



SECTION: ENGINEERING SCIENCES (BIOMECHANICS).

SEKCJA: NAUKI INŻYNIERYJNE (BIOMECHANIKA).

How to cite: Dyman, M. (2024). Reliability of means of fixation of complex fractures of pelvic bones. *Horizons of Innovation: Conference on Multidisciplinary Trends in Science 2024*. (pp. 148-153). Futurity Research Publishing. <https://futuraity-publishing.com/horizons-of-innovation-conference-on-multidisciplinary-trends-in-science-2024-2/>

Reliability of means of fixation of complex fractures of pelvic bones

Димань М.М.

к.т.н., старший науковий співробітник, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, Київ, Україна

mrs_d@ukr.net

Accepted: January 27, 2024 | **Published:** February 11, 2024 | **Language:** Ukrainian

Abstract: The lack of high-quality and reliable systems of osteosynthesis of bone fractures obtained as a result of damage by high-velocity projectiles causes the need to find new materials, structures, production technologies in this field of medicine. The work is devoted to the study of mechanical fixation of complex fractures of the pelvic bones, which may occur as a result of injury by high-velocity projectiles that injure. The characteristics of stiffness and reliability of fixation of complex pelvic bone fractures using two different fixation systems with stabilization by an external rod fixation device and under static loads were investigated.

Keywords: biomechanics, osteosynthesis, stability of fracture fixation, pelvic bones, damage by high-velocity projectiles (rocket fragments, bullets).

Вступ

При вогнепальних пораненнях тазової ділянки переломи тазових кісток діагностуються у 25% поранених, у більшості з яких вони мають дірчастий та уламковий характер, значно менше – крайові або лінійні переломи, відриви фрагментів. У структурі ушкоджень цієї бойової травми спостерігалось 12% ізольованих вогнепальних поранень, множинних – 8%, поєднаних – 80% (Zarutskyi et al., 2018; Khomenko et al., 2020; Humeniuk et al., 2022).

Таким чином, фіксація таких переломів, окрім клінічних показників, повинна мати певні механічні характеристики. А саме достатню жорсткість та стабільність фіксації при довготривалому лікуванні, яке може супроводжуватися циклічно змінними навантаженнями за рахунок виконання лікувальних вправ, або в результаті дії поштовхів при транспортуванні постраждалого (Burianov et al., 2018).

В травматології широко застосовується біомеханічне експериментальне обґрунтування з комп'ютерним моделюванням ефективності систем фіксації уламків кісток різних анатомічних ділянок як у поранених з вогнепальними ушкодженнями, так і у постраждалих із закритою травмою (Zarutskyi et al., 2018; Laksha et al., 2018).

Результати дослідження

В дослідженні Rommens et al. (2013) та Culemann et al. (2010) описані випадки розхитування гвинтів і їх зміщення з втратою жорсткості фіксації перелому, особливо при використанні крижово-клубових гвинтів. Автори Van Zwienen et al. (2003) та Yinger et al. (2004) виявили, що використання двох, а не одного, гвинта збільшує жорсткість при фізіологічних навантаженнях. В своєму дослідженні автори Tabaie et al. (2013) продемонстрували, що додаткова компресія за допомогою блокованого трансакрального гвинта значно збільшила стабільність при переломі типу C (згідно універсальній класифікації переломів AO/ASIF). Навпаки, у своєму дослідженні автори (Salari et al., 2015) не виявили суттєвої різниці при порівнянні довгих крижово-клубових і трансакральних гвинтів при переломах тазового кільця типу C. У своєму дослідженні автори (Lodde et al., 2021) змогли досягти вищої стабільності, використовуючи ретроградний лобковий гвинт і крижово-клубовий гвинт.

Таким чином, єдиного способу фіксації переломів тазових кісток внаслідок ураження високошвидкісними снарядами що ранять немає, а результати досліджень не враховують пошкодження структур кістки внаслідок ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації (Laksha, 2018).

Для експериментального дослідження використовували анатомічні препарати тазових кісток трупів людей, які померли від пошкоджень та захворювань, не пов'язаних з патологією опорно-рухового апарата. Консервація препаратів виконувалася заморожуванням до температури -18°C . Перед випробуваннями всі препарати розморожувалися у 0,9% розчині натрію хлориду протягом 24 год. при температурі $+37^{\circ}\text{C}$.

Режими випробування були максимально наближені до реальних режимів фізіологічних навантажень: досліджувалися дії згинальних та розтягуючих (відривних) навантажень, що діють на тазові кістки.

Експерименти виконували з використанням універсальних випробувальних машин серії **TIRA-test**. Машина була доповнена системою реєстрації деформацій біологічних об'єктів за допомогою цифрових фото- і відеокамер.

Перед випробуваннями на всіх зразках тазових кісток моделювали прямі переломи в дорсальному та вентральному відділах [Рисунок 1]. Переломи фіксували двома способами: 1) в дорсальному відділі шляхом паралельного введення спонгіозних гвинтів та стабілізацією зовнішнім стрижневим апаратом фіксації та 2) в дорсальному відділі шляхом паралельного введення гвинтів та армування в вентральному відділі із застосуванням накісткової реконструктивної пластини і стабілізацією зовнішнім стрижневим апаратом фіксації.

Рисунок 1

Моделювання і фіксація перелому тазової кістки



Джерело: власна розробка автора

Як ідентифікаційні маркери для реєстрації переміщень точок перелому використовували прямокутні пластинки, виготовлені з листового ПВХ які нерухомо закріплювали до кісткової тканини в вентральному та дорсальному відділах тазової кістки [Рисунок 2]

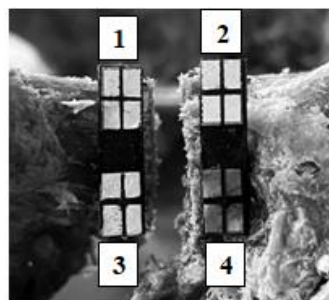
Рисунок 2

Позначення відділів тазової кістки (а) та схема нумерації ідентифікаційних маркерів

(б)



а



б

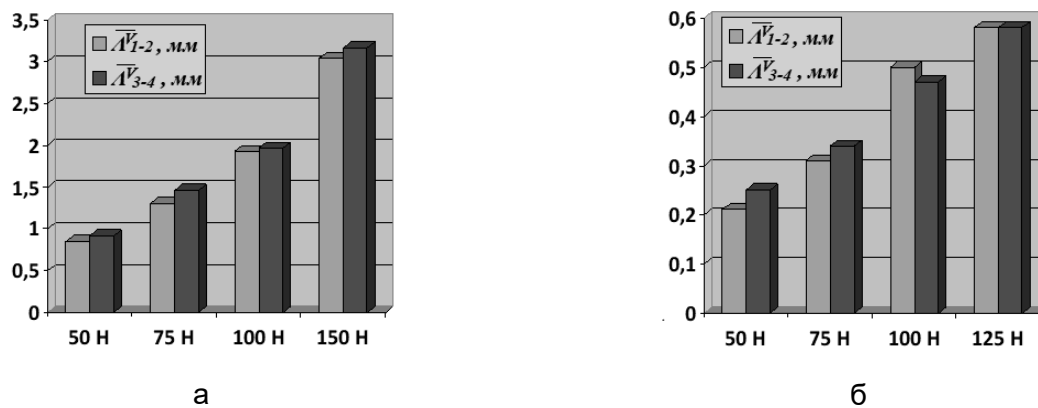
Джерело: власна розробка автора

Переміщення, що виникають у переломах тазових кісток під дією навантажень, реєстрували методом цифрового фотографування (Shidlovskiy et al., 2018; Shydlovskiy et al., 2016).

Результати розрахунків повних абсолютних переміщень вентральних точок перелому для двох систем фіксації наведені на [Рисунок 3]

Рисунок 3

Порівняння повних абсолютних переміщень вентральних точок з системою остеосинтезу 1 (а) та системою остеосинтезу 2 (б).



Джерело: власна розробка автора

З отриманих даних видно, що при фіксації системою остеосинтезу 2 виникають менші лінійні переміщення, ніж при закріпленні системою остеосинтезу 1.

Висновки

Проведено аналіз сучасних систем остеосинтезу, методів та результатів експериментального дослідження міцності та жорсткості систем фіксації складних переломів тазових кісток. Обґрунтовано види та режими навантажень. Розроблено методику вимірювання характеристик міцності і жорсткості систем остеосинтезу під дією статичних навантажень. Результати розрахунків повних абсолютних переміщень свідчать, що переміщення точок перелому при закріпленні способом 2 набагато менші, ніж при способі 1.

Література

- Zarutskiy, Ya. L., & Bilyi, V. Ia. (2018). *Voienno-polova khirurgiia* [Military field surgery]. Kyiv: «Feniks» [in Ukrainian]. <https://library.gov.ua/voyenno-polova-hirurgiya-2/>
- Khomenko, I. P., & Lurin, I. A., & Tsymbaliuk, V. I., & Zhakhovskiy, V. O., & Livinskyi, V. H., & Halushka, A. M., et al. (2020). *Medychne zabezpechennia Zbroinykh Syl Ukrainy pid chas antyterorystychnoi operatsii ta operatsii Obiednanykh syl na terytorii Luhanskoi ta Donetskoi oblastei, monohrafiia u 3-kh ch (Ch. 1)* [Medical support of the Armed Forces of Ukraine during

the anti-terrorism operation and the operation of the Joint Forces in the Lugansk and Donetsk regions, monograph in 3 parts (Part 1)]. Kyiv: «Vydavnytstvo Liudmyla» [in Ukrainian]. <https://library.gov.ua/emed/medytsyna-voiennoho-i-povoiennoho-chasu/medychne-zabezpechennia-zbroynykh-syl-ukrainy-ch-1-2>

Humeniuk, K. V., & Khomenko, I. P., & Lurin, I. A. (2022). *Likuvannia poranenykh z boiovymy ushkodzhenniamy zhyvota (za dosvidom ATO/OOS)* [Treatment of the wounded with combat injuries of the abdomen (according to the experience of the ATO/OOS)]. Kherson : «Oldi+» [in Ukrainian].

Burianov, O. A., & Laksha, A. A., & Borzykh, N. O., & Shydlovskiy, M. S. (2018). Biomekhanichno obgruntovane khirurhichne likuvannia poranenykh z vohnepalnymy perelomamy dovhykh kistok [Biomechanically based surgical treatment of injured patients with fire fractures of long bones]. *Klinichna khirurhiia - Clinical surgery*, 85(1), 67–70 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.26779/2522-1396.2018.01.67>.

Laksha A. A. (2018). Biomekhanichne obgruntuvannia zastosuvannia system zovnishnoi fiksatsii v khirurhichnomu likuvanni poranenykh z vohnepalnymy perelomamy dovhykh kistok (kliniko-eksperymentalne doslidzhennia) [Biomechanical justification of application of systems external fixation in the surgical treatment of wounded with inflammation fractures of long bones (clinical-experimental study)]. Candidate's thesis. Lyman: DNMU [in Ukrainian].

Rommens, P. M., & Hofmann, A. (2013). Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: recommendations for surgical treatment. *Injury*, 44(12), 1733–1744. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.06.023>

Culemann, U., & Scola, A., & Tosounidis, G., & Pohlemann, T., & Gebhard, F. (2010). Versorgungskonzept der Beckenringverletzung des alten Patienten: Eine Herausforderung. *Unfallchirurg*, 113(4), 258–271. <https://doi.org/10.1007/s00113-010-1762-3>

Yinger, K., & Scalise, J., & Olson, S. A., & Bay, B. K., & Finkemeier, C. G. (2003). Biomechanical comparison of posterior pelvic ring fixation. *J Orthop Trauma*, 17(7), 481–487. <https://doi.org/10.1097/00005131-200308000-00002>

van Zwienen, C. M. A., & van den Bosch, E. W., & Snijders, C. J., & Kleinrensink, G. J., & van Vugt, A. B. (2004). Biomechanical comparison of sacroiliac screw techniques for unstable pelvic ring fractures. *J Orthop Trauma*, 18(9), 589–595. <https://doi.org/10.1097/00005131-200410000-00002>

Tabaie, S. A., & Bledsoe, J. G., & Moed, B. R. (2013). Biomechanical comparison of standard iliosacral screw fixation to transsacral locked screw fixation in a type C zone II pelvic fracture model. *J Orthop Trauma*, 27(9), 521–526. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182781102>

Salari, P., & Moed, B. R., & Bledsoe, J. G. (2015). Supplemental S1 fixation for type C pelvic ring injuries: biomechanical study of a long iliosacral versus a transsacral screw. *J Orthop Traumatol.*, 16(4), 293–300. <https://doi.org/10.1007/s10195-015-0357-8>

Lodde, M. F., & Katthagen, J. C., & Schopper, C. O., & Zderic, I., & Richards, G., & Gueorguiev,

- B. et al. (2021). Biomechanical comparison of five fixation techniques for unstable fragility fractures of the pelvic ring. *J Clin Med.*, 10(11), 2326. <https://doi.org/10.3390/jcm10112326>
- Shidlovskiy, M., & Zakhovayko, O., & Dyman M. (2018). Application of digital photography in biomechanical studies of osteosynthesis systems. *Mech. Adv. Technol.*, 1(82), 123-130. <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2018.82.126215>
- Shydlovskiy, M. S., & Zakhovaiko, O. P., & Dyman, M. M. (2016). Sposib vyznachennia peremishchen v systemakh osteosyntezu [The method of determination is moved in osteosynthesis systems]. Proceedings from XVII MNTK *Prohresyvna tekhnika, tekhnolohiia ta inzhenerna osvita - Seventeenth International Scientific and Practical Conference Progressive Engineering, Technology and Engineering Education*. (pp. 21-22). Odesa: ONTU [in Ukrainian].