

УДК 617.572–089.168:616.717.1–001.6

## БИОМЕХАНИЧНІ АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАЦІЇ ЛАТАРЖЕ З ПРИВОДУ ЗВИЧНОГО ВИВИХУ ПЛЕЧА ПРИ УРАЖЕННІ КІСТОК

С. С. Страфун, І. А. Лазарев, І. В. Гомонай  
Інститут травматології та ортопедії НАМН України, м. Київ

## BIOMECHANICAL ASPECTS OF EFFICIENCY OF LATARJET'S OPERATION FOR HABITUAL DISLOCATION OF THE SHOULDER IN THE BONES AFFECTION

S. S. Strafun, I. A. Lazarev, I. V. Gomonyay

Бурхливий розвиток артроскопічних методів стабілізації плечового суглоба мав би вирішити проблему реалізованої нестабільності, проте, дані досліджень свідчать про збільшення частоти виникнення рецидивів у порівнянні з такою при застосуванні класичних відкритих методів [1]. Однією з причин, що зумовлює виникнення рецидивів після артроскопічної стабілізації плечового суглоба, є ураження кісток, зокрема, імпресійні переломи головки плечової кістки (ГПК), або пошкодження Хілл—Сакса, переломи та дефекти СЗЛ та їх поєднання. Пошкодження СЗЛ є найбільш частотою причиною "кісткової" нестабільності плечового суглоба [2]. Для його усунення використовують відкриті та артроскопічні методи [3], в тому числі операцію Латарже, вперше описану у 1954 р. [4]. Оперативне втручання передбачає відсічення дзьобоподібного відростка лопатки та його переміщення в зону дефекту СЗЛ разом з прикріпленими до нього сухожиллями. Позитивний ефект операції зумовлений відновленням кісткової структури краю СЗЛ, що попереджає "провальовання" ГПК за наявності пошкодження Хілл—Сакса; дзьобо—плечовий м'яз (*m. coracobrachialis*) після переміщення перетворюється на динамічний стабілізатор нижнього відділу капсули плечового суглоба [5]. Останнім часом з'явилися численні публікації щодо можливостей використання операції Латарже при поєднаному ураженні плечового суглоба [6, 7]. Проведений також

### Реферат

Проведене біомеханічне обґрунтування ефективності операції Латарже у пацієнтів з приводу звичного вивиху плеча при ураженні кісткової тканини на основі ретроспективного аналізу клініко—рентгенологічних показників і даних магніторезонансної томографії (МРТ). Зіставляли дані у пацієнтів, яким з приводу звичного вивиху плеча здійснювали стабілізацію плечового суглоба за Латарже, та результати біомеханічного експерименту — визначення напружено—деформованого стану (НДС) структур плечового суглоба в умовах дефекту суглобової западини лопатки (СЗЛ) і пошкодження Хілл—Сакса з застосуванням методу скінченно—елементного (СЕ) імітаційного комп'ютерного моделювання. При відведенні верхньої кінцівки на 90° максимальні показники НДС на поверхні СЗЛ за наявності дефекту розмірами 30% її загальної площі до операції Латарже були на 198,7% більшими, ніж після її виконання; при відведенні верхньої кінцівки на 90° та її зовнішній ротації на 45° — на 286,8%; при відведенні верхньої кінцівки на 90° та її зовнішній ротації на 90° — на 346,5%.

**Ключові слова:** звичний вивих плеча; операція Латарже; напружено—деформований стан; дефект суглобової западини лопатки.

### Abstract

Biomechanical substantiation of efficiency of the Latarjet's operation in patients, suffering habitual dislocation of the shoulder while osteal tissue affection, was done, basing on retrospective analysis of clinico—roentgenological indices and the magnet resonance tomography (MRI) data. The data were compared among patients, to whom for habitual dislocation of the shoulder a stabilization of the shoulder joint was performed in accordance to Latarjet's method, and the results of biomechanical experiment — determination of the stress—strain state (SSS) of the shoulder joint structures in conditions of defect of the joint depression of scapula (JDS) and the Hill—Sax damage, using the method of a definitely—elemental (DE) imitational computeric modelling. In the upper extremity abduction by 90° the maximal indices of SSS on surface of JDS, while presence of the defect, measuring 30% of common area, before the Latarjet's operation have exceeded their postoperative values by 198.7%; while abduction of upper extremity by 90° and its external rotation by 45° — by 286.8%; while abduction of the upper extremity by 90° and its external rotation by 90° — by 346.5%.

**Key words:** habitual dislocation of the shoulder; Latarjet's operation; the stress—strain state; defect of the joint depression of scapula.

порівняльний аналіз біомеханічної ефективності відкритого та артроскопічного варіантів операції Латарже [8]. Проте, нами не знайдені дані про зміни НДС на СЗЛ до хірургічного втручання та після виконання операції Латарже.

Мета дослідження: визначити зміни НДС суглобових поверхонь плечового суглоба після виконання операції Латарже у пацієнтів за звич-

ного вивиху плеча, при пошкодженні кісток на основі аналізу клініко—рентгенологічних показників і даних МРТ та їх зіставлення з результатами біомеханічного експерименту.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведене зіставлення показників у пацієнтів, яким з приводу звичного вивиху плеча здійснювали

стабілізацію плечового суглоба за Латарже, та даних біомеханічного експерименту — визначення НДС структур плечового суглоба в умовах дефекту СЗЛ та пошкодження Хілл—Сакса з застосуванням методу СЕ імітаційного комп'ютерного моделювання [9].

За період 2007 — 2011 рр. в умовах клініки операція Латарже виконана у 26 пацієнтів з приводу реалізованої нестабільності плечового суглоба. У 20 (76,9%) з них здійснена первинна стабілізація плечового суглоба; у 5 (19,2%) — виник рецидив реалізованої нестабільності плечового суглоба після артроскопічного втручання за Банкартом, у (3,8%) — після відкритої пластики капсули плечового суглоба за Путті—Плат.

Діагноз встановлювали на основі аналізу даних анамнезу захворювання, клінічного обстеження та інструментальних методів дослідження (рентгенографія, ультразвукове дослідження — УЗД, МРТ, комп'ютерна томографія — КТ). Рентгенографію проводили у трьох проекціях: передній, бічний та аксіальній. Оцінювали наявність, локалізацію та розміри дефекту СЗЛ за даними МРТ [10]. При виникненні сумнівів щодо розмірів дефекту додатково проводили КТ плечового суглоба.

Показаннями до виконання операції Латарже були виявлення за даними МРТ дефекту СЗЛ, що перевищував 20% її площі, та рецидив реалізованої нестабільності плечового суглоба після виконання стабілізуючих операцій на м'яких тканинах за наявності дефекту СЗЛ. За наявності менших кісткових дефектів виконували операцію Банкарта.

В усіх пацієнтів при рецидиві реалізованої нестабільності плечового суглоба розміри дефекту СЗЛ становили від 20 до 30% її загальної площі. Імпресійний перелом задньо—зовнішньої поверхні ГПК виявлений у 14 (53,8%) хворих. При пошкодженні Хілл—Сакса розміри дефекту не перевищували 20% загальної площі ГПК. Тому на комп'ютерній моделі плечового суглоба проаналізовані створені дефекти СЗЛ розмірами 30% її загальної площі та ГПК

розмірами 20% її загальної площі за різних положень верхньої кінцівки.

Амплітуда рухів у плечовому суглобі у віддаленому періоді після операції Латарже була такою: зовнішня ротація верхньої кінцівки у плечовому суглобі у середньому була на 22° менша, ніж інтактної кінцівки. У 5 спостереженнях, коли підлопатковий м'яз був прошитий з його вкороченням, обмеження зовнішньої ротації становило 30°. Зважаючи на обмеження зовнішньої ротації у пацієнтів за звичного вивиху плеча, вивчений вплив зовнішньої ротації на НДС СЗЛ та ГПК.

На основі аксіальних СКТ—сканів інтактного плечового суглоба, зроблених на комп'ютерному томографі Toshiba Asteion Super 4 (Японія), за допомогою програмного пакета Mimics в автоматичному та напівавтоматичному режимах відтворена просторова геометрія лопатки та проксимального відділу плечової кістки. Засобами Solid Works створені імітаційні комп'ютерні 3D—моделі елементів плечового суглоба, що включали лопатку, хрящ СЗЛ, проксимальний відділ плечової кістки, хрящ ГПК. Під час побудови моделі відтворені м'язи ротаторної манжети плеча, сухожилля довгої головки двоголового м'яза плеча та дельтоподібний м'яз.

Під час проведення експерименту лопатку вважали нерухомим об'єктом. Сила, прикладена ГПК до

суглобової поверхні лопатки, є рівнодіючою від дії сил м'язів ротаторної манжети плеча і спрямована в центр суглобового хряща. Сила тиску ГПК на СЗЛ становила 440 Н [11, 12].

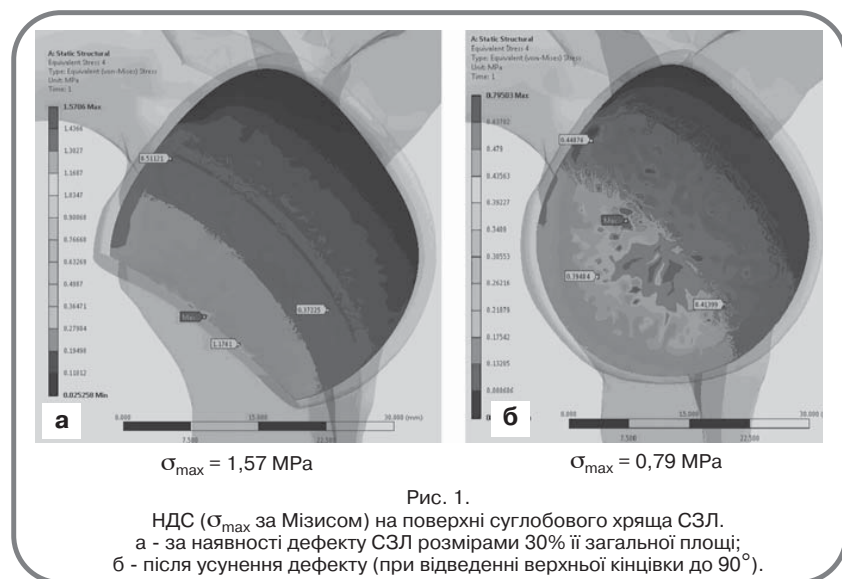
На подальших етапах моделювання імітували зовнішню ротацію верхньої кінцівки в плечовому суглобі на 45 і 90° (при відведенні на 90°) та вивчали зміни НДС основних елементів плечового суглоба.

Обчислення НДС моделі плечового суглоба ґрунтоване на застосуванні рівнянь механіки суцільного пружного середовища [13] для біомеханічної системи з визначеними фізико—механічними властивостями матеріалів та граничними умовами (функціями силового навантаження та пружних зв'язків, кінематичних обмежень), що відображають суттєві властивості об'єкту моделювання.

На наступному етапі модель експортована у програму ANSYS для обчислення НДС. В автоматичному режимі генерували СЕ сітку дискретної моделі, яка містила 156 868 вузлів та 86 153 елементи.

Детальний опис моделі наведений при вивченні впливу комбінованого ураження кісток на стабільність плечового суглоба [14].

Нами використане припущення про повне відновлення конгруентності СЗЛ після виконання операції Латарже. Тому зміни НДС елементів



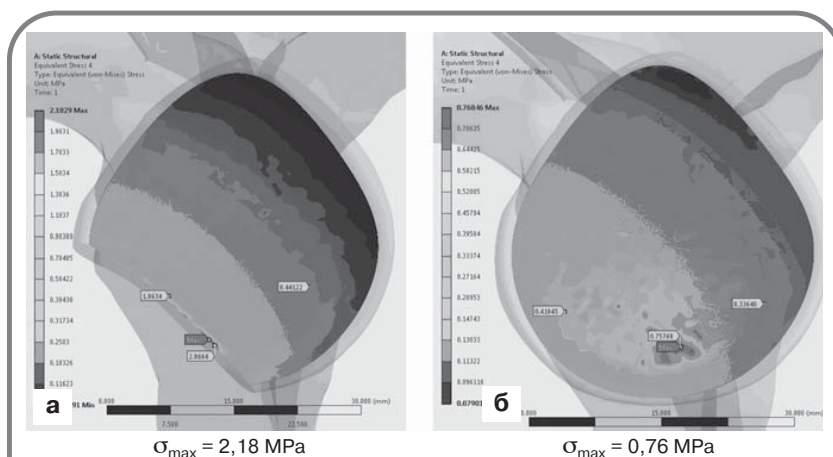


Рис. 2.

НДС на поверхні суглобового хряща СЗЛ.

а - за наявності дефекту СЗЛ розмірами 30% її загальної площі; б - після усунення дефекту (при відведенні верхньої кінцівки до 90° та її зовнішній ротації на 45°).

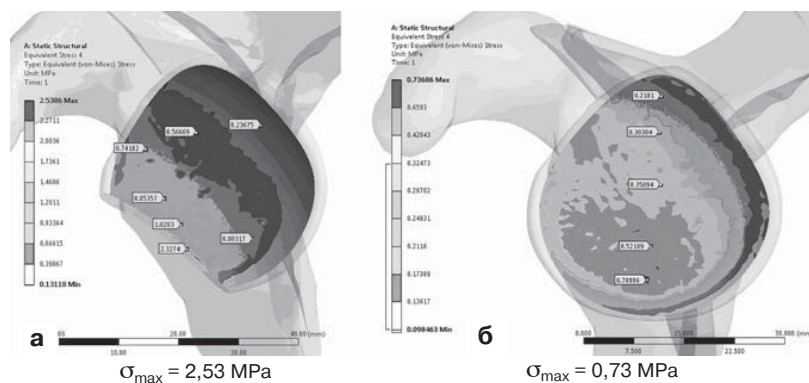


Рис. 3.

НДС на поверхні суглобового хряща СЗЛ.

а - за наявності дефекту СЗЛ розмірами 30% її загальної площі; б - після усунення дефекту (при відведенні верхньої кінцівки до 90° та її зовнішній ротації на 90°).

плечового суглоба вивчали за наявності дефектів та інтактної СЗЛ.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними проведеного дослідження визначені зміни показників НДС СЗЛ та ГПК до хірургічного втручання (при найбільших дефектах СЗЛ і ГПК та після умовного виконання операції Латарже) при відведенні верхньої кінцівки на 90° за відсутності зовнішньої ротації та при її зовнішній ротації на 45 і 90°.

При відведенні верхньої кінцівки на 90° максимальний НДС до хірургічного втручання перевищував аналогічний після умовного виконання операції Латарже на 198,7% (рис. 1). За наявності дефекту СЗЛ макси-

мальний НДС відзначали на краю центральних відділів дефекту, що в умовах динамічних рухів створює передумови до постійного "стирання" краю та "зісковзування" ГПК. Також встановлено, що після усунення дефекту спостерігали значне збільшення площі основного поля НДС та його переміщення в центральні відділи, що сприяло стабілізації плечового суглоба.

При відведенні верхньої кінцівки на 90° та її зовнішній ротації на 45° за наявності дефекту СЗЛ розмірами 30% її загальної площі (рис. 2) спостерігали зміщення максимального НДС у передньо—нижні відділи краю дефекту. Максимальний НДС за такого положення верхньої кінцівки при наявності дефекту на

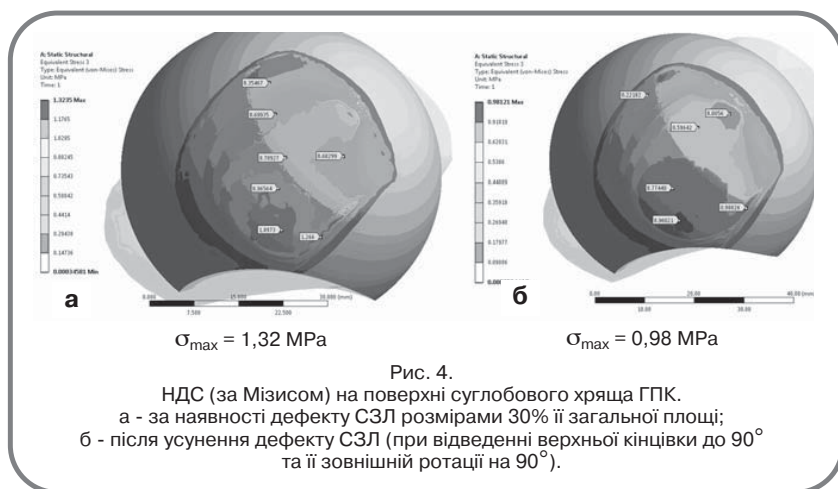
286,8% більше, ніж за його відсутності. Основне поле НДС за відсутності дефекту СЗЛ перемістилося в її центрально—нижні відділи. При поєднанні зовнішньої ротації на 45° та відведення верхньої кінцівки максимальний НДС зміщувався на край дефекту СЗЛ (збільшення відповідно на 286,8 та 198,7% у порівнянні з таким у нормі).

При відведенні верхньої кінцівки на 90° та її зовнішній ротації на 90° (рис. 3) за наявності дефекту СЗЛ розмірами 30% її загальної площі максимальне НДС був на 346,5% більше, ніж за його відсутності. Поле максимального НДС за наявності дефекту мінімальне за площею, локалізоване по краю дефекту СЗЛ, що створює біомеханічні передумови до виникнення вивиху.

Вивчені зміни НДС на ГПК за наявності максимального дефекту Хілл—Сакса (20% загальної площі ГПК) у пацієнтів, яким виконували операцію Латарже. При поєднанні дефекту СЗЛ розмірами 30% та ГПК розмірами 20% їх загальної площі максимальний НДС на ГПК становив 1,32 МПа, а після усунення дефекту СЗЛ — 0,98 МПа (рис. 4). Також спостерігали збільшення площі основного поля НДС на ГПК за відсутності дефекту СЗЛ, що свідчило про зменшення навантаження на суглобовий хрящ ГПК.

У міру збільшення зовнішньої ротації максимальний НДС на краю СЗЛ збільшувався (від 198,7 до 346,5% у порівнянні з таким інтактного суглоба). Тобто, обмеження зовнішньої ротації, виявлене у пацієнтів за звичного вивиху плеча, у віддаленому періоді після виконання операції Латарже має захисний ефект (зовнішня ротація верхньої кінцівки в плечовому суглобі у середньому на 22° менша, ніж на інтактній кінцівці).

Під час проведення біомеханічного експерименту застосовували також функцію "переміщення" — для визначення векторів та інтенсивності переміщення ГПК по відношенню до СЗЛ. Для хряща СЗЛ задавали окремо вісь координат, де Y — циліндрична координата, по якій визначали переміщення. При відведенні верхньої кінцівки на 90° та її



зовнішній ротації на 45° за наявності дефекту СЗЛ розмірами 30% її загальної площі максимальне переміщення становило 0,18 мм і спрямоване у передньо—нижньому напрямку; після усунення дефекту — максимальне переміщення зменшувалося утричі і становило 0,06 мм, при цьому вектор змінювався з передньо—нижнього на передній. Оскільки у пацієнтів за звичного ви-

вику плеча капсула плечового суглоба максимально розтягнута у передньо—нижніх відділах (карман Риделя), зміна вектора переміщення має принципове значення.

#### ВИСНОВКИ

1. При відведенні верхньої кінцівки на 90° максимальний НДС на поверхні суглобового хряща СЗЛ за наявності її дефекту розмірами

30% загальної площі до операції Латарже на 198,7% більше, ніж після її умовного виконання; при відведенні верхньої кінцівки на 90° та її зовнішній ротації на 45° — на 286,8%; при відведенні верхньої кінцівки на 90° та її зовнішній ротації на 90° — на 346,5%.

2. Після усунення дефекту СЗЛ змінюється локалізація максимального НДС від краю кісткового дефекту до його центральних відділів.

3. При поєднанні дефекту СЗЛ та пошкодження Хілл—Сакса після виконання операції Латарже на ГПК максимальне НДС знижується, площа основного поля НДС — збільшується.

4. Після усунення дефекту СЗП вектор сили переміщення в плечовому суглобі змінюється з передньо—нижнього на передній.

5. Обмеження зовнішньої ротації після виконання операції Латарже зумовлює зменшення максимального НДС на краю СЗЛ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Open Bankart repair versus arthroscopic repair with transglenoid sutures or bioabsorbable tacks for recurrent anterior instability of the shoulder: A meta-analysis / K. B. Freedman, A. P. Smith, A. A. Romeo [et al.] // *Am. J. Sports Med.* — 2004. — Vol. 32. — P. 1520 — 1525.
2. Management of bone loss associated with recurrent anterior glenohumeral instability / A. L. Chen, S. A. Hunt, R. J. Hawkins, J. D. Zuckerman // *Ibid.* — 2005. — Vol. 33. — P. 912 — 925.
3. Lafosse L. Arthroscopic Latarjet procedure / L. Lafosse, S. Boyle // *J. Shoulder Elbow Surg.* — 2010. — Vol. 19. — P. 2 — 12.
4. Latarjet M. Treatment of recurrent dislocation of the shoulder / *M. Latarjet // Lyon Chir.* — 1954. — Vol. 49. — P. 994 — 997.
5. The arthroscopic Latarjet procedure for the treatment of anterior shoulder instability / L. Lafosse, E. Lejeune, A. Bouchard [et al.] // *Arthroscopy.* — 2007. — Vol. 23. — P. 1242 — 1242.
6. Agneskirchner J. D. Transfer of the coracoid process in recurrent anterior instability of the shoulder joint: The arthroscopic Latarjet procedure / J. D. Agneskirchner, L. Lafosse // *Oper. Orthop. Traumatol.* — 2014. — Vol. 26, N 3. — P. 296 — 306.
7. A combination of Latarjet and Remplissage for treatment of severe glenohumeral instability and bone loss. A case report / J. O. Ranne, J. J. Sarimo, O. J. Heinonen, S. Y. Orava // *J. Orthop.* — 2013. — Vol. 10, N 1. — P. 46 — 48.
8. Biomechanical comparison of open and arthroscopic Latarjet procedures / J. Schulze—Borges, J. D. Agneskirchner, E. Bobrowitsch [et al.] // *Arthroscopy.* — 2013. — Vol. 29, N 4. — P. 630 — 637.
9. Bathe K. J. Finite element procedures in engineering analysis / K. J. Bathe. — New Jersey: Englewood Cliffs, 1982. — 735 p.
10. Quantification of a glenoid defect with three-dimensional computed tomography and magnetic resonance imaging: a cadaveric study / P. E. Huijsmans, P. S. Haen, M. Kidd [et al.] // *J. Shoulder Elbow Surg.* — 2007. — Vol. 16, N 6. — P. 803 — 809.
11. Glenohumeral articular contact areas and pressures following labral and osseous injury to the anteroinferior quadrant of the glenoid / P. E. Greis, M. G. Scuderi, A. Mohr // *Ibid.* — 2002. — Vol. 11, N 5. — P. 442 — 451.
12. Articular contact patterns of the normal glenohumeral joint / J. J. Warner, M. K. Bowen, X. H. Deng [et al.] // *Ibid.* — 1998. — Vol. 7, N 4. — P. 381 — 388.
13. Бегун П. И. Биомеханика: учебник для вузов / П. И. Бегун, Ю. А. Шукейло. — СПб.: Политехника, 2000. — 463 с.
14. Вплив поєднаної кісткової патології на стабільність плечового суглоба / І. А. Лазарев, С. С. Страфун, І. В. Гомонай, М. В. Скибан // *Вісн. травматології, ортопедії та протезування.* — 2014. — № 1(80). — С. 41 — 46.

