на перебіг процесу їх руйнації [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11].

Як свідчить клінічна практика, судові медики і травматологи все частіше зустрічаються з атиповими випадками переломів, мінімальними травмами, невідомою етіологією та механізмом їх виникнення. Взаємозв'язки між зовнішніми та внутрішніми чинниками у цих випадках і на сьогодні залишаються недостатньо вивченими.

#### **Мета**

Дослідити вплив структурно-функціональних особливостей окремих відділів довгих кісток нижньої кінцівки на формування морфологічних ознак переломів з метою об'єктивного ретроспективного встановлення механізмів їх формування.

#### **Матеріали та методи**

Наші експертні дослідження охопили 82 особи у яких було 128 ушкоджень нижніх кінцівок: стегна – 40 випадків, великої гомілкової кістки – 46 випадків, малої гомілкової – 42 випадки. Переломи кожної кістки оцінювали за трьома зонами (третинами), що в сумі склало 9 зон. Отримані дані піддавали статистичній обробці з використанням однофакторного дисперсійного аналізу, попереднього аналізу з використанням тесту Кеттела та багатофакторного аналізу.

#### **Результати та їх обговорення**

Отримані нами морфологічні показники для кожного зразка довгої трубчастої кістки мали топічні характеристики по всій довжині кожної із трьох кісток, з верхньої, нижньої і середньої діафізарної третин, і водночас по всьому обводу – передні, задні, медіальні та латеральні сектори. Вплив геометричних особливостей кісток добре відомий на прикладі головки стегна, але і менш очевидні відмінності мають своє відображення у характеристиках переломів кісток під час травми. В подальшому аналізі ми намагалися оперувати порівняннями морфологічних особливостей та використанням відносних показників, оскільки морфометричні дані залежали від геометричних розмірів кісток.

Морфологічні особливості кістки створюють її фізіологічні якості – міцність, жорсткість, пружність та модуль еластичності. Відповідна комбінація анатомо-фізіологічних характеристик

веде до формування патофізіологічних змін під впливом зовнішніх сил. Ряд захисних механізмів, що протидіють формуванню перелому залежать саме від морфологічних особливостей кістки в ділянці дії травмуючої сили. До цих компонентів можна віднести перетинки із нерозірваних сполучнотканинних зв'язків, тріщини з прогинанням ділянок кістки, колагенові місточки, виникнення мікротріщин, по яким іде розсіювання енергії удару. Всі ці механізми пов'язані із мікроархітектурою кістки, з кількістю та складом її органічних компонентів. Не слід також забувати, що кістки мають навколо себе м'язово-фасціальний каркас, який впливає безпосередньо на особливості макроархітектури кістки і на характеристики переломів в результаті травми.

Стать постраждалої особи не відіграє особливої ролі. Нами відмічені окремі корелятивні зв'язки, що відображають морфологічні особливості кісток у жінок. Зі статтю корелює менша товщина компактної кістки у медіальних відділах ( $R=-0,20$ ,  $p<0,05$ ), менший ступінь мінералізації кістки у задніх відділах ( $R=-0,24$ ,  $p<0,01$ ), менша протяжність зони пластичної деформації з боку стискання ( $R=-0,20$ ,  $p<0,05$ ). В цілому, характеристики травми у жінок мають ті ж риси, що й у чоловіків відповідного віку.

Впливу вікового цензу у нашій групі ми також не встановили, за винятком зменшення загальної щільності кісток (коефіцієнт кореляції  $r=-0,21$ ,  $p<0,05$ ). Всі інші морфологічні та біомеханічні показники не мали вірогідних кореляцій.

Аналіз різновиду фізичних сил, що спричинили переломи кісток включав чотири основних групи: дію ударів тупими предметами із виникненням деформації згину, скручування, стиснення та дії сили по осі кінцівки. Проведення дисперсійного аналізу (табл. 1) показало, що вірогідну залежність із фактором виду дії мали поздовжній медулярний діаметр кістки ( $p<0,05$ ), поздовжній медулярний показник ( $p<0,01$ ) та загальна площа зрізу медулярного каналу ( $p<0,05$ ). Таким чином, саме медулярний канал, який має провідну роль у гемопоезі, є фактором послаблюючим механічну стійкість кістки до дії фізичних факторів із різними векторами її прикладання. За даними цього ж виду аналізу серед мікроархітектурних показників тільки кількість пор у передньому секторі кісток мала вірогідні зв'язки з різновидом дії фізичного фактора ( $F=4,07$ ,  $p=0,009$ ).

Аналіз зв'язків між різновидом механічної дії травмуючої сили та особливостями зони руйнації кістки наведено у таблиці 2.

Серед морфологічних ознак перелому кістки найбільш вірогідно відображали характер різновиду фізичних сил, що спричинили переломи кісток два показники: кількість поздовжніх тріщин у зоні розриву ( $F=5,28$ ,  $p=0,002$ ) та кут відходження клиноподібних тріщин ( $F=6,84$ ,  $p=0,001$ ).

Таблиця 1

Однофакторний дисперсійний аналіз зв'язків між видом дії та макроархітектурними морфологічними показниками кісток

№ п/п	Морфологічний показник	Статистичний показник					
		SS ef.	MS ef.	SS err.	MS err.	F	p
1	Обвід кістки	9,45	3,15	577,5	5,83	0,54	0,66
2	Медулярний діаметр позд.*	1,52	0,51	18,2	0,18	2,76	0,05
3	Медулярний діаметр попер.	1,39	0,46	23,2	0,23	1,98	0,12
4	Медулярний показник позд.*	0,15	0,05	0,76	0,01	6,60	0,01
5	Медулярний показник попер.	0,06	0,02	0,93	0,01	2,02	0,12
6	Товщина компакти перед.	0,70	0,23	21,5	0,22	1,08	0,36
7	Товщина компакти задн.	0,06	0,02	6,62	0,07	0,27	0,84
8	Товщина компакти медіал.	0,01	0,001	6,34	0,06	0,07	0,97
9	Товщина компакти латерал.	0,10	0,03	3,85	0,04	0,82	0,49
10	Площа медулярного каналу*	6,12	2,04	65,0	0,66	3,11	0,03

\* - вірогідність міжгрупової різниці  $p < 0,05$ .

Таблиця 2

Однофакторний дисперсійний аналіз зв'язків між видом дії та морфологічними ознаками зони перелому кісток

№ п/п	Морфологічна ознака	Статистичний показник					
		SS ef.	MS ef.	SS err.	MS err.	F	p
1	Протяжність зони пластичної деформації з боку розтягу	0,02	0,01	0,63	0,01	0,79	0,50
2	Кількість зубців у зоні розриву	0,84	0,28	33,5	0,34	0,82	0,49
3	Кількість деревоподібних тріщин у зоні розриву	1,37	0,46	52,1	0,53	0,87	0,46
4	Кількість поздовжніх тріщин у зоні розриву*	1,08	0,36	6,76	0,07	5,28	0,002
5	Протяжність зони пластичної деформації з боку стискання	0,004	0,001	1,92	0,02	0,07	0,98
6	Висота найбільшого гребеня в зоні долому	7,18	2,39	171,6	1,73	1,38	0,25
7	Довжина найбільшої клиноподібної тріщини	3,62	1,21	377,1	3,81	0,32	0,81
8	Кут відходження клиноподібних тріщин*	1702	567,6	8217	83,0	6,84	0,001

\*- вірогідність міжгрупової різниці  $p < 0,05$ .

#### Кут відходження клиноподібних тріщин.

Величина цього кута коливалася і мала кореляційні зв'язки з рядом морфологічних характеристик кістки. Величина кута асоціювала, перш за все, із мінеральною складовою кістки: із загальною мінеральною густиною коефіцієнт кореляції склав  $r=0,27$ , з коливаннями  $r=0,18$  з медіального боку та  $r=0,29$  з латерального; із мінеральною масою ділянки кістки – загальною  $r=0,35$ , медіальної ділянки –  $r=0,28$ , латеральної –  $r=0,35$  ( $p < 0,05$ ).

Цей показник найбільш інформативно вказував на характер фізичної дії. При травмі викликаній ударом зі згином величина кута в середньому складала  $34,9^\circ \pm 1,0^\circ$ , дія сили зі скручуванням супроводжувалася виникненням клиноподібних тріщин під середнім кутом  $31,7^\circ \pm 4,1^\circ$ , а

при дії на кістку стискаючої сили він був вірогідно найменшим –  $24,1^\circ \pm 1,3^\circ$  ( $p < 0,05$ ). Отже, цей показник має важливе діагностичне значення при визначенні характеру дії фізичної сили.

#### Висновки

1. Вікові та статеві фактори не відіграють суттєвої ролі у формуванні морфологічних характеристик перелому. Права та ліва нога зазнають однакових ушкоджень та не мають різниці в морфологічних і біомеханічних показниках.

2. Різні ділянки довгих трубчатих кісток нижньої кінцівки мають значну кількість структурно-функціональних особливостей. Це знаходить своє відображення у макро- та мікроархітектурі кістки і впливає на опірність до дії зовнішніх механічних сил та морфологічні характеристики переломів цих кісток.

3. Визначення морфологічних ознак переломів довгих трубчастих кісток дає можливість ідентифікувати характер спричиненої травми та встановити механізм її виникнення. Залежно від ділянки кістки один і той же за характером дії вплив механічної сили веде до виникнення переломів із різними морфологічними характеристиками.

4. Морфологічні ознаки перелому в зоні долому мають найбільше значення для встановлен-

ня механізму травми. Особливу діагностичну цінність має величина кута відходження клиноподібних тріщин.

#### Перспективи подальших розробок

Перспективним у даному напрямку є подальше поглиблене вивчення взаємозв'язків між основними структурними компонентами кісткової тканини та закономірностями формування морфологічних ознак при переломах різних кісток скелета людини.

### Літературні джерела References

1. Леонов С. В. Особенности поврежденных диафизов длинных трубчатых костей при косом изгибе / С. В. Леонов, Е. Н. Леонова // Суд.-мед. экспертиза. – 2011. – № 6. – С. 13–15.

Leonov SV, Leonova EN. [Specific features of the injuries to diaphyses of long tubular bones in case of skew bending]. Forensic Medical Examination. 2011; 54(6): 13-5. Russian.

2. Нагорнов М. Н. Судебно-медицинские аспекты травмы и патологии костной ткани / М. Н. Нагорнов, Т. К. Осипенкова-Вичтомова // Суд.-мед. экспертиза. – 2012. – Т. 55, № 1. – С. 41–44.

Nagornov MN, Osipenkova-Vichtomova TK. [Forensic medical aspects of bone tissue injuries and pathology]. Forensic Medical Examination. 2012; 55(1): 41-4. Russian.

3. Пиголкин Ю. И. Судебно-медицинская оценка переломов костей / Ю. И. Пиголкин, М. Н. Нагорнов // Суд.-мед. экспертиза. – 2005. – Т. 48, № 6. – С. 39–42.

Pigolkin Yul, Nagornov MN. [Forensic evaluation of bone fractures]. Forensic Medical Examination. 2005; 48(6): 39-42. Russian.

4. Янковский В. Э. Роль растяжения в процессе формирования переломов / В. Э. Янковский // Суд.-мед. экспертиза. – 2008. – Т. 51, № 2. – С. 3–6.

Yankovsky VE. [The role of stretching in the process of fractures formation]. Forensic Medical Examination. 2008; 51(2): 3-6. Russian.

5. Keaveny T.M. Theoretical implications of the biomechanical fracture threshold / T. M. Keaveny, M. L. Bouxsein // J. Bone Miner. Res. – 2008. – Vol. 23, № 10. – P. 1541–1547.

Keaveny TM, Bouxsein ML. Theoretical implications of the biomechanical fracture threshold. J Bone Miner Res. 2008 Oct;23(10):1541-7. doi: 10.1359/jbmr.080406. Cited in: PubMed; PMID: 18410232; PMCID: PMC2684155.

6. Kosmopoulos V. Predicting trabecular bone microdamage initiation and accumulation using a non-linear perfect damage model / V. Kosmopoulos, T.S. Keller // Med. Eng. Phys. – 2008. – № 30. – P. 725–732.

Kosmopoulos V, Keller TS. Predicting trabecular bone microdamage initiation and accumulation using a non-linear perfect damage model. Med Eng Phys. 2008 Jul;30(6):725-32. Epub 2007 Sep 18. Cited in: PubMed; PMID: 17881275.

7. Nagaraja S. Trabecular bone microdamage and microstructural stresses under uniaxial compression / S. Nagaraja, T. L. Couse, R. E. Guldborg // J. Biomech. – 2005. – № 38. – P. 707–716.

Nagaraja S, Couse TL, Guldborg RE. Trabecular bone microdamage and microstructural stresses under uniaxial compression. J Biomech. 2005 Apr;38(4):707-16. Cited in: PubMed; PMID: 15713291.

8. Biochemical characterization of major bone-matrix proteins using nanoscale-size bone samples and proteomics methodology / [G. E. Sroga, L. Karim, W. Colón, D. Vashishth] // Mol. Cell. Proteomics. – 2011. – Vol. 10, № 9. – P. 110.

Sroga GE, Karim L, Colón W, Vashishth D. Biochemical characterization of major bone-matrix proteins using nanoscale-size bone samples and proteomics methodology. Mol Cell Proteomics. Sep 2011; 10(9): M110.006718. doi: 10.1074/mcp.M110.006718. Cited in: PubMed; PMCID: PMC3186195.

9. Waldorff E. I. Age-dependent microdamage removal following mechanically induced microdamage in trabecular bone in vivo / E. I. Waldorff, S. A. Goldstein, B. R. McCreadie // Bone. – 2007. – Vol. 40. – № 2. – P. 425–432.

Waldorff EI, Goldstein SA, McCreadie BR. Age-dependent microdamage removal following mechanically induced microdamage in trabecular bone in vivo. Bone. 2007 Feb;40(2):425-32. Epub 2006 Oct 19. Cited in: PubMed; PMID: 17055351.

10. Wang C. J. The effects of extracorporeal shockwave on acute high-energy long bone fractures of the lower extremity / C. J. Wang, H. C. Liu, T. H. Fu // Arch. Orthop. Trauma Surg. – 2007. – Vol. 127, № 2. – P. 137–142.

Wang CJ, Liu HC, Fu TH. The effects of extracorporeal shockwave on acute high-energy long bone fractures of the lower extremity. Arch Orthop Trauma Surg. 2007 Feb;127(2):137-42. Epub 2006 Oct 13. Cited in: PubMed; PMID: 17053946.

11. Finite element analysis of impact loads on the femur / X. Z. Yu, Y. M. Guo, J. Li [et. al.] // Chin. J. Traumatol. – 2007. – Vol. 10, № 1. – P. 44–48.

Yu XZ, Guo YM, Li J, Zhang YQ, He RX. Finite element analysis of impact loads on the femur. Chin J Traumatol. 2007 Feb;10(1):44-8. Cited in: PubMed; PMID: 17229350.

**Савка И.Г. Обоснование влияния структурно-функциональных особенностей отдельных отделов длинных трубчатых костей нижней конечности на формирование морфологических признаков переломов.**

**Реферат.** Целью работы является исследование влияния структурно-функциональных особенностей отделов длинных костей нижней конечности на формирование морфологических признаков переломов, которые обеспечили бы объективное ретроспективное установления механизмов их образования. Объектами исследований являются 128 экспертных случаев повреждений бедренной, большой и малой берцовых костей. Определение морфологических признаков переломов длинных трубчатых костей предоставляет возможность идентифицировать характер травмы и установить механизм ее возникновения. Среди макроархитектурных показателей особой диагностической ценностью обладает величина угла отхождения клиновидных трещин.

**Ключевые слова:** структурно-функциональные признаки, длинные кости, нижняя конечность, переломы, морфологические признаки.