



ISSN 0132-2486

# ВІСНИК

*ортопедії, травматології та протезування*

3

110 | 2021

*український науково-практичний журнал*

ВГО "УКРАЇНЬСЬКА АСОЦІАЦІЯ  
ОРТОПЕДІВ-ТРАВМАТОЛОГІВ"

ВГО "УКРАЇНЬСЬКА АСОЦІАЦІЯ  
СПОРТИВНОЇ ТРАВМАТОЛОГІЇ,  
ХІРУРГІЇ КОЛІНА ТА АРТРОСКОПІЇ"

ДУ "ІНСТИТУТ ТРАВМАТОЛОГІЇ  
ТА ОРТОПЕДІЇ НАМН УКРАЇНИ"

AUPO "Ukrainian Association  
of Orthopedists and Traumatologists"  
AUPO "Ukrainian Association of Sports  
Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy"  
SI "Institute of Traumatology  
and Orthopedics of NAMS of Ukraine"

## HERALD OF ORTHOPEDICS, TRAUMATOLOGY AND PROSTHETICS

Ukrainian Journal of Research and Practice

Established in October 1999  
Published 4 times a year

3 (110) – 2021

### EDITORIAL BOARD

**Editor-in-Chief S.S. Strafun**  
**Executive secretary O.O. Kostруб**  
**Scientific Editor A.P. Liabakh**

M.L. Ankin (Kyiv, Ukraine)  
O.A. Bur'yanov (Kyiv, Ukraine)  
C.N. van Dijk (Amsterdam, Netherlands)  
O.V. Dolhopolov (Kyiv, Ukraine)  
V.V. Filipchuk (Kyiv, Ukraine)  
V.A. Filipenko (Kharkiv, Ukraine)  
I.V. Fishchenko (Kyiv, Ukraine)  
G.V. Gayko (Kyiv, Ukraine)  
M.O. Gerasimenko (Minsk, Belarus)  
S.I. Gerasymenko (Kyiv, Ukraine)  
M.P. Grytsay (Kyiv, Ukraine)  
Y.M. Guk (Kyiv, Ukraine)  
O.G. Haiko (Kyiv, Ukraine)  
V.V. Hryhorovskiy (Kyiv, Ukraine)  
A.V. Kalashnikov (Kyiv, Ukraine)  
V.G. Klymovitskiy (Donetsk, Ukraine)  
M.O. Korzh (Kharkiv, Ukraine)  
I.M. Kurinnyi (Kyiv, Ukraine)  
O.E. Loskutov (Dnipro, Ukraine)  
S. Magomedov (Kyiv, Ukraine)  
W.J. Marzcynski (Warsaw, Poland)  
Ph. Neiret (Lyon, France)  
J.A. Nyland (Louisville, USA)  
I.V. Poliachenko (Kyiv, Ukraine)  
V.V. Povoroznyuk (Kyiv, Ukraine)  
V.O. Radchenko (Kharkiv, Ukraine)  
R. Seil (Luxembourg)  
A.T. Stashkevych (Kyiv, Ukraine)  
I.V. Roy (Kyiv, Ukraine)  
I.M. Zazirnyi (Kyiv, Ukraine)

Herald of Orthopedics,  
Traumatology and Prosthetics

<http://visnyk.uaot.com.ua>

Bulvarno-Kudriavska St., 27,  
Kyiv, Ukraine 01601  
Tel/Fax: +38 (044) 486-66-28  
[atou@ukr.net](mailto:atou@ukr.net)

ВГО "Українська асоціація ортопедів-травматологів"  
ВГО "Українська асоціація спортивної травматології,  
хірургії коліна та артроскопії"  
ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України"

## ВІСНИК ОРТОПЕДІЇ, ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ  
Заснований у жовтні 1999 р. Видається 4 рази на рік

3 (110) – 2021

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Головний редактор С.С. Страфун**  
**Відповідальний секретар О.О. Коструб**  
**Науковий редактор А.П. Лябах**

M.L. Ankin (Київ)  
O.A. Bur'yanov (Київ)  
O.G. Gayko (Київ)  
Г.В. Гайко (Київ)  
M.O. Герасименко (Мінськ, Білорусь)  
С.І. Герасименко (Київ)  
В.В. Григоровський (Київ)  
М.П. Грицай (Київ)  
Ю.М. Гук (Київ)  
К.Н. ван Дайк (Амстердам, Нідерланди)  
O.V. Долгополов (Київ)  
І.М. Зазірний (Київ)  
А.В. Калашніков (Київ)  
В.Г. Климовицький (Донецьк)  
М.О. Корж (Харків)  
І.М. Курінний (Київ)  
O.E. Лоскутов (Дніпро)  
С. Магомедов (Київ)  
В.Й. Марчинський (Варшава, Польща)  
Ф. Нейрет (Ліон, Франція)  
Д.А. Найланд (Луїсвілл, США)  
В.В. Поворознюк (Київ)  
Ю.В. Поляченко (Київ)  
В.О. Радченко (Харків)  
І.В. Рой (Київ)  
Р. Сейл (Люксембург)  
А.Т. Шашкевич (Київ)  
В.А. Філіпенко (Харків)  
В.В. Філіпчук (Київ)  
Я.В. Фіщенко (Київ)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:  
серія KB № 21234-11034 ПР від 04.03.2015 р. ISSN 0132-2486.  
Журнал внесено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть  
публікуватися результати дисертаційних робіт у галузі медичних наук  
(Наказ Міністерства освіти і науки України № 1021 від 07.10.2015 р.).  
Адреса редакції: 01601, Україна, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.  
Тел.: (044) 486-42-49, 486-60-65, тел./факс: (044) 486-66-28, e-mail: [atou@ukr.net](mailto:atou@ukr.net).  
Веб-сайт журналу: <http://visnyk.uaot.com.ua>.

Статті, що надходять до журналу, рецензуються за процедурою double-blind.  
Електронні копії опублікованих статей передаються до Національної бібліотеки  
ім. В.І. Вернадського для вільного доступу в режимі on-line.  
Усі права захищені. Будь-яке відтворення матеріалів або фрагментів із них можливе  
лише за письмовою згодою авторів і редакції, посилання на видання обов'язкове.  
Редакція залишає за собою право редагувати подані матеріали.  
Відповідальність за зміст реклами несе рекламодавець.  
За зміст публікацій, достовірність фактів, цитат,  
власних назв та інших відомостей відповідають автори.  
Рекомендовано до друку вченою радою ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН  
України" (протокол № 1 від 18.01.2022 р.)

## ЗМІСТ

<b>Страфун С.С., Безуглий А.А., Тимошенко С.В., Страфун О.С., Богдан С.В., Гайович І.В., Лисак А.С., Юрійчук Л.М.</b> Аналіз структури контрактур суглобів верхньої кінцівки ..... 4	<b>Strafun S.S., Bezuhlyi A.A., Tymoshenko S.V., Strafun O.S., Bohdan S.V., Haiovych I.V., Lysak A.S., Yuriichuk L.M.</b> Analysis of the Structure of Contractures of the Upper Limb Joints ..... 4
<b>Рой І.В., Борзих Н.О., Чернявський О.А., Кравчук Л.Д., Русанов А.П., Катюкова Л.Д., Ячнік С.П.</b> Оцінка ефективності використання методики постізометричної релаксації (ПІР) та вправ на апараті механотерапії в післяопераційний період у пацієнтів з ушкодженням ротаторної манжети плеча ..... 13	<b>Roi I.V., Borzykh N.O., Cherniavskiy O.A., Kravchuk L.D., Rusanov A.P., Katiukova L.D., Yachnik S.P.</b> Evaluation of the Effectiveness of Using the Post-Isometric Relaxation (PIR) Technique and Exercises on the Mechanotherapy Apparatus in the Postoperative Period in Patients with Damage to the Rotator Cuff of the Shoulder ..... 13
<b>Гюлюк Є.Л., Поляченко Ю.В., Страфун С.С., Гайович І.В., Пшеничний Т.Є.</b> Концептуальні засади застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів ..... 20	<b>Holiuk Ye.L., Poliachenko Yu.V., Strafun S.S., Haiovych I.V., Pshenychnyi T.Ie.</b> Conceptual Bases of Application of Regenerative Technologies in Osteoarthritis and Avascular Necrosis of the Hip and Knee Joints ..... 20
<b>Сулима В.С., Валовіна Ю.Д., Сабсай О.В., Макаров В.Б., Валовіна Н.Ю., Бігун Р.Р., Кузь У.В.</b> Функціональні результати остеосинтезу цефаломедулярним стрижнем черезвертлюгових переломів у хворих похилого і старечого віку ..... 28	<b>Sulyma V.S., Valovina Yu.D., Sabsai O.V., Makarov V.B., Valovina N.Yu., Bihun R.R., Kuz U.V.</b> Functional Results of Cephalomedullary Nail Osteosynthesis of Transtrochanteric Fractures in Elderly Patients ..... 28
<b>Гацький О.О., Третяк І.Б., Цимбалюк В.І., Базік О.М., Цимбалюк Я.В.</b> Патологічні рухові феномени в променево-зап'ястковому суглобі після транспозиції круглого пронатора при дисфункції м'язів задньої поверхні передпліччя, зумовленої денерваційним процесом травматичного генезу ..... 35	<b>Hatskyi O.O., Tretiak I.B., Tsybaliuk V.I., Bazik O.M., Tsybaliuk Ya.V.</b> Pathological Locomotor Phenomena in the Wrist Joint Associated with Transposition of the Pronator Teres at Dysfunction of the Muscles of the Posterior Surface of the Forearm Caused by Denervation Process of Traumatic Genesis ..... 35

<b>Марциняк С.М., Немеш М.М., Кабацій М.С., Мороз Д.М., Савчин Н.Б.</b> Диференційований підхід до оперативного лікування хвороби Блаунта та рахітоподібних захворювань ..... 48	<b>Martsyniak S.M., Nemesh M.M., Kabatsii M.S., Moroz D.M., Savchyn N.B.</b> Differentiated Approach to Surgical Treatment of Blount's Disease and Rickets-Like Diseases ..... 48
<b>Gerasymenko S.I., Lazarev I.A., Gerasymenko A.S., Babko A.M., Poluliakh M.V., Litvynenko Yu.V., Zhyrnov O.V., Malovanyi S.D., Maksymishyn O.M.</b> Biomechanical Analysis of the Joint and Muscle Forces of the Lower Extremities in Walking of Rheumatoid Arthritis Patient ..... 58	<b>Герасименко С.І., Лазарев І.А., Герасименко А.С., Бабко А.М., Полулях М.В., Литвиненко Ю.В., Жирнов О.В., Мальований С.Д., Максимішин О.М.</b> Біомеханічний аналіз суглобових і м'язових сил нижніх кінцівок в акті ходьби при ревматоїдному артриті ..... 58
<b>Страфун С.С., Козаренко Т.М., Негря Н.М.</b> Особливості артрозу плечового суглоба в умовах первинно реалізованої нестабільності плечового суглоба та у випадку її поєднання з ушкодженням ротаторної манжети плеча за даними магнітно-резонансної томографії та артроскопії ..... 67	<b>Strafun S.S., Kozarenko T.M., Nehria N.M.</b> Features of Arthrosis of the Shoulder Joint in the Conditions of Initially Realized Shoulder Instability and in Case of its Combination with Damage to the Rotator Cuff According to Magnetic Resonance Imaging and Arthroscopy ..... 67
<b>ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>LITERATURE REVIEW</b>
<b>Скобенко Є.О., Кваша В.П., Купрій В.О.</b> Ушкодження передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ): сучасна стратегія оперативного лікування (Огляд) ..... 75	<b>Skobenko Ye.O., Kvasha V.P., Kuprii V.O.</b> Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries: Modern Strategy of Surgical Treatment (Review) ..... 75
<b>ІНФОРМАЦІЯ</b>	<b>INFORMATION</b>
Ювілей: <b>Гайко Георгій Васильович</b> ..... 82	Jubilee: <b>Gayko Georgiy Vasyliovych</b> ..... 82
Некролог: <b>Попов Василь Антонович</b> ..... 84	Obituary: <b>Popov Vasyi Antonovych</b> ..... 84
Умови публікації в журналі “Вісник ортопедії, травматології та протезування” ..... 86	Terms of Publication in the Journal “Visnyk Ortopedii, Travmatolohii ta Protezuvannia” ..... 86



## Аналіз структури контрактур суглобів верхньої кінцівки

Страфун С.С.<sup>1</sup>, Безуглий А.А.<sup>1</sup>, Тимошенко С.В.<sup>1</sup>,  
 Страфун О.С.<sup>1</sup>, Богдан С.В.<sup>1</sup> ✉, Гайович І.В.<sup>1</sup>,  
 Лисак А.С.<sup>1</sup>, Юрійчук Л.М.<sup>2</sup>

**Резюме.** Аналіз обмежень амплітуди рухів у суглобах традиційно розглядається з позицій окремих нозологій, що їх спричиняють, проте системні результати зворотного синдромологічного підходу до вивчення контрактур публікуються лише епізодично. **Мета.** Визначити структуру, причини виникнення, характер та тяжкість контрактур суглобів верхньої кінцівки. **Матеріали і методи.** На великому масиві (16710 пацієнтів) проаналізовано структуру контрактур суглобів верхньої кінцівки внаслідок травм та захворювань. Оцінювався розподіл за локалізацією, етіологією, ступенем тяжкості контрактури, статевую та віковою приналежністю, а також взаємозв'язок між типом та локалізацією контрактури. Простежена динаміка розвитку контрактур та кількість необхідних хірургічних втручань. **Результати.** Обмеження рухів у суглобах верхньої кінцівки було зареєстроване у 5450 випадках з 16710 (32,6%), із них у пацієнтів чоловічої статі – 3485 (63,9%), жіночої – 1965 (36,1%). У процесі реконструктивно-відновного лікування хворим було виконано 7892 операцій. Найчастіше це були контрактури суглобів пальців кисті (42,5%), плечового (26,9%), ліктьового (13,4%), кистьового суглобів (13,3%), рідше – радіоульнарні контрактури (3,9%). Так, контрактуру ліктьового, радіоульнарного і кистьового суглобів найчастіше спричиняє кістково-хрящове ураження, суглобів пальців – поліетіологічний компонент, плечового – рівномірний розподіл поміж десмогенним, міогенним та кістково-хрящовим ураженням. Більшість контрактур була середньої тяжкості. Хірургічне лікування контрактур було багатоетапним для пальців кисті (1,91±1,35 операції) і переважно одноментним для плечового суглоба (1,34±0,81 операції). Найбільш поліструктурними були бойові ураження, ішемічні та контрактури пальців (2,53±1,22; 2,52±1,34 та 2,5±1,24 структури, відповідно), а найменш – радіоульнарні контрактури (1,59±1,34 структури). Радіоульнарні контрактури в 37,3% випадків супроводжуються контрактурами пальців, проте зворотний зв'язок наявний лише в 1,2%. Відмічено, що контрактури радіоульнарних суглобів нерідко супроводжуються обмеженням рухів у ліктьовому та кистьовому суглобах – в 34,9 та 56,6% випадків, відповідно. Водночас зворотна залежність поєднання контрактур у кистьовому та ліктьовому суглобах із радіоульнарними не дуже висока – 4,2% та 6% випадків, відповідно. **Висновки.** У хворих, які госпіталізовані для високоспеціалізованого хірургічного лікування патології верхньої кінцівки, контрактури суглобів останньої характеризуються поліетіологічністю, середнім та тяжким ступенем, викликані здебільшого порушенням кістково-хрящових структур та їх поєднанням із десмогенними, теногенними та міогенними ураженнями, простежуються специфічні взаємозв'язки за локалізацією та взаємообтяженням, швидкістю прогресування. Як правило, контрактури верхньої кінцівки мають застарілий характер і потребують багатоетапного хірургічного лікування.

**Ключові слова:** контрактури; верхня кінцівка; суглоби; вогнепальні поранення; ішемічні ушкодження; взаємозв'язки.

✉ Богдан С.В., sergey-mena@ukr.net

<sup>1</sup> ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

<sup>2</sup> Івано-Франківська обласна клінічна лікарня, м. Івано-Франківськ

## Вступ

Як правило, у більшості публікацій аналіз обмежень амплітуди рухів у суглобах розглядається з позицій окремих нозологій, що їх спричиняють [1, 2, 3]. Нижче викладена наша спроба узагальнити особливості виникнення та розвитку контрактур суглобів верхньої кінцівки як системного, синдромального явища, а також окреслити такі особливості контрактур, як їх тяжкість (ступінь), час існування, структурну складову травм, що призводять до цих контрактур, та кількісні взаємозв'язки між контрактурами різних суглобів верхньої кінцівки, кількість необхідних втручань для їх лікування [1, 4, 5]. Це дозволить уточнити особливості етіології та патогенезу контрактур суглобів верхньої кінцівки, окреслити пріоритети їх лікування та скласти орієнтовний прогноз щодо результатів, оцінити сили та засоби для комплексу необхідної медичної реабілітації [4, 6].

**Мета** – визначити структуру, причини виникнення, характер та тяжкість контрактур суглобів верхньої кінцівки.

## Матеріали і методи

Проаналізовані дані історій хвороби пацієнтів, що проходили стаціонарне лікування у відділі мікрохірургії та реконструктивної хірургії верхньої кінцівки ДУ “ІТО НАМН України”. За останні 20 років (2001-2021 рр.) проліковано 16710 хворих: чоловіків – 10712 (64,1%), жінок – 5998 (35,9%) з ураженнями верхньої та нижньої кінцівок. Усього виконано 21635 оперативних втручань.

**Критерії включення:** наявність контрактур суглобів верхньої кінцівки в осіб віком 19-80 років, що проходили стаціонарне лікування з приводу наслідків ушкоджень та захворювань верхніх кінцівок. Контрактури вивчені за наступними рівнями (суглобами): плечовий, ліктьовий, радіоульнарні суглоби, кистьовий та суглоби пальців кисті.

**Критерії виключення:** особи віком до 18 років, наявність активного гнійно-запального процесу на верхній кінцівці.

При узагальненні архівного матеріалу використовувалась база даних ДУ “ІТО НАМН України” в середовищі Microsoft Access. Аналіз проводився за типом і кількістю уражених структур верхньої кінцівки, вивчався час травми, терміни та особливості хірургічних втручань, вираженість болювого синдрому. Контрактури визначались на основі амплітудних та суб'єктивних характеристик як **тяжкі** – при низькоамплітудному (до 30% амплітуди) малому та болючому діапазоні рухів, що унеможливує основну функцію суглоба, як

**середні** (30-60% амплітуди) – ті, що обмежують, проте частково забезпечують основні біомеханічні вимоги до суглоба, і як **легкі**, які не обмежують інтегральну функцію кінцівки та лікуванням яких можна знехтувати.

За основними причинами виділяли та реєстрували кістково-хрящові контрактури (пов'язані з кістково-суглобовими деформаціями та інконгруентностями), теногенні (рубцеві блоки відповідних сухожилків), десмогенні (пов'язані з рубцюванням капсули суглоба та його зв'язок), міогенні (фіброзне ураження м'язового черевця), больові (анталгічні установки в суглобах), дерматогенні (рубцево змінена шкіра, яка обмежує функцію суглоба), периферійні і центральні неврогенні, та окремо – поліетіологічні контрактури.

## Результати

Обмеження рухів у суглобах верхньої кінцівки було зареєстроване у 5450 випадках серед 16710 госпіталізованих хворих і склало (32,6%), з них чоловічої статі – 3485 (63,9%), жіночої – 1965 (36,1%). У процесі реконструктивно-відновного лікування їм було виконано 7892 операції.

У структурі контрактур найчастіше зустрічалися контрактури суглобів пальців – у 2496 (42,5%) хворих, плечового – 1580 (26,9%), ліктьового – 788 (13,4%), кистьового – у 781 (13,3%), радіоульнарних суглобів – у 231 (3,9%). З них 109 хворих постраждали внаслідок бойової та вогнепальної травми і 134 хворі – внаслідок ішемічної контрактури м'язів передпліччя та кисті. Усього за рівнями контрактур спостерігалось 5876 випадків.

Суглоби правої верхньої кінцівки страждали значно частіше, ніж лівої. Окрім травм, обмеження рухів супроводжувало такі захворювання, як контрактура Дюпюїтрена, адгезивний капсуліт, ревматоїдний артрит, хвороби Кінбека, Прайзера, Нотта, ДЦП та ін., при яких страждають кістки, хрящ, капсула суглоба або навколосуглобові структури. Захворювання частіше провокують двобічні контрактури в порівнянні з травмами. Так, хвороба Дюпюїтрена в структурі контрактур верхньої кінцівки зустрічалася в 576/5450 (10,6%) випадках. Унаслідок цього контрактури з обох боків спостерігалися частіше на рівні суглобів пальців (табл. 1).

Про справжнє обмеження рухів можна сказати через певний час після травми або початку захворювання. Ми не брали до уваги свіжі травми та переломи, де теж можуть бути обмеження рухів. Як правило, пацієнти звертаються зі скаргами на останні вже згодом, коли минають наслідки самої травми та проведені реабілітаційні заходи.

Як виявилося, є відмінність у швидкості звернення до лікаря при контрактурах між різними група-

Таблиця 1

**Бік ураження суглобів верхньої кінцівки**

Бік	Плечовий	Ліктьовий	Радіоульнарні суглоби	Кистьовий	Суглоби пальців	Усього
Лівий	625 (39,6%)	383 (48,6%)	113 (48,9%)	341 (43,7%)	1011 (40,5%)	2473 (42,1%)
Правий	915 (57,9%)	394 (50,0%)	113 (48,9%)	421 (53,9%)	1250 (50,1%)	3093 (52,6%)
Обидва	40 (2,5%)	11 (1,4%)	5 (2,2%)	19 (2,4%)	235 (9,4%)	310 (5,3%)
<b>Усього</b>	<b>1580 (100%)</b>	<b>788 (100%)</b>	<b>231 (100%)</b>	<b>781 (100%)</b>	<b>2496 (100%)</b>	<b>5876 (100%)</b>

ми пацієнтів. Це може опосередковано свідчити про ступінь порушення функції та больового синдрому, які спонукають хворого шукати спеціалізовану допомогу. Найбільш коротким (у середньому до півроку) цей термін був у пацієнтів з обмеженням рухів у плечовому суглобі та пронаційно-супінаційних рухів передпліччя, водночас найдовше (близько 2 років) хворі можуть миритися з обмеженням рухів у кистьовому суглобі (табл. 2).

Таблиця 2

**Давність травми**

Контрактури суглобів	Середня давність травми (діб)
Плечового	246,2±1891,0
Ліктьового	519,5±1084,5
Радіоульнарних	247,7±712,5
Кистьового	607,3±1456,0
Пальців	486,1±1848,0

Причин обмеження рухів насправді може бути значно більше. Ми спробували виділити основні універсальні чинники контрактур різних суглобів, які наведені нижче (табл. 3).

За ступенем тяжкості контрактури мали дещо нерівномірний розподіл (табл. 4).

Таким чином, при патології ліктьового, кистьового, радіоульнарних суглобів та суглобів пальців хворі звертались за медичною допомогою переважно із середнім ступенем обмеження амплітуди рухів, а для плечового суглоба був характерний рівномірний розподіл за ступенем контрактури. Лікування контрактур у віддаленому періоді після травм потребувало диференційованого підходу. Монокомпонентні контрактури можна усунути в ході

однієї операції, тоді як багатокомпонентні потребують декількох втручань для відновлення пасивної та активної функції суглобів (табл. 5). Найвища кількість реконструктивних втручань була необхідна за наявності у хворих пронаційно-супінаційних контрактур передпліччя. Травми пальців посідають друге місце за кількістю необхідних відновних втручань. Найменше втручань необхідно для відновлення функції плечового суглоба.

Ми обрахували кількість типів анатомічних структур, які були уражені у хворих із контрактурами (кістки, суглобові структури, м'язи, сухожилки, нерви, судини, шкіра) для кожного з суглобів, а також при ішемічній контрактурі і наслідках бойової травми та середні показники для всіх хворих із контрактурами суглобів верхньої кінцівки (табл. 6).

Достатньо складною і багатокомпонентною проблемою є лікування поєднаних контрактур суглобів на різних рівнях верхньої кінцівки. Зрозуміло, що анатомічна спорідненість відіграє найбільшу роль у поєднанні контрактур. Так, найчастіше контрактури в кистьовому суглобі були пов'язані з пронаційно-супінаційними контрактурами передпліччя за рахунок анатомічного входження дистального радіоульнарного суглоба до складу кистьового. Також відмічене часте поєднання обмеження рухів у кистьовому суглобі та суглобах пальців при відкритих травмах, що пов'язане з механічним ураженням сухожилків згиначів та розгиначів пальців кисті, які проходять над кистьовим суглобом. Водночас можна простежити феномен асиметрії впливу у поєднанні контрактур. Радіоульнарні контрактури в 37,3% випадків супроводжуються обмеженням рухів у суглобах пальців, тоді як контрактури в суглобах пальців лише в 1,2% супроводжуються обмеженнями пронаційно-супінаційних рухів передпліччя. Подібна асиметрична картина простежується щодо

Таблиця 3

**Співвідношення основних причин контрактур**

Основна причина контрактури	Плечовий суглоб	Ліктьовий суглоб	Радіоульнарні суглоби	Кистьовий суглоб	Суглоби пальців
Больова	33 (2,1%)	19 (2,4%)	-	13 (1,7%)	2 (0,1%)
Дерматогенна	2 (0,1%)	2 (0,3%)	-	2 (0,3%)	584 (23,4%)
Капсулярна (десмогенна)	422 (26,7%)	269 (34,1%)	12 (5,2%)	56 (7,2%)	187 (7,5%)
Кістково-хрящова	505 (32%)	384 (48,7%)	179 (77,5%)	601 (77,0%)	252 (10,1%)
Міогенна	516 (32,7%)	14 (1,8%)	4 (1,7%)	8 (1,0%)	6 (0,2%)
Неврогенна периферійна	(0%)	(0%)	2 (0,9%)	15 (1,9%)	10 (0,4%)
Поліетіологічні	41 (2,6%)	76 (9,6%)	29 (12,6%)	56 (7,2%)	1122 (45%)
Теногенна	28 (1,8%)	2 (0,3%)	-	18 (2,3%)	327 (13,1%)
Центральні неврогенні	33 (2,1%)	22 (2,8%)	5 (2,2%)	12 (1,5%)	6 (0,2%)
<b>Усього</b>	<b>1580 (100%)</b>	<b>788 (100%)</b>	<b>231 (100%)</b>	<b>781 (100%)</b>	<b>2496 (100%)</b>

Таблиця 4

**Ступінь контрактури в суглобах верхньої кінцівки (кількість пацієнтів кожного ступеня)**

Ступінь	Плечовий	Ліктьовий	Радіоульнарні	Кистьовий	Пальців	Усього
Легкий	565	123	60	143	372	1263
Середній	506	459	124	490	1134	2713
Тяжкий	509	206	47	148	990	1900
<b>Усього</b>	<b>1580</b>	<b>788</b>	<b>231</b>	<b>781</b>	<b>2496</b>	<b>5876</b>

Таблиця 5

**Середня кількість реконструктивно-відновних операцій при лікуванні хворих із післятравматичними контрактурами різних суглобів**

Контрактури суглобів	Середня к-ть операцій
Плечового	1,34±0,81
Ліктьового	1,82±1,14
Радіоульнарних	1,96±1,43
Кистьового	1,57±1,24
Пальці кисті	1,91±1,35

Таблиця 6

**Середня кількість типів ушкоджених структур при післятравматичних контрактурах верхньої кінцівки**

Контрактури суглобів	Середня к-ть типів уражених структур
Плечового	2,00±1,05
Ліктьового	1,99±0,90
Радіоульнарних	1,59±1,34
Кистьового	1,97±1,12
Пальців	2,50±1,24
Бойова травма	2,53±1,22
Ішемічна	2,52±1,34
Контрактура середня	2,13±1,10

Таблиця 7

**Частота поєднання контрактур суглобів верхньої кінцівки**

Суглоби	Плечовий	Ліктювий	Радіоульнарні	Кистьовий	Пальців
Плечовий	-	47/788 (5,96%)	7/231 (3,03%)	13/781 (1,66%)	17/2496 (0,68%)
Ліктювий	47/1580 (2,97%)	-	58/231 (25,11%)	39/781 (4,99%)	43/2496 (1,72%)
Радіоульнарні	7/1580 (0,44%)	58/788 (7,36%)	-	189/781 (24,2%)	39/2496 (1,56%)
Кистьовий	13/1580 (0,82%)	39/788 (4,95%)	189/231 (81,82%)	-	91/2496 (3,65%)
Пальців кисті	17/1580 (1,08%)	43/788 (5,46%)	39/231 (16,88%)	91/781 (11,65%)	-
<b>Усього</b>	<b>1580 (100%)</b>	<b>788 (100%)</b>	<b>231 (100%)</b>	<b>781 (100%)</b>	<b>2496 (100%)</b>

контрактур у суглобах пальців та кистьового суглоба. Також відмічено, що контрактири радіоульнарних суглобів дуже часто супроводжуються обмеженням рухів у ліктювому та кистьовому суглобах – у 34,9 та 56,6%, відповідно. Водночас зворотна залежність поєднання контрактур у кистьовому та ліктювому суглобах із радіоульнарними не дуже висока – 4,2% та 6%, відповідно (табл. 7).

### Дискусія

Біомеханіка різних суглобів верхньої кінцівки достатньо складна і спрямована на виконання інтегральної функції. Стабільність кожного з більш проксимальних суглобів важлива для функції більш дистального [8, 9, 10]. Урешті, функція всіх пальців забезпечує захват і за рахунок рухів плечового та ліктювого суглобів – переміщення предметів у просторі.

Для гармонійного функціонування верхньої кінцівки важлива функція всіх її суглобів. Якщо розділити функцію суглобів руки, то плечовий (кореневий комплексний, анатомічно багатокомпонентний суглоб) забезпечує засіб доставлення кисті-маніпулятора у верхню та частково в дорзальну напівсфери, ліктювий – найважливіший засіб доставлення до рота і промежини, його контрактура грубо порушує якість життя пацієнта. У свою чергу контрактура кистьового суглоба унеможлиблює маніпулювання кисті у тісному просторі (робота автослюсаря, сантехніка), а вадні установки зап'ястка в крайніх положеннях зводять нанівець нормальну функцію інших суглобів. Грубі контрактири пальців кисті унемож-

ливають основні захвати, забираючи інтелектуально-філософську людську сутність верхньої кінцівки і залишаючи руці лише примітивні функції.

Можна виділити контрактири, які більше чи менше обмежують функцію верхньої кінцівки, але точно сказати, що контрактура суглобів мізинця нічого не значить для хворого в порівнянні з контрактурою плечового суглоба, не можна. Психологічно людина прагне бути здоровою і готова докласти багато зусиль заради відновлення функції.

Більшість суглобів верхньої кінцівки є складними анатомічно і функціонально. Так, комплекс суглобів плеча складається з п'яти ланок: плечолопатковий суглоб, лопатково-реберне з'єднання, субакроміальний псевдосуглоб, акроміально-ключичний та грудино-ключичний суглоби [6]. Комплекс ліктювого суглоба – з трьох: плече-ліктювого, плече-променевого та проксимального радіоульнарного. Кистьовий суглоб має також дистальний радіоульнарний, променево-зап'ястковий, міжзап'ястковий та зап'ястно-п'ястний, це якщо не враховувати при діагностиці та плануванні хірургічного лікування контрактур. Правильно проведена діагностика дає зрозуміти, на які ланки має бути зроблений акцент при мобілізації того чи іншого суглоба.

Згідно з проаналізованими даними, на виникнення різноманітних контрактур люди реагують по-різному. Так, пацієнт суб'єктивно відчуває різницю об'єму рухів у плечовому суглобі при його зменшенні 50% і більше, тому лікарю-практику доводиться мати справу з довготривалими та вираженими контрактурами [8]. При контрактурі у зап'ястку хворі довго не звертаються до лікаря і хірургічне лікування проводиться пізно, через 1,5-2 роки після почат-

ку захворювання чи травми. При ураженні пронаційно-супінаційних рухів – значно раніше – через 7-9 місяців. Ймовірно, контрактури кистьового суглоба мають більш доброякісний перебіг – пацієнти довго на них не зважають, контрактури прогресують повільно. При пронаційно-супінаційних контрактурах передпліччя функція порушується сильніше, адаптація до них погана. Та і за загальними характеристиками у більшості прооперованих у клініці пацієнтів була тяжка пронаційно-супінаційна контрактура, а контрактури кистьового суглоба були представлені здебільшого у помірних, середньої тяжкості проявах.

Найчастіший морфологічним субстратом контрактур суглобів пальців кисті є м'якотканий компонент ушкодження (дерматогенний, теногенний та поліструктурний), водночас при контрактурах кистьового суглоба та радіоульнарних контрактурах кістково-хрящові порушення виходили на перший план – близько 77,0%. Характерно, що головною скаргою пацієнта є саме дефіцит супінації передпліччя. Етапність лікування найбільш характерна для пронаційно-супінаційних контрактур, а також контрактур суглобів пальців.

Не всі контрактури мають однакове значення для суглобів, а індивідуальні особливості функціонування, супутні захворювання та вік хворого теж визначають значущість тієї чи іншої контрактури. Так, стосовно суглобів пальців чоловікам більш вигідним є згинальний діапазон, жінкам – розгинальний і косметика кисті. Невелика контрактура в згинальному положенні для кистьового суглоба сильно вражає функцію кінцівки, однак помірна в розгинальному – цілком прийнятна. При тотальному парезі бажано нейтральне положення кисті, при старечому віці та ураженні ніг важливе розгинання для можливості підведення з упором в стіл або використання тростини або милиці [4, 6, 8].

Парадокс контрактур полягає в тому, що скарги хворого не пов'язані прямо зі ступенем обмеження рухів. Незначна контрактура з вираженим больовим синдромом турбує більше, ніж значне обмеження навіть із серйозними структурними змінами, але без болю. При відсутності болю рівень задоволення хворого визначає функціонально вигідне положення суглоба при контрактурі. Якщо такого немає, слід виконати хірургічне втручання, спрямоване на збільшення об'єму рухів та, у разі неможливості повного їх відновлення, переведення контрактури у функціонально вигідний діапазон.

Часом ми змушені виконувати артродез (для кистьового суглоба можливий варіант парціального, міжзап'ястного артродезу), збільшуючи контрактуру, проте зменшуючи больовий синдром і посилюючи силу захватів. Таким чином, корисне лікування може бути спрямоване на збільшення контрактури або повне знерухомлення суглоба.

Для контрактур плечового суглоба нерідко характерний виражений, виснажливий через неспання

нічний больовий синдром, який і є основною скаргою хворого.

На відміну від інших контрактур у групі ішемічних та бойових уражень, частота право- та лівобічних уражень була майже однаковою (114 (47%) та 116 (48%) випадків, відповідно). Це свідчить про те, що при високій енергії та швидкості ураження людина не може свідомо намагатися протидіяти домінуючій кінцівкою. Також порівняно високим був показник двобічного ураження – 5% (12 випадків).

У досліджуваній групі пацієнтів при пронаційно-супінаційних контрактурах функція була порушена сильніше, адаптація до них була погана, тоді як контрактури кистьового суглоба представлені здебільшого у помірних або середньої тяжкості проявах. Можливо, це пов'язано з меншими силовими характеристиками м'язів, які відповідають за обертання передпліччя, в порівнянні з м'язами згиначів та розгиначів зап'ястка.

В окрему групу слід виділити контрактури внаслідок вогнепальних поранень та ішемічних уражень, які є найбільш тяжкими. Переважно це були контрактури середнього та важкого ступеня – 79,3% при вогнепальній травмі та 85,8% при ішемічних ураженнях. Серед таких пацієнтів із вогнепальними ураженнями майже половина була травмована в результаті бойових дій, інші мали наслідки вогнепальних поранень, отриманих не під час бойових дій. Серед контрактур більшість були багатокомпонентними (54,5% при вогнепальних та 67,8% при ішемічних ураженнях). Окрім того, ішемічні ураження кінцівки мають відносно слабку перспективу в лікуванні. Серед таких пацієнтів 29 (24%) отримали ішемічне ураження в результаті ДТП, а у решти 92 пацієнтів ішемічне ураження мало механічні причини (падіння з висоти, пряма травма, затягування в механізми тощо).

За низкою проаналізованих ознак окремою групою серед хворих із контрактурами є пацієнти з травматичними ураженнями плечового сплетення, адже патогенез розвитку обмеження рухів у таких пацієнтів відрізняється від усіх інших уражень. В його основі лежить виражене порушення тону м'язів, неможливість активних рухів у суглобах, вимушене положення кінцівки та відсутність повного об'єму пасивних рухів через відсутність відповідної реабілітації. Такі контрактури мають ряд закономірностей. Вони формуються не внаслідок ураження суглобів та навколишніх тканин, а внаслідок тривалої іммобілізації сегментів кінцівки або дисбалансу паралізованих м'язів і тих, які функціонують. Якщо використовується косинкова пов'язка або Дезо, пацієнту зручніше, але в такому випадку формується привідна та внутрішньоротаційна контрактура в плечовому, згинальна – в ліктьовому та кистьовому суглобах та суглобах пальців, а також пронаційна установка передпліччя. Якщо ж не застосовується жодна іммобілізація, то контрактури су-

глобів менш виражені або не виникають взагалі, це пов'язано з мимовільним виконанням пасивних рухів.

Також є певні особливості розвитку контрактур, що залежать від топіки ушкодження плечового сплетення. При ураженнях лише заднього пучка характерним є розвиток згинальної контрактури у кистьовому суглобі та привідної контрактури 1-го пальця кисті (через відсутність тону м'язів згиначів). А при ураженні медіального та латерального пучків – згинально-розгинальних контрактур у кистьовому суглобі та суглобах пальців кисті.

Паралітичний вивих плеча, що розвивається при ураженнях верхнього стовбура або корінця С5, характеризується міграцією голівки плеча донизу та перерозтягненням капсули плечового суглоба, що зменшує вірогідність розвитку контрактури. При ураженнях нижнього стовбура або корінців С8-Т1 практично у всіх пацієнтів розвиваються комбіновані згинально-розгинальні контрактури у кистьовому суглобі та суглобах пальців кисті. У всіх пацієнтів з ураженнями середнього та нижнього стовбурів або корінців С7-С8-Т1 тією чи іншою мірою присутня пронаційно-супінаційна контрактура передпліччя.

Таким чином, проведений нами віковий, гендерний, комбінаційний, часовий, ступеневий аналіз розподілу різних кількісних аспектів контрактур суглобів верхньої кінцівки, попри велику кількість спостережень, не дає простих відповідей на важливі питання етіології, патогенезу та вибору тактики лікування. Однак узагальнення вивченої кількості клінічних випадків дозволяє міркувати про різні аспекти проблеми, спираючись на багаж клінічного досвіду.

У вирі клінічних випадків краще відштовхуватись від нозології конкретного ушкодження, що містить синдром характерних уражень та ушкоджень, і розробляти принципи лікування саме для цієї патології (параосальної осифікації ліктя, наслідків перелому ДЕМ променевої кістки, чи її голівки, чи пошкодження Галеаці, хвороби Кінбека, гангліона, перелому-псевдоартрозу човноподібної кістки чи нейродистрофічного синдрому). Ймовірно, що об'єднання, розгляд, розподілення патології верхньої кінцівки з позиції тільки контрактури не дає нам повної картини ураження, тому потрібен не тільки симптоматичний, а й нозологічний, синдромальний підхід.

І хоча отримані і викладені дані мають скоріше довідковий, а не аналітичний характер, усе ж деякі важливі висновки можна зробити.

## Висновки

У хворих, які госпіталізовані для високоспеціалізованого хірургічного лікування патології верхньої кінцівки, контрактури суглобів останньої характеризуються поліетіологічністю, середнім та тяжким

ступенем, викликані здебільшого порушенням кістково-хрящових структур та їх поєднанням із десмогенними, теногенними та міогенним ураженнями, простежуються специфічні взаємозв'язки за локалізацією та взаємообтяженням, швидкістю прогресування. Як правило, контрактури верхньої кінцівки мають застарілий характер і потребують багатоетапного хірургічного лікування.

Серед хворих, які потребують високоспеціалізованого високоспеціалізованого стаціонарного ортопедичного лікування патології верхньої кінцівки, з приводу контрактур верхньої кінцівки госпіталізуються 32,6% пацієнтів, серед них більшість представників чоловічої статі (63,9%). Переважають ураження правої кінцівки (52,6%), найчастіше це контрактури суглобів пальців кисті (42,5%), далі плечового (26,9%), ліктьового (13,4%), кистьового суглоба (13,3%), рідше – радіоульнарні контрактури (3,9%).

За давністю травми до високого рівня скарг найповільніше прогресують контрактури кистьового суглоба ( $607,3 \pm 1456,0$  діб), найшвидше – радіоульнарні ( $247,7 \pm 712,5$ ).

Відмічається виражена відмінність типу контрактур залежно від локалізації. Так, контрактури ліктьового, радіоульнарного і кистьового суглобів найчастіше спричиняє кістково-хрящове ураження, суглобів пальців – поліетіологічний компонент, плечового – рівномірний розподіл поміж десмогенним, міогенним та кістково-хрящовим ураженням.

Більшість пацієнтів стаціонару звертались за хірургічним лікуванням із контрактурами середньої тяжкості, проте для плечового суглоба характерний рівномірний розподіл за ступенем контрактури.

Як правило, хірургічне лікування контрактури було багатоетапним, особливо це характерно для пальців кисті ( $1,91 \pm 1,35$  операції), проте більшість контрактур плечового суглоба ліквідувались протягом одного хірургічного етапу ( $1,34 \pm 0,81$  операції).

Нерідко контрактуру спричиняє ушкодження (ураження) декількох анатомічних структур, проте найбільш поліструктурними ураженнями характеризувались бойові, ішемічні та контрактури пальців ( $2,53 \pm 1,22$ ;  $2,52 \pm 1,34$  та  $2,5 \pm 1,24$  структури, відповідно), а найменш – радіоульнарні ( $1,59 \pm 1,34$  структури).

Для низки локалізацій контрактур характерне їх взаємопоєднання. Так, радіоульнарні контрактури у 37,3% випадків супроводжуються контрактурами пальців, проте зворотний зв'язок – лише в 1,2%. Відмічено, що контрактури радіоульнарних суглобів нерідко супроводжуються обмеженням рухів у ліктьовому та кистьовому суглобах – у 34,9 та 56,6% випадків, відповідно. Водночас зворотна залежність поєднання контрактур у кистьовому та ліктьовому суглобах із радіоульнарними не дуже висока – 4,2% та 6% випадків, відповідно.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів під час підготовки статті.

## References

1. Millican CR, Lam PH, Murrell GA. Shoulder stiffness after rotator cuff repair: the fate of stiff shoulders up to 9 years after rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020 Jul;29(7):1323-31. DOI: 10.1016/j.jse.2019.11.020.
2. Gülgönen A. Invited review article: surgery for Volkmann's ischaemic contracture. *The Journal of Hand Surgery: British & European.* 2001;26(4):283-96. DOI: 10.1054/jhsb.2001.0577.
3. Nandi S, Maschke S, Evans PJ, Jeffrey N, Lawton JN. The Stiff Elbow. *Hand (NY).* 2009 Dec;4(4):368-79. DOI: 10.1007/s11552-009-9181-z.
4. Tranchida GV, Heest AV. Preferred options and evidence for upper limb surgery for spasticity in cerebral palsy, stroke, and brain injury. *J Hand Surg Eur.* 2020 Jan;45(1):34-42. DOI: 10.1177/1753193419878973.
5. Chung KC, Yang L, McGillicuddy JE. Practical Management of Pediatric And Adult Brachial Plexus Palsies [Internet]. Elsevier Saunders; 2012. 408 p. Available from: [https://books.google.com.ua/books?hl=ru&lr=&id=oa-M40ipoyEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Chung+KC,+Yang+L,+McGillicuddy+JE.+Practical+Management+of+Pediatric+And+Adult+Brachial+Plexus](https://books.google.com.ua/books?hl=ru&lr=&id=oa-M40ipoyEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Chung+KC,+Yang+L,+McGillicuddy+JE.+Practical+Management+of+Pediatric+And+Adult+Brachial+Plexus+Palsies&ots=9DqS-F2ydX&sig=0YyTpmXdSofHIIy2aeAdaCJaY9Y&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
6. Rockwood ChA, Masten FA. Rockwood and Matsen's The Shoulder 5th Edition [Internet]. Elsevier, 2016. 1304 p. Available from: <https://books.google.com.ua/>.
7. Bain GI, Clitherow HDS. The Pathogenesis and Classification of Shoulder Stiffness. In: Itoi E, Arce G, Bain GI, Diercks RL, Guttman D, Imhoff AB, et al. (eds) *Shoulder Stiffness*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2015 [https://doi.org/10.1007/978-3-662-46370-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-46370-3_1).
8. McNamara WJ, Lam PH, Murrell GA. The Relationship Between Shoulder Stiffness and Rotator Cuff Healing A Study of 1,533 Consecutive Arthroscopic Rotator Cuff Repairs. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98:1879-89. DOI: 10.2106/JBJS.15.00923.
9. Kelly JD. *Elite Techniques in Shoulder Arthroscopy*. Philadelphia: Springer; 2016. 334 p. DOI: 10.1007/978-3-319-25103-5.
10. Schneider WR, Trasolini RG, Riker JJ, Gerber N, Ruotolo C J. Stiffness after arthroscopic rotator cuff repair: a rehabilitation problem or a surgical indication? *JSES International* 2020 Oct;26;5(1):88-92. DOI: 10.1016/j.jseint.2020.09.001.

## Analysis of the Structure of Contractures of the Upper Limb Joints

Strafun S.S.<sup>1</sup>, Bezublyi A.A.<sup>1</sup>, Tymoshenko S.V.<sup>1</sup>, Strafun O.S.<sup>1</sup>,  
Bohdan S.V.<sup>1</sup>, Haiovych I.V.<sup>1</sup>, Lysak A.S.<sup>1</sup>, Yuriichuk L.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

<sup>2</sup>Ivano-Frankivsk Regional Clinical Hospital, Ivano-Frankivsk

**Summary.** Analysis of the restrictions in the amplitude of movements in the joints is traditionally considered from the standpoint of individual nosologies that cause them, but the systemic results of the inverse syndromological approach to the study of contractures are published only sporadically. **Objective:** to determine the structure, causes, nature, and severity of contractures of the upper extremity joints. **Materials and Methods.** The structure of contractures of the upper extremity joints as the consequences of injuries and diseases was analyzed on a large array of patients (16,710 patients). Distribution by location, etiology, severity of contracture, gender and age, and relationships between type and localization of contracture were assessed. The dynamics of the development of contractures and the number of necessary surgical interventions was traced. **Results.** Restriction of movements in the upper extremity joints was registered in 5,450 out of 16,710 (32.6%) patients; among them there were 3,485 male (63.9%) and 1,965 (36.1%) female patients. During reconstructive treatment, 7,892 surgeries were performed. Most often these were contractures of the finger joints (42.5%), then shoulder (26.9%), elbow (13.4%), carpal joint (13.3%), less often – radioulnar contractures (3.9%). The elbow, radioulnar and carpal joint contractures most often are caused by osteo-cartilaginous lesions; a polyetiological component is typical for the finger joints. The shoulder joint contractures may be caused evenly by desmogenic, myogenic, or osteo-cartilaginous lesions. Most of the joint contractures are of moderate severity. Contractures of the fingers require multi-stage surgical treatment (1.91±1.35 surgeries); one-stage treatment is used for contractures of the shoulder joint (1.34±0.81 surgeries). The most polystructural lesions were combat wounds, ischemic, and finger contractures (2.53±1.22; 2.52±1.34 and 2.5±1.24 structures, respectively), and the least – radioulnar contractures (1.59±1.34 structures). Radioulnar contractures in 37.3% of cases are accompanied by contractures of the fingers, but vice versa only in 1.2%. It was noted that contractures of the radioulnar joints are often accompanied by restriction of movements in the elbow and wrist joints – in 34.9 and 56.6% of cases, respectively. At the same time, the inverse dependence of the combination of contractures in the wrist and elbow joints with radioulnar joints is not very high – 4.2% and 6% of cases, respectively. **Conclusions.** In patients who are hospitalized for highly specialized surgical treatment of pathology of the



*upper extremity, contractures of its joints are moderate and severe, characterized by poly-etiology, and, in most cases, caused by disorders of osteo-cartilaginous structures and their combination with desmogenic, tenogenic, and myogenic lesions. Specific relationships are traced in localization and mutual burden of contractures, rapidity of their progression. As a rule, upper limb contractures are chronic ones and require multi-stage surgical treatment.*

**Key words:** contractures; upper extremity; joints; gunshot wounds; ischemic injuries; relationships.

### **Анализ структуры контрактур суставов верхней конечности**

Страфун С.С.<sup>1</sup>, Безуглый А.А.<sup>1</sup>, Тимошенко С.В.<sup>1</sup>, Страфун О.С.<sup>1</sup>,  
Богдан С.В.<sup>1</sup>, Гайович И.В.<sup>1</sup>, Лисак А.С.<sup>1</sup>, Юрийчук Л.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев

<sup>2</sup>Ивано-Франковская обласная клиническая больница, г. Ивано-Франковск

**Резюме.** Анализ ограничений амплитуды движений в суставах традиционно рассматривается с позиций отдельных нозологий, которые их вызывают, однако системные результаты обратного синдромологического подхода к изучению контрактур публикуются только эпизодически. **Цель.** Определить структуру, причины возникновения, характер и тяжесть контрактур суставов верхней конечности. **Материалы и методы.** На большом массиве (16710 пациентов) проанализирована структура контрактур суставов верхней конечности вследствие травм и заболеваний. Оценивалось распределение по локализации, этиологии, степени тяжести контрактуры, половой и возрастной принадлежности, а также взаимосвязи между типом и локализацией контрактуры. Прослежена динамика развития контрактур и количество необходимых хирургических вмешательств.

**Результаты.** Ограничение движений в суставах верхней конечности было зарегистрировано в 5450 случаях из 16710 (32,6%), из них у пациентов мужского пола – 3485 (63,9%), женского – 1965 (36,1%). В процессе реконструктивно-восстановительного лечения больным было выполнено 7892 операции. Чаще всего это были контрактуры суставов пальцев кисти (42,5%), плечевого (26,9%), локтевого (13,4%), кистевого суставов (13,3%), реже – радиоульнарные контрактуры (3,9%). Так, контрактуру локтевого, радиоульнарного и кистевого суставов чаще всего вызывает костно-хрящевое поражение, суставов пальцев – полиэтиологический компонент, плечевого – равномерное распределение между десмогенным, миогенным и костно-хрящевым поражением. Большинство контрактур было средней тяжести. Хирургическое лечение контрактуры многоэтапно для пальцев кисти ( $1,91 \pm 1,35$  операции) и одноэтапно для плечевого сустава ( $1,34 \pm 0,81$  операции). Наиболее полиструктурными были боевые поражения, ишемические и контрактуры пальцев ( $2,53 \pm 1,22$ ;  $2,52 \pm 1,34$  и  $2,5 \pm 1,24$  структуры, соответственно), а наименее – радиоульнарные контрактуры ( $1,59 \pm 1,34$  структуры). Радиоульнарные контрактуры в 37,3% случаев сопровождаются контрактурами пальцев, однако обратная связь имеется только в 1,2%. Отмечено, что контрактуры радиоульнарных суставов нередко сопровождаются ограничением движений в локтевом и кистевом суставах – в 34,9 и 56,6% случаев, соответственно. В то же время обратная зависимость сочетания контрактур в кистевом и локтевом суставах с радиоульнарными не очень высока – 4,2% и 6% случаев, соответственно. **Выводы.** У больных, которые госпитализированы для высокоспециализированного хирургического лечения патологии верхней конечности, контрактуры суставов последней характеризуются полиэтиологичностью, средней и тяжелой степенью, вызваны в основном нарушением костно-хрящевых структур и их сочетанием с десмогенными, теногенными и миогенными поражениями. взаимоотношением, быстротой прогрессирования. Как правило, контрактуры верхней конечности имеют застарелый характер и требуют многоэтапного хирургического лечения.

**Ключевые слова:** контрактуры; верхняя конечность; суставы; огнестрельные ранения; ишемические повреждения; взаимосвязи.

## Оцінка ефективності використання методики постізометричної релаксації (ПІР) та вправ на апараті механотерапії в післяопераційний період у пацієнтів з ушкодженням ротаторної манжети плеча

Рой І.В.<sup>1</sup>, Борзих Н.О.<sup>1</sup>, Чернявський О.А.<sup>1</sup>, Кравчук Л.Д.<sup>1</sup>✉,  
Русанов А.П.<sup>1</sup>, Катюкова Л.Д.<sup>1</sup>, Ячнік С.П.<sup>1</sup>

**Резюме. Мета.** Оцінити ефективність застосування вправ на інноваційному апараті механотерапії та методики постізометричної релаксації (ПІР) для відновлення пацієнтів із пошкодженням ротаторної манжети плеча (РМП) на післяопераційному етапі. **Матеріали і методи.** У дослідженні взяли участь 46 пацієнтів після артроскопічного втручання внаслідок ушкодження структур плечового суглоба. Причиною артроскопічного втручання були: адгезивний капсуліт – 3 пацієнти; ушкодження ротаторної манжети плеча – 39; імпіджмент-синдром – 4. Середній вік пацієнтів становив  $44,7 \pm 8,3$  року. Усі пацієнти були розподілені на 2 групи: контрольну групу (КГ,  $n=21$ ) та основну групу (ОГ,  $n=25$ ). Початок реабілітації серед пацієнтів становив  $4,9 \pm 2,4$  тижня після операції. Тривалість лікування становила  $4,5 \pm 3,2$  тижня. Дослідження проводилось на базі відділення реабілітації ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМНУ” протягом 2020-2021 рр. **Результати та обговорення.** За результатами ВАШ в обох групах рівень болю після програми реабілітації достовірно знизився ( $p < 0,05$ ). В ОГ динаміка больового синдрому за ВАШ складала від  $6,2 \pm 1,2$  до  $0,9 \pm 0,7$  см через 6 тижнів після операції. У КГ також більшість пацієнтів відмічала зменшення рівню болю після оперативного втручання (від  $6,5 \pm 1,1$  до  $1,1 \pm 1,2$  см), достовірних відмінностей після лікування за рівнем болю між пацієнтами ОГ та КГ не виявлено ( $p > 0,05$ ). Також пацієнти, які входили до основної групи і використовували в реабілітаційному комплексі вправи з тренажером та елементи ПІР, мали загалом кращі показники відновлення функції плечового суглоба, а саме: спостерігалась краща динаміка щодо збільшення амплітуди рухів у плечовому суглобі (згинання до фізичної реабілітації (ФР) –  $112,5 \pm 10,60$ ; після ФР –  $173,2 \pm 5,50$ ). У КГ позитивна динаміка була менш вираженою (згинання до ФР –  $107,7 \pm 6,80$ ; після ФР –  $151,2 \pm 6,50$ ). Аналогічні результати виявлено за даними мануально-м'язового тестування (ММТ). **Висновки.** Таким чином, метод ПІР м'язів із використанням запропонованої методики тренування на апараті механотерапії для розробки плечового суглоба є ефективним способом лікування післяопераційної контрактури і може бути рекомендований для застосування в комплексній реабілітації хворих із контрактурою плечового суглоба внаслідок артроскопічного втручання у пацієнтів з ушкодженням ротаторної манжети плеча.

**Ключові слова:** ушкодження; ротаторна манжета плеча; постізометрична релаксація; механотерапія.

### Вступ

**Постановка проблеми.** До 65-70% пошкоджень і захворювань м'яких тканин плечового суглоба (ПС) пов'язані з ротаторною манжетою. Пошкодження ротаторної манжети посідає особливе місце серед травм і захворювань м'яких тканин ПС як через

труднощі діагностичного процесу, так і внаслідок складності вибору методу лікування цієї патології [1, 2]. Останнім часом збільшилась і кількість травматичних випадків, а саме кількість гострих спортивних травм, які становлять до 25-40% випадків інвалідності [3]. При цьому хронічні травми складають майже 60-75% усіх ушкоджень [4]. Пошкодження ротаторної манжети плеча (РМП) часто поєднується з ураженням передньо-нижнього суглобового відростка лопатки (пошкодження

✉ Кравчук Л.Д., [kravchuklww@gmail.com](mailto:kravchuklww@gmail.com)

<sup>1</sup>ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, м. Київ

типу Банкарта), тендинітом довгої головки біцепса, відривом великого горбка плечової кістки та пошкодженням типу Хілл – Сакса, які значною мірою визначають тяжкість перебігу цього захворювання [4]. При цьому внутрішньосуглобові зміни є відправною точкою в механізмі розвитку взаємопов'язаних анатомічних і функціональних порушень безпосередньо в суглобі.

Традиційні консервативні методи лікування, які включають медикаментозну терапію, фізіотерапевтичне лікування, кінезотерапію та різні реабілітаційні заходи, сприяють зменшенню болю і поліпшенню функції суглоба. Однак у ряді випадків за допомогою лише консервативних заходів не вдається зупинити прогресування патологічного процесу, і тому зберігається дефект РМП [2].

Хірургічний метод, зокрема артроскопічне втручання, дає можливість не тільки провести точну діагностику і дати детальну оцінку пошкоджених компонентів плечового суглоба, але й вжити патогенетично обґрунтований комплекс лікувальних заходів, що дозволяє нормалізувати функцію плечового суглоба [4, 5].

Фізична реабілітація при пошкодженнях РМП залежить від ступеня дефектів і клінічних проявів: зменшення амплітуди рухів у плечовому суглобі, дискомфорту, болю, слабкості м'язів плеча і пошкодженої верхньої кінцівки [6].

Реабілітаційний процес забезпечується використанням засобів відновлення (імобілізація, фізичні вправи, масаж, розтягування м'язів, фізіотерапія, гідрокінезотерапія), а застосування засобів, їх поєднання та обсяг навантаження залежать від характеру та локалізації пошкодження РМП, супутніх дефектів, загального стану організму, давності пошкодження [2, 5].

Незважаючи на те, що в деяких працях наведені короткі описи фізичної реабілітації хворих із пошкодженнями плечового суглоба та РМП після артроскопічних втручань з урахуванням етапів відновлення і комплексного підходу, ще відсутній єдиний підхід щодо тактики та термінів реабілітації.

Е.А. Аскерко (2002) [1] акцентує на ранньому початку фізичної реабілітації та повторних курсах через 3-6 місяців після відновлення плечового суглоба. Проте у спеціальній науково-методичній літературі ще нечітко окреслені технології фізичної реабілітації хворих працездатного віку після артроскопічної реконструкції РМП [4-9].

Через викладене вище актуальним є питання розробки і впровадження програми фізичної реабілітації для пацієнтів з ушкодженням РМП із використанням нових методик тренувань, що спрямовані на відновлення функцій плечового суглоба після артроскопічних втручань.

**Мета роботи** – оцінити ефективність застосування вправ на інноваційному апараті механотерапії та методики ППР для відновлення пацієнтів із пошкодженням РМП на післяопераційному етапі.

## Матеріали та методи дослідження

Нами були застосовані наступні методи дослідження:

- теоретичний аналіз науково-методичної літератури;
- інструментальні методи дослідження: метод гоніометрії, метод ММТ (бали);
- опитування: оцінка рівня болю за ВАШ (см);
- методи математичної статистики.

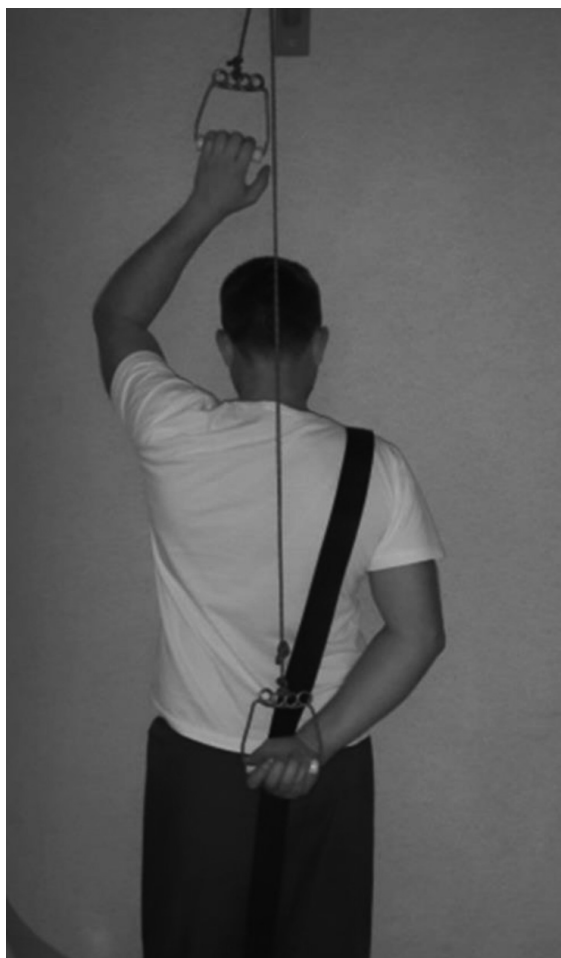
**Організація дослідження.** У дослідженні взяли участь 46 пацієнтів після артроскопічного втручання внаслідок ушкодження структур плечового суглоба. Причиною артроскопічного втручання були: адгезивний капсуліт – 3 пацієнти; ушкодження ротаційної манжети плеча – 39; імпіджмент-синдром – 4. Середній вік пацієнтів складав  $44,7 \pm 8,3$  року. Головною скаргою хворих було обмеження рухливості і біль у плечовому суглобі. Давність захворювання складала від 5,6 до 12,7 місяця.

Усі пацієнти були розподілені на 2 групи: контрольну групу (КГ,  $n=21$ ) та основну групу (ОГ,  $n=25$ ). Реабілітація пацієнтів починалась через  $4,9 \pm 2,4$  тижня після операції.

Пацієнти контрольної групи отримували в повному обсязі загальноприйнятє для цієї патології лікування: медикаментозну терапію, фізіотерапію, лікувальну гімнастику (ЛГ), масаж. В основній групі, крім цього, проводилась ЛГ із елементами ППР та застосуванням контрольних вправ на інноваційному апараті механотерапії за запропонованою методикою. Усі методи відновного лікування та подальше спостереження за станом пацієнтів проводились на базі відділення реабілітації ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМНУ” протягом 2020-2021 рр. Тривалість лікування складала  $4,5 \pm 3,2$  тижня.

## Результати дослідження та обговорення

Важливою умовою поетапного усунення ускладнень у пацієнтів із пошкодженням РМП є додавання до курсу ЛГ специфічних вправ, які сприятимуть збільшенню об'єму рухів у ПС з одночасним укріпленням м'язів. Цей принцип було покладено в основу запропонованої методики для пацієнтів ОГ. У цей період проводився комплекс реабілітаційних заходів, спрямованих на поліпшення роботи м'язів РМП, зниження больового синдрому, зменшення



**Рис. 1.** Приклад виконання вправи на апараті механотерапії

контрактури. Особливе місце відводили персональному підбору комплексу вправ ЛГ та виконанню вправ на апараті механотерапії (рис. 1).

Комплекси вправ підбиралися за принципом від простого до складного, враховувалися також фізичні і координаційні здібності пацієнтів. Вправи були спрямовані на збільшення сили м'язів, поліпшення трофіки плечового суглоба і підвищення витривалості м'язів до фізичних навантажень. Основні елементи програми реабілітації для пацієнтів ОГ представлені в табл. 1.

Обов'язково застосовували спеціальні вправи на відновлення м'язової сили ротаторів плеча.

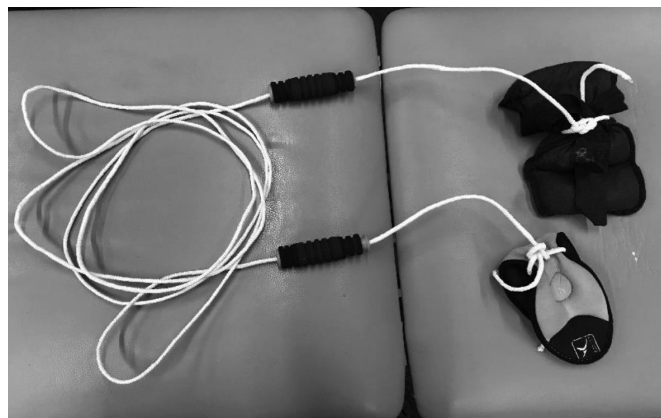
Для створення більшої амплітуди руху у плечовому суглобі ми використовували інноваційний тренажер. До обох кінців тренажера був прикріплений невеликий вантаж для кращої амплітуди рухів (рис. 2).

Крім безпосереднього впливу на пояс верхніх кінцівок, під час занять із тренажером такого типу дії відбувається зміцнення м'язового корсета, покращення амплітуди рухів.

Одним із важливих моментів відновлення в цей період було залучення оперованої кінцівки до рухів із самообслуговування і побутових дій (одягання,

умивання, причісування, відкривання і закривання вікна, складання предметів на полиці та ін.), а також збереження максимального об'єму рухів.

Крім того, пацієнти ОГ та КГ засвоювали комплекси вправ, необхідні для виконання рухів у домашніх умовах після виписки з метою підтримки нормального функціонального стану м'язів плечового поясу.



**Рис. 2.** Тренажер для розробки рухів у плечовому суглобі у пацієнтів з ушкодженням РМП на післяопераційному етапі

Таблиця 1

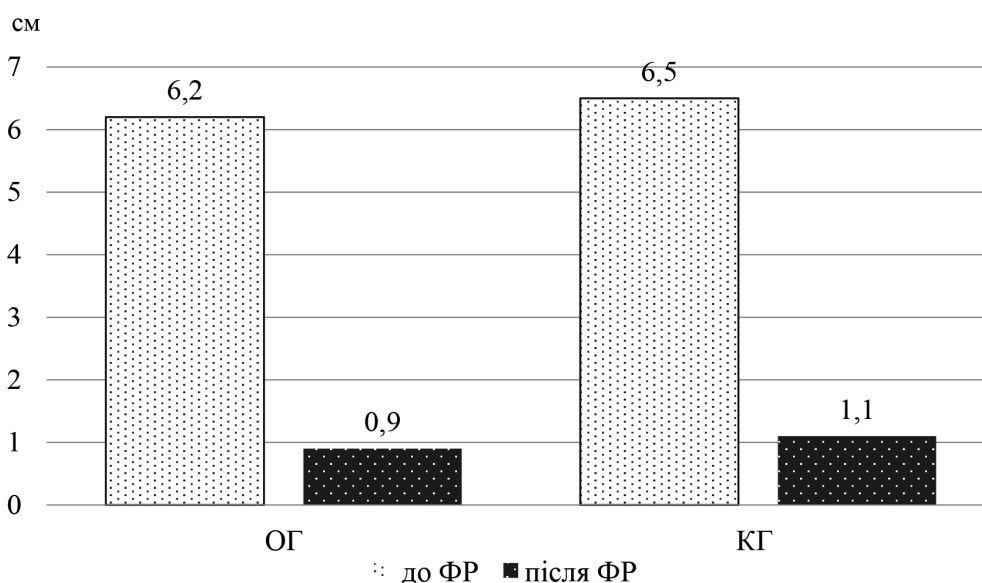
**Особливості побудови програми реабілітації для пацієнтів основної групи після артроскопічних втручань на плечовому суглобі**

ЛГ	Завдання ЛГ	ЛГ та ППР	Методичні рекомендації
13	Підготовка опорно-рухового апарату до використання тренажера, активізація всіх систем організму	1. Дихальні вправи. 2. Підготовча ходьба. 3. Напівприсіди. 4. Вправи силові	1. Ритм дихання спокійний. Глибокий вдих і видих. 2. Ходьба на місці з маховими рухами рук вперед / назад. 3. Напівприсід з одночасними рухами рук у сторони / вгору, вперед / вгору. 4. Утримання надувного м'яча на тильній стороні долоні витягнутої руки
Основна частина	Збільшення амплітуди рухів у плечовому суглобі. Збільшення сили м'язів плеча і плечового пояса. Тренування витривалості м'язів до статичних і динамічних навантажень	1. Вправи з тренажером. 2. Вправи з тренажером для збільшення сили ротаторів плеча	1. В.П.: стоячи, руки вздовж тулуба, тренажер паралельно підлозі, напрямом вібрації вгору / вниз, 30 с. 2. В.П.: стоячи, рука відведена в сторону, тренажер паралельно підлозі, напрямом вібрації від себе / до себе, те саме, але тренажер вертикально, 30 с. 3. В.П.: стоячи, рука перед собою, тренажер максимально паралельно підлозі, напрямом вібрації від себе / до себе, те саме, але тренажер вертикально, 30 с. 4. В.П.: стоячи, рука зігнута в лікті, тренажер паралельно підлозі, напрямом вібрації вгору / вниз, те саме, але тренажер вертикально, напрямом вібрації з боку в бік, 30 с
Завершальна частина	Розслабити м'язи, відновити роботу серцево-судинної і дихальної систем	Дихальні вправи, ППР, розслаблення м'язів-антагоністів	Застосовуються розвантажувальні укладання та ППР

Основною скаргою пацієнтів був біль, що посилювався при активних і пасивних рухах у плечовому суглобі (100%); при цьому відведення плеча по дузі від 30° до 80° і заведення руки за спину супроводжувалося болем у 77,3% хворих. При застарілих формах захворювання біль мав постійний характер, посилювався вночі з іррадіацією в область плеча (27,3%).

Динаміка суб'єктивних больових відчуттів до і після лікування вважалася достовірною при зменшенні больового синдрому на 3 бали і більше. Так, в обох групах рівень болю після програми реабілітації достовірно зменшився ( $p < 0,05$ ) (рис. 3).

В ОГ динаміка больового синдрому за ВАШ складала від  $6,2 \pm 1,2$  до  $0,9 \pm 0,7$  см через 6 тижнів після



**Рис. 3.** Динаміка суб'єктивних больових відчуттів за ВАШ до і після лікування у пацієнтів ОГ та КГ  
Примітка: \* – розходження між показниками у пацієнтів ОГ та КГ достовірні при  $p < 0,05$

Таблиця 2

**Оцінка функціональних можливостей верхньої кінцівки до та після реабілітації у пацієнтів з ушкодженням РМП, яким було виконано артроскопічне втручання**

Показники амплітуди руху	Групи спостереження					
	ОГ			КГ		
	до	після	p	до	після	p
Згинання, ° (град.)	112,5±10,6	173,2±5,5*	<0,05	107,7±6,8	151,2±6,5*	<0,05
Відведення, ° (град.)	66,4±6,8	160,6±10,5*	<0,05	65,5±10,3	160,1±3,2*	<0,05
Сила м'язів-абдукторів ПС за оцінкою ММТ, (бали)	2,4±1,1	4,2±0,9*	<0,05	2,3±1,1	3,4±1,2	<0,05

Примітка: \* – різниця достовірна при порівнянні з вихідними даними на рівні  $p < 0,05$

операції. У КГ також більшість пацієнтів відмічала зниження рівню болю після оперативного втручання від  $6,5 \pm 1,1$  до  $1,1 \pm 1,2$  см, достовірних відмінностей після лікування за рівнем болю між пацієнтами ОГ та КГ не виявлено ( $p > 0,05$ ).

Однак оцінка функціональних можливостей прооперованого суглоба за результатами лікування пацієнтів ОГ була достовірно вищою, ніж у КГ ( $p < 0,05$ ), що відображено в показниках амплітуди руху за даними гоніометрії та за результатами ММТ (табл. 2). Пацієнти, які входили до основної групи і використовували в реабілітаційному комплексі вправи з тренажером та елементи ППР, мали загалом кращі показники відновлення функції плечового суглоба, а саме: спостерігалась краща динаміка щодо збільшення амплітуди рухів у плечовому суглобі (згинання до ФР –  $112,5 \pm 10,6^\circ$ ; після ФР –  $173,2 \pm 5,5^\circ$ ). У КГ позитивна динаміка була менш вираженою (згинання до ФР –  $107,7 \pm 6,8^\circ$ ; після ФР –  $151,2 \pm 6,5^\circ$ ).

Аналогічна тенденція спостерігалась і у визначенні сили м'язів прооперованої кінцівки за даними тестування. Так, силові показники прооперованої кінцівки у пацієнтів ОГ були кращими (до ФР –  $2,4 \pm 1,1$  бала; після ФР –  $4,2 \pm 0,9$  бала), ніж у пацієнтів КГ, які використовували традиційні методи реабілітації, що не включали запропоновані елементи (до ФР –  $2,3 \pm 1,1$  бала; після ФР –  $3,4 \pm 1,2$  бала).

## Висновки

Таким чином, метод постізометричної релаксації (ППР) м'язів із використанням запропонованої методики тренування на апараті механотерапії для розробки плечового суглоба є ефективним способом лікування післяопераційної контрактури і може бути рекомендований для застосування в комплексній реабілітації хворих із контрактурою плечового суглоба внаслідок артроскопічного втручання у па-

цієнтів з ушкодженням ротаторної манжети плеча. Залучення запропонованих засобів дозволяє досягнути більшого об'єму рухів ( $p < 0,05$ ), значною мірою зменшити больовий синдром ( $p < 0,05$ ) та покращити силу м'язів ( $p < 0,05$ ).

Перспективою подальших досліджень є вивчення та аналіз стану суглобів пацієнтів, що перенесли артроскопічне втручання внаслідок ушкодження ротаторної манжети плеча на віддаленому етапі лікування (через 2-3 роки).

**Конфлікт інтересів.** Ця публікація не викликає будь-якого конфлікту між авторами, не була і не буде предметом комерційної зацікавленості чи винагороди в жодній формі.

## References

- Аскерко ЭА. Реконструктивная хирургия застарелых повреждений и заболеланий вращательной манжеты плеча у лиц среднего и пожилого возраста [автореферат дис. на соискание науч. степ. д-ра мед. наук]. Москва: Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова; 2012. 49 с. Askerko EA. Reconstructive surgery of chronic injuries and diseases of the rotator cuff in middle-aged and elderly people [avtoreferat dis. na soiskanie nauch. step. d-ra med. nauk]. Moskva: Rossiyskiy natsionalnyy issledovatel'skiy meditsinskiy universitet im. N.I. Pirogova; 2012. 49 s. [in Russian].
- Левенець ВМ, Лінко ЯВ. Спортивна травматологія: навчальний посібник. К.: Олімп. Літ.; 2008. 215 с. Levenets VM, Linko YaV. Sports traumatology: a textbook. K.: Olimp. Lit.; 2008. 215 s. [in Ukrainian].
- Миронов СП, Ломтатидзе ЕШ, Цыкунов МБ. Плечелопаточный болевой синдром: монография. Волгоград: Изд-во ВолгМУ; 2006. 287 с. Mironov SP, Lomtadidze YeSh, Tsykunov MB. Shoulder-scapular pain syndrome: monograph. Volgograd: Izd-vo VolgMU; 2006. 287 s. [in Russian].
- Попадюха ЮА. Особенности использования современных и перспективных реабилитационных технологий та засобів для відновлення опорно-рухового апарату спортсмена. Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова, Серія 15 Науково-

педагогічні проблеми фізичної культури / фізична культура і спорт/. Зб. наукових праць. Вип. 11. К.: Вид-во НПУ імені М.П.Драгоманова; 2011. 203-207.

Popadiukha YuA. Osoblyvosti vykorystannia suchasnykh i perspektyvnykh reabilitatsiinykh tekhnolohii ta zasobiv dlia vidnovlennia oporno-rukhovoho aparatu sportsmena. Naukovyi chasopys NPU im. M.P. Drahomanova, Serii 15 Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoi kultury / fizychna kultura i sport/. Zb. naukovykh prats. Vyp. 11. K.: Vyd-vo NPU imeni M.P.Drahomanova; 2011. 203-207. [in Ukrainian].

5. Страфун СС, Сергієнко РО. Артроскопія плеча: сьогодення, проблеми і перспективи. Медична газета "Здоров'я України". Тем. номер. Лютий 2013: 42-44.

Strafun SS, Serhiienko RO. Artroskopiiia plecha: sohodennia, problemy i perspektyvy. Medychna hazeta "Zdorovia Ukrainy". Tem. nomer. Liutyi 2013: 42-44. [in Ukrainian].

6. Millett PJ, Wilcox RB 3rd, Holleran JD, Warner JJ. Rehabilitation of the rotator cuff: an evaluation-based approach. J Am Acad Orthop Surg. 2006 Oct;14(11):599-609. DOI: 10.5435/00124635-200610000-00002. PMID: 17030593.1.

7. Akhtar MA, Robinson CM. Generalised ligament laxity and shoulder dislocations after sports injuries. Br J Sports Med. 2010, vol.44, p.13-17. DOI: 10.1136/BJSM.2010.078972.9.

8. Brislin KJ, Field LD, Savoie FH. Complications after arthroscopic rotator cuff repair. Arthroscopy. 2007 Feb;23(2):124-8. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.09.001. PMID: 17276218.

9. Norris TR, Iannotti JP. Functional outcome after shoulder arthroplasty for primary osteoarthritis: a multicenter study. J Shoulder Elbow Surg. 2002 Mar-Apr;11(2):130-5. DOI: 10.1067/mse.2002.121146. PMID: 11988723. er study. J Shoulder Elbow Surg. 2002; 11(2): 130.

### Evaluation of the Effectiveness of Using the Post-Isometric Relaxation (PIR) Technique and Exercises on the Mechanotherapy Apparatus in the Postoperative Period in Patients with Damage to the Rotator Cuff of the Shoulder

Roi I.V.<sup>1</sup>, Borzykh N.O.<sup>1</sup>, Cherniavskiy O.A.<sup>1</sup>, Kravchuk L.D.<sup>1</sup>, Rusanov A.P.<sup>1</sup>, Katiukova L.D.<sup>1</sup>, Yachnik S.P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

**Summary. Objective:** to evaluate the effectiveness of performing exercises on an innovative mechanotherapy apparatus and the PIR technique for the recovery of patients with damage to the rotator cuff of the shoulder at the postoperative stage. **Materials and Methods.** The study involved 46 patients after arthroscopic intervention due to damage to the structures of the shoulder joint. The reasons for arthroscopic intervention were: adhesive capsulitis (3 patients), damage to the rotator cuff of the shoulder (39 patients), and impingement syndrome (4 patients). The average age of patients was 44.7±8.3 years. All patients were divided into 2 groups: the control group (CG, n=21) and the main group (MG, n=25). The beginning of rehabilitation among patients averaged 4.9±2.4 weeks after the surgery. The duration of treatment was 4.5±3.2 weeks. The study was carried out on the basis of the Department of Rehabilitation of the SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine" during 2020-2021. **Results and Discussion.** According to the VAS results, the pain level after the rehabilitation program significantly decreased in both groups (p<0.05). In the MG, the dynamics of pain syndrome according to the VAS ranged from 6.2±1.2 cm to 0.9±0.7 cm 6 weeks after the surgery. In the CG, the majority of patients also noted an improvement in the level of pain after surgery (from 6.5±1.1 cm to 1.1±1.2 cm); no significant differences after treatment in terms of the level of pain between the patients in the MG and the CG (p>0.05) were observed. Also, patients who were included in the main group and did exercises with a simulator and elements of PIR according to the rehabilitation program showed generally better indicators of recovery of the function of the shoulder joint, namely there was a higher dynamics in increasing the amplitude of movements in the shoulder joint (112.5±10.6° flexion before physical rehabilitation (PR), 173.2±5.5° after PR). In the CG, the positive dynamics was less pronounced (107.7±6.8° flexion before PR, 151.2±6.5° after PR). Similar results were found according to the data of manual muscle testing (MMT). **Conclusions.** Therefore, the method of post-isometric muscle relaxation using the proposed technique of training on a mechanotherapy apparatus for developing the shoulder joint is an effective method for treating postoperative contractures and can be recommended for the use in the complex rehabilitation of patients with contracture of the shoulder joint as a result of arthroscopic intervention in patients with injury of the rotator cuff of the shoulder.

**Key words:** injury; rotator cuff of the shoulder; post-isometric relaxation; mechanotherapy.

## Оценка эффективности использования методики постизометрической релаксации (ПИР) и упражнений на аппарате механотерапии в послеоперационный период у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча

Рой И.В.<sup>1</sup>, Борзых Н.А.<sup>1</sup>, Чернявский А.А.<sup>1</sup>, Кравчук Л.Д.<sup>1</sup>, Русанов А.П.<sup>1</sup>, Катюкова Л.Д.<sup>1</sup>, Ячник С.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, г. Киев

**Резюме. Цель.** Оценить эффективность применения упражнений на инновационном аппарате механотерапии и методики постизометрической релаксации (ПИР) для восстановления пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча (РМП) на послеоперационном этапе. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 46 пациентов после артроскопического вмешательства вследствие повреждения структур плечевого сустава. Причиной артроскопического вмешательства были: адгезивный капсулит – 3 пациента; повреждения ротаторной манжеты плеча – 39; импиджмент-синдром – 4. Средний возраст пациентов составил  $44,7 \pm 8,3$  года. Все пациенты были распределены на 2 группы: контрольную группу (КГ,  $n=21$ ) и основную группу (ОГ,  $n=25$ ). Начало реабилитации среди пациентов в среднем составило  $4,9 \pm 2,4$  недели после проведенной операции. Продолжительность лечения составила  $4,5 \pm 3,2$  недели. Исследование проводилось на базе отделения реабилитации ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМНУ” в течение 2020-2021 гг. **Результаты и обсуждение.** По результатам ВАШ в обеих группах уровень боли после программы реабилитации достоверно уменьшился ( $p < 0,05$ ). В ОГ динамика болевого синдрома по ВАШ составляла от  $6,2 \pm 1,2$  до  $0,9 \pm 0,7$  см через 6 недель после операции. В КГ также большинство пациентов отмечало улучшение уровня боли после оперативного вмешательства (от  $6,5 \pm 1,1$  до  $1,1 \pm 1,2$  см), достоверных различий после лечения по уровню боли между пациентами ОГ и КГ не выявлено ( $p > 0,05$ ). Также пациенты, входящие в основную группу и использовавшие в реабилитационном комплексе упражнения с тренажером и элементы ПИР, имели в целом лучшие показатели восстановления функции плечевого сустава, а именно: наблюдалась более высокая динамика по увеличению амплитуды движений в плечевом суставе (сгибание до физической реабилитации (ФР) –  $112,5 \pm 10,6^\circ$ , после ФР –  $173,2 \pm 5,5^\circ$ ). В КГ положительная динамика была менее выраженной (сгибание до ФР –  $107,7 \pm 6,8^\circ$ , после ФР –  $151,2 \pm 6,5^\circ$ ). Аналогичные результаты выявлены по данным мануально-мышечного тестирования (ММТ). **Выводы.** Таким образом, метод ПИР мышц с использованием предложенной методики тренировки на аппарате механотерапии для разработки плечевого сустава является эффективным способом лечения послеоперационной контрактуры и может быть рекомендован для применения в комплексной реабилитации больных с контрактурой плечевого сустава вследствие артроскопического вмешательства у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.

**Ключевые слова:** повреждение; ротаторная манжета плеча; постизометрическая релаксация; механотерапия.



УДК: 616.72-007.248:616.728.2:616.728.3:616.72-089.843  
HTTPS://DOI.ORG/10.37647/0132-2486-2021-110-3-20-27

## Концептуальні засади застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів

Голюк Є.Л.<sup>1</sup> ✉, Поляченко Ю.В.<sup>1</sup>, Страфун С.С.<sup>1</sup>,  
Гайович І.В.<sup>1</sup>, Пшеничний Т.Є.<sup>1</sup>

**Резюме.** Нами розроблено робочу класифікацію біотехнологічних продуктів, визначено концептуальні засади їх використання при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів, визначено напрямки подальшого вивчення та аналізу результатів застосування регенеративних технологій при цих захворюваннях. Основні концептуальні засади застосування таких технологій передбачають як покращення технік введення, так і подальше вивчення та удосконалення біотехнологічних продуктів, які застосовуються для лікування цих захворювань, а диференційований підхід повинен об'єднати в собі принципи доказової та персоналізованої медицини.

**Ключові слова:** остеоартроз; асептичний некроз; кульшовий суглоб; колінний суглоб; регенеративні технології.

### Вступ

Ортопедія та травматологія – це та галузь медицини, де поняття “регенерація” набуває особливого значення, оскільки будь-які дії ортопеда-травматолога є скерованими саме на досягнення цього ефекту. І якщо технології регенерації при лікуванні переломів стали успішними за рахунок застосування стабільно-функціонального остеосинтезу, то в ортопедичній артрології регенерація поступила своїм місцем ендопротезуванню суглобів.

Регенеративна ортопедія (син. ортобіологія, ін-тервенційна ортопедія) – напрямок ортопедії, методики якого спрямовані на посилення та відновлення пошкоджених зв'язок, сухожилів, суглобового хряща, усунення нестабільності суглобів шляхом ініціювання та регуляції каскаду регенераторних реакцій організму, а саме реплікації клітин та стимуляції ангіогенезу [1].

Концепція регенеративної ортопедії полягає в її альтернативі оперативним втручанням [2-16], але останнім часом методики дедалі частіше використовують паралельно з хірургією як технологічний етап оперативного втручання.

В Україні остеоартроз (ОА) є найпоширенішим захворюванням суглобів. За даними державної статистичної звітності, у 2014 році поширеність ОА становила 3140 на 10000 населення, захворюваність – 460 на 100000 населення.

У більшості країн частота та поширеність асептичного некрозу (АН) вивчені недостатньо. За даними різних авторів, він зустрічається у 1,4-4,7% пацієнтів із патологією кульшового суглоба. У Сполучених Штатах щорічно реєструється близько 15000 нових випадків АН, понад 10% загальної кількості ендопротезувань кульшового суглоба спричинені його наслідками. В Японії щороку діагностується 2500-3300 випадків АН стегна, з них 34,7% викликані вживанням кортикостероїдів, 21,8% – зловживанням алкоголем та 37,1% спричинені ідіопатичними механізмами [18-22].

Ендопротезування кульшового та колінного суглобів, без сумніву, посідає провідні позиції в оперативному лікуванні остеоартрозу та асептичного некрозу кульшового та колінного суглобів. Число зазначених оперативних втручання зростає кожного року та в найближче десятиріччя матиме непохитні тенденції в цьому напрямку. Так, за даними AAOS та страхової компанії NerdWallett Health [23], медична система США щороку витрачає близько 6 млрд доларів на ендопротезування кульшового та колінного суглобів. За даними JBJS, у період з 1971 по 2003 рік число ендопротезувань колінного суглоба у світі зросло на 400%, кульшового – на 55%, у 2030 році кількість первинних ендопротезувань колінного суглоба сягне 3,48 млн на рік. Відповідно, кількість ревізійних ендопротезувань колінного суглоба, за тими ж даними, до 2030 року зросте на 600%, кульшового – на 137% у порівнянні з 2005 роком. Ця тенденція спонукає до пошуку альтернативних методик лікування зазначеної патології, щоб стримати

✉ Голюк Є.Л., holjuk@yaboo.com

<sup>1</sup>ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, м. Київ

подальше інтенсивне зростання кількості ендопротезувань заради позитивного економічного та соціального ефекту.

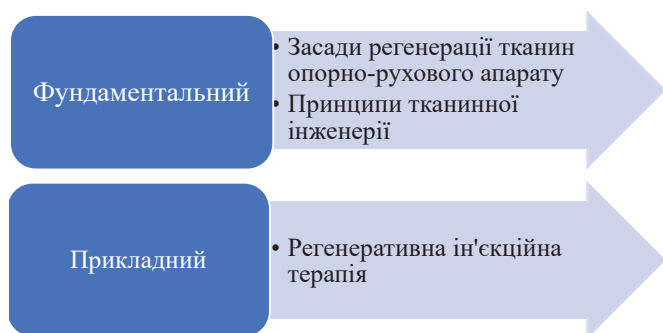
Однією з таких альтернатив сьогодні стають технології регенеративної медицини, зокрема застосування клітинної терапії у пацієнтів з остеоартрозом та асептичним некрозом кульшового та колінного суглобів [24-26].

**Метою** нашої роботи стало визначення ключових положень та розробка “дорожньої карти” щодо вивчення та застосування методик регенеративної медицини в лікуванні остеоартрозу та асептичного некрозу кульшового та колінного суглобів.

## Матеріали і методи

Матеріалом для нашої роботи стали дані інформаційних джерел щодо застосування технологій регенеративної медицини в травматології та ортопедії.

У цьому дослідженні ми використовували аналітичний метод та метод узагальнення, виділивши два основні напрямки: фундаментальний та прикладний (рис. 1).

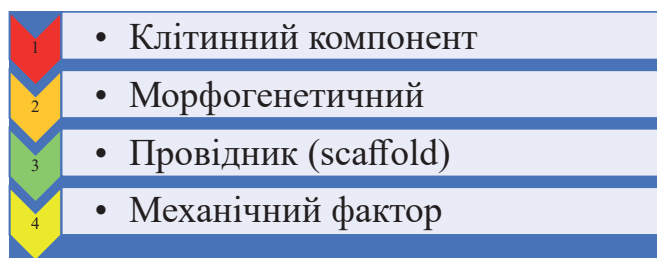


**Рис. 1.** Напрямки дослідження для визначення концептуальних засад застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів

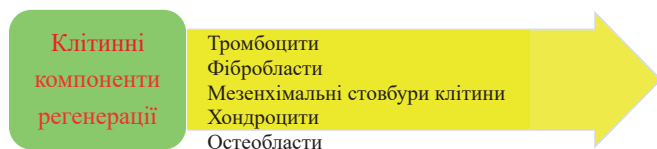
### Фундаментальні засади регенерації тканин опорно-рухового апарату та принципи тканинної інженерії

Відомо, що для регенерації тканин опорно-рухового апарату потрібні наступні складові [27]: клітинний компонент (хондроцити, мезенхімальні стовбурові клітини тощо), морфогенетичний компонент (кісткові морфопротейни для остеогенезу та трансформуючий фактор росту для хондрогенезу тощо), носій (скаффолд) та механічний фактор (рис. 2).

Клітинні компоненти, що беруть участь у регенерації тканин опорно-рухового апарату, представлені тромбоцитами, які містять цитокіни (в тому числі фактори росту), що беруть участь у процесах регенерації тканин, фібробластами, мезенхімальними стовбуровими клітинами, хондроцитами, остеобластами тощо (рис. 3).



**Рис. 2.** Компоненти механізму регенерації тканин опорно-рухового апарату



**Рис. 3.** Клітинні компоненти регенерації тканин опорно-рухового апарату

Морфогенетичний компонент регенерації представлений цитокінами, або факторами росту. Так, у процесі регенерації тканин опорно-рухового апарату беруть участь кісткові морфогенетичні білки – BMPs 2, 4, 7, які є стимуляторами остеогенезу; трансформуючий та інсулінзалежний фактори росту – TGF- $\beta$ ; IGF – стимулятори хондрогенезу.

Джерелом цитокінів (у тому числі факторів росту) для застосування в клінічній практиці найчастіше є аутологічні концентрати тромбоцитів: PRP (Platelet Rich Plasma – збагачена тромбоцитами плазма), PRF (Platelet Rich Fibrin – збагачений тромбоцитами фібрин). Крім того, таким джерелом можуть бути й інші клітини: фібробласти, мезенхімальні стовбурові клітини. Морфогенетичний компонент також може бути представлений гормонами (наприклад, паратиреоїдний гормон, соматотропний гормон).

Для успішного застосування регенеративних технологій у лікуванні патології опорно-рухового апарату необхідним компонентом є провідник (кондуктор). У термінології тканинної інженерії цей компонент має назву “scaffold”, що в перекладі з англійської мови означає “риштування”, тобто конструкцію, яка допомагає зведенню будівлі. Цей термін чітко відображає функцію провідника в процесі регенерації. Розрізняють наступні види кондукторів, що застосовуються в травматології та ортопедії [28-29]:

- натуральні полімери (колаген, гіалуронова кислота, гідроксиапатит тощо);
- керамічні (керамічний гідроксиапатит,  $\beta$ -трикальцій фосфат тощо);
- синтетичні біорозкладні полімери (полімолочна кислота);
- тканинний екстрацелюлярний матрикс (демінералізований кістковий матрикс, колагенові мембрани);
- комбіновані провідники.

Механічний фактор є завершальним та надзвичайно важливим компонентом для вдалого застосування регенеративних технологій. В ортопедії та травматології відновлення біомеханіки (остеосинтез, корекційні остеотомії, внутрішньосуглобові оперативні втручання, ендопротезування суглобів) є обов'язковою умовою для успішного застосування методик регенеративної медицини. Водночас реконструктивні оперативні втручання в поєднанні з регенеративними технологіями є надзвичайно перспективною комбінацією.

Найбільш розповсюдженим у сучасній практиці ортопеда-травматолога є застосування збагаченої тромбоцитами плазми та її похідних. На її прикладі можна пояснити важливість наявності усіх компонентів регенерації для біотехнологічного продукту.

Так, збагачена тромбоцитами плазма має три основні ефекти: трофічний (за рахунок вмісту факторів росту), протизапальний (за рахунок вмісту медіаторів запалення) та ефект носія (за рахунок вмісту фібриногену) [30]. Завдяки зазначеним властивостям збагачена тромбоцитами плазма може використовуватися не лише як окремий продукт для регенеративної ін'єкційної терапії, але й бути скаффолдом для більш високотехнологічних продуктів, зокрема тих, які містять мезенхімальні стовбурові клітини.

### Регенеративна ін'єкційна терапія

Методики регенеративної ін'єкційної терапії (PIT) або інтервенційної ортопедії посідають особливе місце в системі регенеративних технологій в ортопедії та травматології.

Сьогодні PIT є містком між класичним консервативним та оперативним лікуванням пацієнтів ортопедо-травматологічного профілю та дедалі частіше стає альтернативою як одному, так і іншому варіанту лікування.

Застосування PIT започатковує новий напрямок – інтервенційну ортопедію, а також є фундаментом для розвитку персоналізованої медицини в травматології та ортопедії.

Інтервенційна ортопедія – напрямок ортопедії, який бурхливо розвивається в світі, полягає у застосуванні аутологічних продуктів на основі тромбоцитів і стовбурових клітин та є альтернативою оперативному лікуванню [31]. Від звичайного застосування біотехнологічних продуктів цей напрямок відрізняється використанням сучасних можливостей навігації в травматології та ортопедії.

Основними видами PIT, які згадуються в літературі, є пролотерапія, PRP-терапія та ін'єкції стовбурових клітин.

PIT можна розподілити на регіонарну та локальну (рис. 4).



Рис. 4. Види регенеративної ін'єкційної терапії

Пролотерапія еволюційно є найдавнішою методикою PIT, але водночас застосовується і сьогодні та є регіонарним введенням біотехнологічних продуктів без навігаційного контролю. Ця методика бере свій початок ще з 20-х років минулого сторіччя, але сьгоднішніх обрисів набула в його середині завдяки американським ортопедам G. Hackett та G. Hemwall, які розробили топіку регіонарних регенеративних ін'єкцій [32].

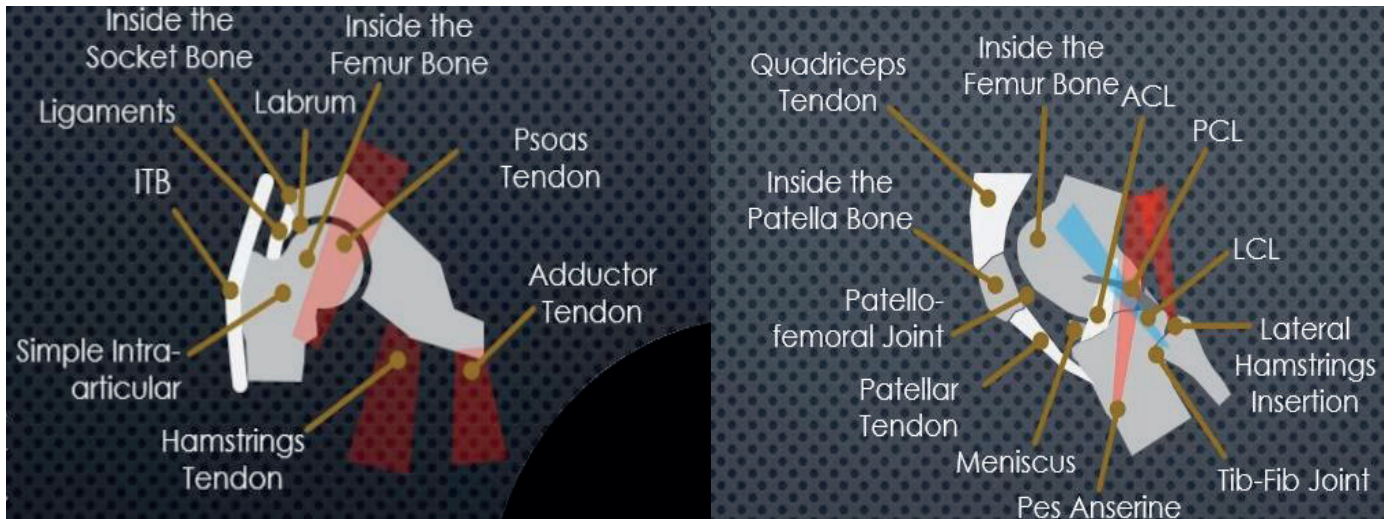
З розвитком можливостей навігації, а саме ультразвукової візуалізації, використання електронно-оптичних перетворювачів тощо, на початку нинішнього сторіччя значного поширення набули локальні техніки введення біотехнологічних продуктів. Таким чином, виник новий напрямок – інтервенційна ортопедія або інтервенційна ортобіологія.

За допомогою локального введення під навігацією стало можливим лікування складнішої патології внутрішньосуглобових пошкоджень, асептичного некрозу тощо (рис. 5).

Переваги PIT у порівнянні з класичними методами лікування, в тому числі оперативним [34]:

- економічна вигода (за підрахунками Національного інституту здоров'я США включення PIT до страхових протоколів лікування дозволить зекономити системі охорони здоров'я США близько 2 млрд доларів на рік);
- безпечний засіб для довгострокового знеболення (частота ускладнень 0,00016%);
- застосування методик у режимі хірургії одного дня та навіть в "умовах офісу";
- швидке відновлення після процедури та швидке повернення до звичайної активності;
- відсутність потреби в наркозі чи епідуральній анестезії;
- зниження потреби у довготривалому прийманні лікарських препаратів;
- мінімальна побічна дія;
- малоінвазивність технік.





**Рис. 5.** Схематичне зображення топіки введення біотехнологічних продуктів при локальній регенеративній ін'єкційній терапії кульшового та колінного суглобів [33]

**Основними показаннями до РІТ за даними літератури** [1-7, 9, 14-17, 24-27, 31, 34] є:

- остеоартроз;
- пошкодження та захворювання м'яких тканин (часткове пошкодження сухожильно-зв'язкового апарату, ентезопатії тощо);
- для регенерації та репарації при пошкодженні суглобового хряща та кістки (несправжні суглоби та переломи зі сповільненою консолидацією);
- асептичний некроз різної локалізації;
- дисплазія сполучної тканини (гіпермобільність суглобів, що супроводжується їх нестабільністю);
- вертеброгенний больовий синдром різної етіології.

**Протипоказання до застосування РІТ:**

*Абсолютні:*

- синдром дисфункції тромбоцитів;
- критична тромбоцитопенія;
- гіпофібриногенемія;
- септицемія.

*Відносні:*

- приймання НПЗП за 48 годин до процедури;
- ін'єкції кортикостероїдів за 2 тижні до процедури;
- лихоманка;
- шкірний висип у місці планованої ін'єкції;
- онкологічне захворювання (особливо крові та кісток);
- наявність в анамнезі або в момент лікування інфекції, викликані *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Klebsiella*;
- рівень Hb < 100 г/л;
- вміст тромбоцитів у крові менше, ніж  $105 \times 10^9$  /л.

**Результати та обговорення**

За результатами аналізу та узагальнення даних різних інформаційних джерел щодо застосування регенеративних технологій у травматології та ортопедії, в тому числі при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів, слід виділити наступні результати:

- розроблено робочу класифікацію біотехнологічних продуктів;
- визначено концептуальні засади застосування біотехнологічних продуктів при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів;
- визначено напрямки подальшого вивчення та аналізу результатів застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів.

**Робоча класифікація біотехнологічних продуктів для застосування при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів**

Біотехнологічні продукти, які застосовуються для РІТ, ми розподілили на 5 груп, орієнтуючись на походження та ступінь диференціювання.

**Робоча класифікація біотехнологічних продуктів для РІТ при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів:**

- 1-ша лінія – засоби, які при введенні у пошкоджену ділянку стимулюють виділення організмом власних факторів росту (розчини декстрози, фенолу, гліцерину, глюкози, озону тощо);
- 2-га лінія – аутологічні тромбоконцентрати:
  - а) з малою (менш ніж 1 млн клітин на 1 мкл) клітинністю (збіднена тромбоцитами плазма, концентрована плазма);

б) аутологічні тромбоконцентрати зі значною (понад 1 млн клітин на 1 мкл) клітинністю (збагачена тромбоцитами плазма низьколейкоцитарна та збагачена лейкоцитами, гіперконцентрат тромбоцитів, збагачений тромбоцитами фібрин);

в) кріолізат тромбоцитів;

– 3-я лінія – аутологічні концентрати жирової клітковини та кісткового мозку:

а) концентрати жиру та кісткового мозку, отримані шляхом механічної обробки (мікрофрагментований жир, концентрат аспірату кісткового мозку);

б) концентрати жиру та кісткового мозку, отримані шляхом механічної та біотехнологічної обробки (стромально-васкулярна фракція жирової клітковини, моноклеарна фракція аспірату кісткового мозку) та їх похідні;

– 4-та лінія – біотехнологічні продукти, отримані шляхом культивування клітин (мезенхімальні стовбурові клітини, фібробласти, хондроцити тощо) або іншої високотехнологічної обробки (екзосоми):

а) аутологічні;

б) алогенні;

– 5-та лінія – фармпрепарати на основі цитокінів, стовбурових клітин, генно-інженерні препарати.

Найпоширенішими для клінічного застосування є 2-га та 3-я лінія, як найбільш доступні в економічному та технологічному аспекті.

### **Засади застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів**

За результатами проведеного аналізу та узагальнення інформації щодо застосування регенеративних технологій у травматології та ортопедії, зокрема при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів, нами запропоновано наступні твердження.

– Для досягнення максимально повного позитивного клінічного ефекту біотехнологічний продукт повинен мати наступні складові частини: скаффолд та дієвий компонент – клітинний або цитокіновий, або їх поєднання.

– Менш диференційований біотехнологічний продукт є скаффолдом для більш диференційованого продукту, наприклад, плазма є скаффолдом для тромбоцитів та цитокінів, збагачена тромбоцитами плазма є скаффолдом для біотехнологічного продукту стовбурових клітин тощо.

– Для досягнення максимального клінічного ефекту застосування регенеративних технологій у пацієнтів з остеоартрозом та асептичним некрозом обов'язковою умовою є сприятливі біомеханічні умови (наприклад, згинання в колінному суглобі до 90°, відведення в кульшовому суглобі понад 20°, згинальна контрактура в кульшовому суглобі не більше 10°). За відсутності таких умов варто віддавати пере-

вагу оперативному лікуванню або поєднанню оперативного лікування та регенеративних технологій.

– Локальне введення біотехнологічного продукту має переваги за інтенсивністю та тривалістю клінічного ефекту у порівнянні з регіональним введенням, але оптимальним є комбіноване введення біотехнологічного продукту, особливо на пізніх стадіях захворювання.

– Введення більш диференційованого біотехнологічного продукту, згідно з розробленою нами робочою класифікацією, має перевагу за інтенсивністю та тривалістю клінічного ефекту над введенням менш диференційованого продукту.

– При пізніх стадіях остеоартрозу та асептичного некрозу кульшового та колінного суглобів найоптимальніший та тривалий клінічний ефект досягається при комбінованому введенні біотехнологічних продуктів, яке полягає в “підготовці” суглоба тромбоконцентратами з подальшим введенням біотехнологічного продукту аспірату кісткового мозку або жирової тканини. У випадках, коли внутрішньокісткове введення при асептичному некрозі не може бути відкладене через ризик прогресування та руйнування головки стгенової кістки, рекомендуємо віддавати перевагу післяопераційній клітинній терапії тромбоконцентратами.

– Чим більш тривалий курс клітинної терапії, тим повнішим та тривалим є клінічний ефект.

– Застосування навігації – УЗД та ЕОП моніторингу при локальному введенні біотехнологічних продуктів – створює передумови для підвищення ефективності клітинної терапії у пацієнтів з остеоартрозом та асептичним некрозом.

– Регенеративна ін'єкційна терапія при остеоартрозі та асептичному некрозі може бути самостійним методом лікування, але її поєднання з класичними оперативними методиками є доцільним за потреби покращення біомеханічних умов функціонування суглоба.

### **Напрямки подальшого вивчення та аналізу результатів застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів**

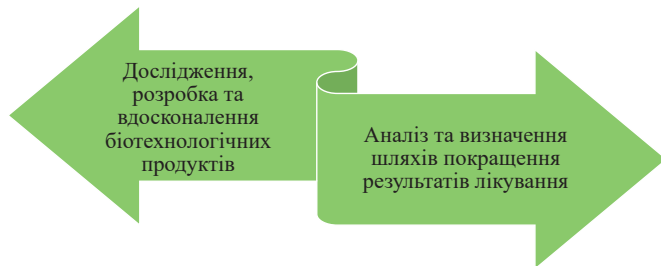
Подальше вивчення застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів слід розподілити на 2 напрямки: 1) дослідження, розробка та вдосконалення біотехнологічних продуктів, які застосовуються для лікування; 2) аналіз та визначення шляхів покращення результатів лікування (рис. 6).

Стосовно першого напрямку слід виділити наступні позиції для вивчення:

– експериментальне дослідження регенеративних ефектів біотехнологічних продуктів;

– аналіз екстраполювання зазначених ефектів з експерименту в клінічну практику;

- розробка критеріїв якості та безпеки біотехнологічних продуктів кожної з ліній згідно з робочою класифікацією.



**Рис. 6.** Напрямки дослідження застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів

Для другого напрямку ключовими позиціями є наступні:

- визначення основних методів оцінки ефективності клітинної терапії при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів;
- розробка критеріїв оцінки ефективності застосування регенеративних технологій при цих захворюваннях;
- встановлення та вивчення біомаркерів регенерації;
- вивчення та аналіз клінічних результатів застосування різних біотехнологічних продуктів, їх комбінацій та методів введення залежно від стадії остеоартрозу та асептичного некрозу кульшового та колінного суглобів.

Звичайно ж, стратегічним завданням зазначених напрямків дослідження застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів є розробка диференційованого підходу та протоколів лікування.

Для виконання цього стратегічного завдання ключовим моментом є поєднання двох парадигм – доказової та персоналізованої медицини (рис. 7).



**Рис. 7.** Схема стратегії застосування регенеративних технологій у лікуванні остеоартрозу та асептичного некрозу кульшового та колінного суглобів

## Висновки

За результатами аналізу та узагальнення даних літератури та інших інформаційних джерел щодо застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів нами отримано наступні результати: розроблено робочу класифікацію біотехнологічних продуктів, визначено концептуальні засади їх застосування при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів, визначено напрямки подальшого вивчення та аналізу результатів застосування регенеративних технологій при цих захворюваннях.

Основою робочої класифікації біотехнологічних продуктів є ступінь їх диференціації, залежно від якого вони поділяються на 5 ліній: 1-ша лінія – біотехнологічні продукти, які при введенні в пошкоджену ділянку стимулюють виділення організмом власних цитокінів; 2-га лінія – аутологічні тромбоконцентрати; 3-я лінія – аутологічні концентрати жирової клітковини та кісткового мозку; 4-та лінія – біотехнологічні продукти, отримані шляхом культивування клітин або іншої високотехнологічної обробки; 5-та лінія – фармпрепарати на основі цитокінів, стовбурових клітин, генно-інженерні препарати.

Основні концептуальні засади застосування регенеративних технологій при остеоартрозі та асептичному некрозі кульшового та колінного суглобів передбачають як покращення технік введення, так і подальше вивчення та вдосконалення біотехнологічних продуктів, які застосовуються для лікування цих захворювань, а диференційований підхід повинен об'єднати в собі принципи доказової та персоналізованої медицини.

**Конфлікт інтересів.** Ця публікація не викликає будь-якого конфлікту між авторами, не була і не буде предметом комерційної зацікавленості чи винагороди в жодній формі.

## References

1. Alderman DD, Alexander RW. Advanced in Regenerative Medicine: High-density Platelet-rich Plasma and Stem Cell Prolotherapy For Musculoskeletal Pain. *Practical Pain Management*. 2011;11(8):49-63.
2. Hauser R, Woldin B. Treating Osteoarthritic Joints Using Dextrose Prolotherapy and Direct Bone Marrow Aspirate Injection Therapy. *The Open Arthritis Journal*. 2014;7(1):1-9. DOI: 10.2174/1876539401407010001\.
3. Lubis AMT, Lubis VK. Adult bone marrow stem cells in cartilage therapy. *Acta Medica Indonesiana – Indonesian J Int Med* 2012;44(1):62-8.
4. Rabago D, Zgierska A, Fortney L, Kijowski R, Mundt M, Ryan M, et al. Hypertonic dextrose injections (prolotherapy) for knee osteoarthritis: results of a single-arm uncontrolled study with

- 1-year follow-up. *J Altern Complement Med* 2012;(4):408-14. DOI: 10.1089/ACM.2011.0030.
5. Rabago D, Patterson JJ, Mundt M, Kijowski R, Grettie J, Segal NA, et al. Dextrose prolotherapy for knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Ann Fam Med* 2013;11(3):229-37. DOI: 10.1370/afm.1504.
6. Davatchi F, Abdollahi BS, Mohyeddin M, Shahram F, Nikbin B. Mesenchymal stem cell therapy for knee osteoarthritis: preliminary report of four patients. *Int J Rheum Dis* 2011;14:211-5. DOI: 10.1111/j.1756-185X.2011.01599.x.
7. Centeno CJ, Busse D, Kisiday J, Keohan C, Freeman M, Karli D. Increased knee cartilage volume in degenerative joint disease using percutaneously implanted, autologous mesenchymal stem cells. *Pain Phys* 2008;11:343-53.
8. Emadedin M, Aghdami N, Taghiyar L, et al. Intra-articular injection of autologous mesenchymal stem cells in six patients with knee osteoarthritis. *Arch Iran Med* 2012; 15 (7): 422-8.
9. Getgood A, Henson F, Skelton C, Herrera E, Brooks R, Fortier LA, et al. The augmentation of a collagen/glycosaminoglycan biphasic osteochondral scaffold with platelet-rich plasma and concentrated bone marrow aspirate for osteochondral defect repair in sheep: a pilot study. *Cartilage* 2012;3(4):351-63. DOI: 10.1177/1947603512444597.
10. Centeno ChJ, A Jerome M, Pastoriza SM, Shapiro Sh, Physician P. Use of Bone Marrow Concentrate to Treat Pain and Musculoskeletal Disorders: An Academic Delphi Investigation. 2021;24(3):263-73. DOI:10.36076/ppj.2021/24/263.
11. Centeno ChJ, Pastoriza SM. Past, Current and Future Interventional Orthobiologics techniques and how they relate to regenerative rehabilitation: a clinical commentary. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. 2020;15(2):301-25. DOI: 10.26603/ijsp20200301 /2020.
12. Manchikanti L, Centeno ChJ, Atluri S, Albers ShL, Shapiro Sh, Malanga GA, et al. Bone Marrow Concentrate (BMC) Therapy in Musculoskeletal Disorders: Evidence-Based Policy Position Statement of American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP). *Pain Physician*. 2020;23(2):E85-E131 DOI: 10.36076/ppj.2020/23/E85.
13. Centeno Ch, Markle J, Dodson E, Stemper I, Williams Ch, Hyzy M, et al. Symptomatic anterior cruciate ligament tears treated with percutaneous injection of autologous bone marrow concentrate and platelet products: A non-controlled registry study. *Journal of Translational Medicine*. 2018;16(1):246. DOI: 10.1186/s12967-018-1623-3.
14. Centeno CJ, Hyzy MW, Williams CJ. Bone Marrow Derived Stem Cells and Their Application in Pain Medicine. In: Diwan S, Deer T, editor. *Advanced Procedures for Pain Management*. Springer: Cham; 2018. P. 469-487. DOI: 10.1007/978-3-319-68841-1\_40.
15. Centeno ChJ, Al-Sayegh H, Freeman MD, Smith J. Correction to: A multi-center analysis of adverse events among two thousand, three hundred and seventy two adult patients undergoing adult autologous stem cell therapy for orthopaedic conditions. *International Orthopaedics*. 2018;42(1):223. DOI: 10.1007/s00264-017-3680-2.
16. Centeno ChJ, Al-Sayegh H, Freeman MD, Smith J. A multi-center analysis of adverse events among two thousand, three hundred and seventy two adult patients undergoing adult autologous stem cell therapy for orthopaedic conditions. *International Orthopaedics*. 2016;40:1755-65. DOI: 10.1007/s00264-016-3162-y.
17. Linetsky F, Alfredson H, Crane D, Centeno ChJ. Treatment of Chronic Painful Musculoskeletal Injuries and Diseases with Regenerative Injection Therapy (RIT): Regenerative Injection Therapy Principles and Practice. In: *Treatment of Chronic Pain by Integrative Approaches*. New York, NY: Springer; 2015:145-168. DOI: 10.1007/978-1-4939-1821-8\_12
18. Centeno CJ, Pitts J, Al-Sayegh H, Freeman MD. Efficacy and safety of bone marrow concentrate for osteoarthritis of the hip; treatment registry results for 196 patients. *J Stem Cell Res Ther*. 2014;4(10):1-7. DOI: 10.4172/2157-7633.1000242.
19. Arden N, Blanco FJ, Bruyère O, Cooper C, Guermazi A, Hayashi D, et al. *Atlas of Osteoarthritis*. London: Springer Healthcare Ltd.; 2014:11-19.
20. Graham P. Avascular Necrosis and Bone Infarcts of the Knee. *Orthop Nurs*. 2020 Jan/Feb;39(1):59-61. DOI: 10.1097/NOR.0000000000000631.
21. Steffen RT, Athanasou NA, Gill HS, Murray DW. Avascular necrosis associated with fracture of the femoral neck after hip resurfacing: histological assessment of femoral bone from retrieval specimens. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. 2010;92(6):787-93. DOI: 10.1302/0301-620X.92B6.23377.
22. Bagan JV, Murillo J, Jimenez Y, Poveda R, Milian MA, Sanchis JM, et al. Avascular jaw osteonecrosis in association with cancer chemotherapy: series of 10 cases. *Journal of oral pathology & medicine: official publication of the International Association of Oral Pathologists and the American Academy of Oral Pathology*. 2005;34(2):120-3. DOI: 10.1111/j.1600-0714.2004.00269.x.
23. Khan AA, Sándor GK, Dore E, Morrison AD, Alsahl M, Amin F, et al. Canadian Taskforce on Osteonecrosis of the Jaw. Bisphosphonate associated osteonecrosis of the jaw. *The Journal of rheumatology*. 2009;36(3):478-90. DOI: 10.3899/jrheum.080759/.
24. <https://blog.rehabelect.net/10-startling-statistics-on-joint-replacement-surgery>.
25. Houdek MT, Wyles CC, Martin JR, Sierra RJ. Stem cell treatment for avascular necrosis of the femoral head: current perspectives. *Stem Cells and Cloning: Advances and Applications*. 2014;7:65-70. DOI: 10.2147/SCCAA.S36584.
26. Gangji V, Toungouz M, Hauzeur J-Ph. Stem cell therapy for osteonecrosis of the femoral head. *Expert Opinion on Biological Therapy*. 2005;5(4):437-42 DOI: 10.1517/14712598.5.4.437.
27. Centeno CJ, Kisiday J, Freeman M, Schultz JR. Partial regeneration of the human hip via autologous bone marrow nucleated cell transfer: A case study. *Pain Physician*. 2006;9:253-256.
28. Evans ChH. *Advances in Regenerative Orthopedics*. Mayo Clin Proc. 2013;88(11):1323-39. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.04.027.
29. Roseti L, Parisi V, Petretta M, Cavallo C, Desando G, Bartolotti I, et al. Scaffolds for Bone Tissue Engineering: State of the art and new perspectives. *Materials Scienc and Engineering*. 2017;78:1246-62. DOI: 10.1016/j.msec.2017.05.017.
30. Dhandayuthapani B, Yoshida Y, Maekawa T, Kumar DS. *Polymeric Scaffolds in Tissue Engineering Application: A Review*. *International Journal of Polymer Science*. 2011;(2011):19.
31. Xie X, Zhang Ch, Tuan RS. Biology of platelet-rich plasma and its clinical application in cartilage repair. *Arthritis Res Ther*. 2014;16(1):20. DOI: 10.1186/ar4493.
32. Centeno ChJ, Williams ChJ, Hyzy M. *Interventional orthopedics in pain medicine practice. Techniques in Regional Anesthesia [amp] Pain Management*. 2016;19(1-2):26-31. DOI: 10.1053/j.trap.2016.09.005.
33. Hackett GS, Hemwall GA, Montgomery GA. *Ligament and Tendon Relaxation Treated by Prolotherapy*. 3<sup>th</sup> ed. Springfield, Illinois(U.S.A.):CHARLESC THOMAS PUBLISHER;1958.152 p.
34. <https://centenoschultz.com/what-is-interventional-orthopedics/>.
35. Gordin K. *Comprehensive Scientific Overview on the Use of Platelet Rich Plasma Prolotherapy (PRPP)*. *Journal of Prolotherapy*. 2011;3(4):813-25.

## **Conceptual Bases of Application of Regenerative Technologies in Osteoarthritis and Avascular Necrosis of the Hip and Knee Joints**

Holiuk Ye.L.<sup>1</sup>, Poliachenko Yu.V.<sup>1</sup>, Strafun S.S.<sup>1</sup>, Haiovych I.V.<sup>1</sup>, Pshenychnyi T.Ie.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

**Summary.** We have developed a working classification of biotechnological products, defined the conceptual basis for their use in osteoarthritis and avascular necrosis of the hip and knee joints, and identified areas for further study and analysis of the results of the use of regenerative technologies in these diseases. The main conceptual principles of the use of regenerative technologies in osteoarthritis and avascular necrosis of the hip and knee joints include both the improvement of techniques for the introduction of biotechnological products and further study and improvement of biotechnological products used to treat these diseases, and a differentiated approach should combine the principles of evidence-based and personalized medicine.

**Key words:** osteoarthritis; avascular necrosis; hip joint; knee joint; regenerative technologies.

## **Концептуальные основы применения регенеративных технологий при остеоартрозе и асептическом некрозе тазобедренного и коленного суставов**

Голюк Е.Л.<sup>1</sup>, Поляченко Ю.В.<sup>1</sup>, Страфун С.С.<sup>1</sup>, Гайович И.В.<sup>1</sup>, Пшеничный Т.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

**Резюме.** Нами разработана рабочая классификация биотехнологических продуктов, определены концептуальные основы их использования при остеоартрозе и асептическом некрозе тазобедренного и коленного суставов, определены направления дальнейшего изучения и анализа результатов применения регенеративных технологий при этих заболеваниях. Основные концептуальные основы применения таких технологий предполагают как улучшение техник введения, так и дальнейшее изучение и усовершенствование биотехнологических продуктов, применяемых для лечения этих заболеваний, а дифференцированный подход должен объединить принципы доказательной и персонализированной медицины.

**Ключевые слова:** остеоартроз; асептический некроз; тазобедренный сустав; коленный сустав; регенеративные технологии.



## Функціональні результати остеосинтезу цефаломедулярним стрижнем черезвертлюгових переломів у хворих похилого і старечого віку

Сулима В.С.<sup>1</sup>, Валовіна Ю.Д.<sup>1</sup> ✉, Сабсай О.В.<sup>2</sup>, Макаров В.Б.<sup>2</sup>,  
Валовіна Н.Ю.<sup>1</sup>, Бігун Р.Р.<sup>1</sup>, Кузь У.В.<sup>1</sup>

**Резюме. Актуальність.** Незважаючи на безліч наявних хірургічних методів із використанням сучасних металофіксаторів, проблема лікування хворих похилого віку з переломами проксимального відділу стегнової кістки залишається актуальною. **Мета дослідження.** Оцінити функціональні результати хірургічного лікування хворих похилого та старечого віку з черезвертлюговими переломами стегнової кістки за допомогою цефаломедулярного блокувального стрижня (PFNA). **Матеріали і методи.** У дослідженні брали участь 193 пацієнти похилого та старечого віку (середній вік –  $76,2 \pm 10,3$  року) з черезвертлюговими переломами стегнової кістки типу 31 A1-A2.1-1.3 (АО/ОТА) після остеосинтезу цефаломедулярним фіксатором PFNA. Функціональний результат лікування визначали через 1, 3, 12, 36 місяців за Harris Hip Score (HHS), за рентгенографічними ознаками зрощення та наявністю ускладнень. Ризик повторних переломів вертлюгової ділянки протягом 10 наступних років оцінили за адаптованим інструментом оцінки ризику перелому FRAX. **Результати.** Виявили позитивні зміни HSS у динаміці через 1 місяць – 51,6; через 3 місяці – 60,2; 12 – 79,7 і через 36 місяців – 84,4 бала. Протягом 6 місяців після операції виявили вторинне зміщення кісткових фрагментів із прорізуванням шийкового леза “cut-out” у 2,3% ( $n=3$ ), міграцію шийкового компонента назовні – у 4,7% ( $n=6$ ), нагноєння післяопераційної рани – у 3,9% ( $n=5$ ) випадків. Ретроспективно проведена оцінка середнього показника за шкалою FRAX, який склав  $22,12 \pm 1,76$ . **Висновки.** Стабільно-функціональний остеосинтез черезвертлюгових переломів стегнової кістки за допомогою PFNA з раннім дозованим навантаженням травмованої кінцівки дозволив отримати задовільні функціональні результати у 95,4% хворих. Вторинне зміщення кісткових уламків з ефектом “cut-out” потребує детального аналізу усіх можливих ендо- та екзогенних чинників і виявлення найбільш вагомих. 10-річний ризик повторних переломів у хворих із переломами вертлюгової ділянки найбільше зростає у віці понад 70 років, особливо в осіб жіночої статі, і складає більшу частину остеопоротичних переломів.

**Ключові слова:** черезвертлюговий перелом; стегнова кістка; похилий та старечий вік; стрижень PFNA; FRAX.

### Вступ

Понад 95% усіх переломів проксимального відділу стегнової кістки (ПВСК) трапляються у людей віком старше 50 років [1]. Ймовірність перелому зростає вдвічі кожної вікової декади [2]. Лише в Україні протягом року фіксується понад 20 тисяч переломів ПВСК у людей похилого та старечого віку [2]. Тому переломи ПВСК у осіб похилого віку за кількісними

показниками зумовлюють глобальну медико-соціально-проблему [3, 4].

За оцінками Міжнародного фонду остеопорозу (The International Osteoporosis Foundation), у світі очікується зростання кількості переломів стегнової кістки внаслідок низькоенергетичного механізму травми з 1,7 млн (станом на 1990 рік) до 6,3 млн – у 2050 році [5]. А внаслідок поширення остеопорозу на фоні подовження тривалості життя прогнозовані показники частоти переломів ПВСК до 2050 року можуть перевищити 8,2 млн [6].

Основною метою лікування осіб похилого та старечого віку є поновлення їх фізичної активності з можливістю часткового дозованого навантаження

✉ Валовіна Ю.Д., ydvalovina@ukr.net

<sup>1</sup>Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ

<sup>2</sup>ДЗ “Спеціалізована багатопрофільна лікарня № 1 МОЗ України”, м. Дніпро

ушкодженої нижньої кінцівки завдяки вчасному проведеному ранньої надійної стабілізації перелому. Це основний чинник запобігання загрозливих для життя ускладнень, пов'язаних із лежачим положенням хворого протягом періоду консолідації [7].

Складними залишаються питання щодо вибору оптимального часу та методу хірургічного лікування геріатричних хворих із черезвертлюговими переломами стегнової кістки (ЧВПСК) та остеопорозом [8].

Багатьма науковими дослідженнями доведена перевага використання цефаломедулярних фіксаторів (Gamma, PFNA) у порівнянні з динамічним стегновим гвинтом (DHS), особливо при нестабільних багатофрагментарних переломах 31A1-A2.1-3 (за класифікацією АО/ОТА) [9, 10, 11]. Але навіть при застосуванні сучасних надійних фіксаторів (цефаломедулярних блокованих стрижнів) у 7-15% пацієнтів виникають ускладнення в післяопераційний період [12]. До них належать як вторинні зміщення нестабільних переломів (варусна та ретроверсійна міграція головки стегнової кістки), так і міграція компонентів стрижня. Одним із типових ускладнень є ефект “cut-out” – вторинне зміщення кісткових уламків із “прорізуванням” шийкового компонента стрижня у проксимальному кістковому фрагменті [12]. Серед основних причин, що зумовлюють вторинне зміщення кісткових фрагментів та виникнення “cut-out”, відомі наступні: вид фіксатора, якість репозиції фрагментів, позиціонування шийкового компонента стрижня [13, 14].

Тому аналіз результатів остеосинтезу цефаломедулярним блокувальним антиротативним стрижнем (PFNA) у хворих похилого і старечого віку з ЧВПСК залишається актуальним і потребує подальшого вивчення.

**Мета** – оцінити функціональні результати хірургічного лікування хворих похилого та старечого віку з черезвертлюговими переломами стегнової кістки за допомогою цефаломедулярного блокувального стрижня.

## Матеріали і методи

Проведений аналіз хірургічного лікування 193 хворих похилого та старечого віку (середній вік  $76,2 \pm 10,3$  року) з ЧВПСК, які були прооперовані протягом 2016-2020 років за допомогою цефаломедулярних фіксаторів PFNA (MEDGAL, UMP). Серед травмованих було 29 осіб чоловічої та 164 – жіночої статі. До дослідження були залучені люди, що ведуть активний спосіб життя, похилого та старечого віку з ЧВПСК типу 31 A1-A2.1-1.3 (за АО/ОТА) з критеріями виключення: 1) патологічні переломи; 2) поліфокальні переломи; 3) коксартроз III-IV ст.; 4) виражене порушення когнітивних функцій.

Усім хворим після загального клінічного огляду й ортопедичного обстеження було проведено рентгено-

графію в прямій проекції або КТ (за необхідності) для визначення типу перелому.

Остеосинтез PFNA виконали в середньому протягом 3 діб після травми, зважаючи на часові ризики виникнення ускладнень та периопераційної смертності [15].

Середня тривалість операції становила  $55,5 \pm 15,4$  хвилини. Невизначеним залишився функціональний та рентгенологічний стан у 67 (34,7%) хворих, оскільки після першого року з моменту операції контакт із ними був втрачений. Достовірно відома смерть 19 (9,9%) пацієнтів у середньому через  $2,3 \pm 1,2$  року протягом трирічного спостереження, що не була обумовлена оперативним втручанням. Мінімальний термін спостереження за хворими становив: 12 місяців – 126 (65,3%) пацієнтів, максимальний – 36 місяців – 68 (35,2%) пацієнтів. Середня тривалість спостереження склала  $2,8 \pm 0,2$  року. Дослідження було затверджено локальними комітетами із питань етики (з дотриманням вимог Гельсінської декларації). Середній показник індексу маси тіла (ІМТ) пацієнтів становив  $24,2 \pm 3,2$ . Усі хворі належали до класу ASA II оцінки фізичного стану хворого (згідно з даними Американського товариства анестезіологів (ASA)).

Оперативне втручання проводилось за стандартними протоколами остеосинтезу з використанням PFNA II під інтраопераційним рентгенконтролем. Усім пацієнтам призначали периопераційну антибактеріальну профілактику цефуроксимом протягом перших 24 годин після операції, а також профілактику тромбоемболічних ускладнень рівароксабаном у дозі 10 мг 1 раз на добу терміном до 35 діб. Активність пацієнтів із дозованим навантаженням за допомогою “ходунків” або двох милиць розпочинали з 2-3-ї доби після операції з урахуванням загального стану під контролем досвідчених реабілітологів-фізіотерапевтів. Рентгенологічний контроль виконували через 10-14 діб після операції.

Функціональний результат визначали через 1, 3, 12, 36 місяців за Harris Hip Score (HHS) за рентгенографічними ознаками зрощення, наявністю ускладнень.

Рентгенологічні критерії зрощення, міграції або перфорації шийковим лезом оцінювали через 6 місяців після операції. “Cut-out” визначали як прорізування шийкового компонента PFNA понад 1 мм за межі головки [16].

Оцінка ризику повторних переломів вертлюгової ділянки протягом 10 наступних років проводили за допомогою адаптованого інструменту розрахунку ризику перелому FRAX з використанням показника ІМТ та порівнювали відповідно статі пацієнтів [17].

Статистична обробка отриманих результатів була виконана за допомогою програми Statistica 6.0 (ліцензія № 122233555 product version 6.0.437.0). Для перевірки типу розподілу результатів використали Kolmogorow – Smirnov & Lillieforce та Shapiro – Wilk

W-тест. Оскільки більшість отриманих показників не відповідала закону нормального розподілу, то числові показники подані як медіанні значення та квартилі (Me [Q25; Q75]). Оцінку достовірності результатів дослідження в динаміці проводили методом непараметричної статистики для залежних сукупностей за допомогою Friedman-test (ANOVA).

## Результати та їх обговорення

Функціональний результат за HHS дозволяє оцінити больовий синдром в ушкодженій кінцівці, функцію кульшового суглоба за можливістю ходи і виконання рухів та деформацією в ділянці суглоба. У ранній післяопераційний період ці показники були невисокими. Про покращення відновлення функції ушкодженої кінцівки свідчило зростання показників HHS завдяки коректно обраній тактиці хірургічного та реабілітаційного лікування. Позитивну динаміку одужання та задовільний функціональний результат лікування у досліджуваної групи хворих за HSS наведено у табл. 1.

Таблиця 1

### Зміни функціонального показника відновлення ушкодженої кінцівки в динаміці (за HSS)

Середнє значення HSS (в балах)			
1 міс.	3 міс.	12 міс.	36 міс.
51,6	60,2	79,7	84,4

Функціональне відновлення пацієнтів за показниками HHS протягом періоду спостереження мало позитивну динаміку (рис. 1). Достовірність показників відновлення функції ушкодженої кінцівки відмічали через 1, 12, 36 місяців після операції ( $p_1=0,00285$ ,  $p_{12}=0,00353$ ,  $p_{36}=0,00078$ ). Недостовірними виявились значення показників HHS в 3 місяці після операції ( $p_3=0,23344$ ).

При визначенні достовірності результатів методом непараметричної статистики медіанні значення HHS кульшового суглоба мали 53 [50; 55] бали ( $p=0,03664$ ) через 1 місяць після операції, що вказує на значне зниження якості життя пацієнтів із ЧВПСК. Надалі було виявлено, що показники HHS зростали при наступних візитах пацієнтів: у 3 місяці – 60 [57; 63] балів ( $p=0,05696$ ), у 12 місяців – 79 [77; 84] балів ( $p=0,05889$ ), у 36 місяців – 85 [82; 91] балів ( $p=0,06750$ ). Порівнюючи в динаміці показники функціонального стану впродовж 3 місяців, відмітили покращення в 1,1 раза, через 12 місяців – в 1,5, через 36 – в 1,6 раза ( $p=0,0201$ ). Функціональне відновлення пацієнтів за HHS після остеосинтезу PFNA ЧВПСК через 36 місяців після операції досягло 80-90 балів та відповідало показнику “добре”.

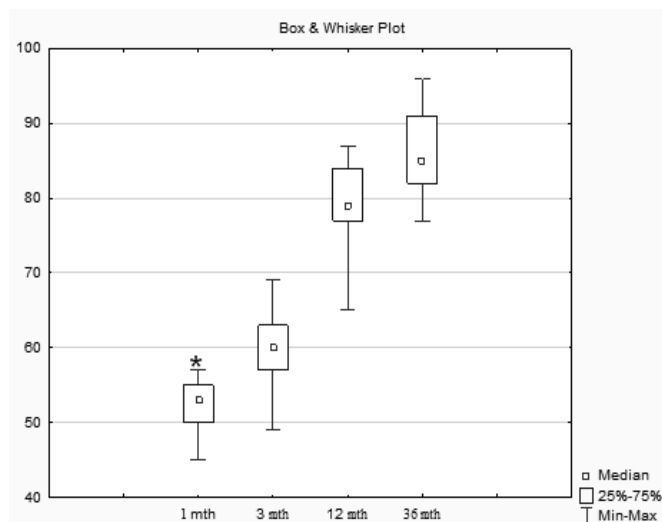


Рис. 1. Динаміка відновлення функції нижньої кінцівки за HHS \* $p<0,05$

Аналіз результатів лікування пацієнтів із ЧВПСК насамперед виявив наступні ускладнення. Вторинне зміщення кісткових фрагментів із прорізуванням шийкового леза “cut-out” настало у 2,34% ( $n=3$ ) пацієнтів протягом 1-6 місяців після операції. Нагноєння післяопераційної рани виявили у 3,9% ( $n=5$ ) випадків (табл. 2).

Таблиця 2

### Частота ускладнень після хірургічного лікування

Частота ускладнень, абс. (%)		
“Cut-out”	Міграція шийкового компонента назовні	Поверхнєве нагноєння
3 (2,34)	6 (4,68)	5 (3,9)

У двох хворих “cut-out” виявили через 2 тижні з моменту операції, в одному випадку – через місяць після остеосинтезу PFNA. В одному випадку виконали ревізію та реостеосинтез PFNA, тоді як у решти хворих після видалення конструкції провели тотальне цементне ендпротезування кульшового суглоба.

Латералізацію (міграцію) шийкового компонента виявили у 6 пацієнтів (4,68%) через 6 місяців після операції. Однак через відсутність вираженого больового синдрому та можливість самообслуговування на “ходунках” ревізійні операції не проводили, хоча на час виявлення ускладнення рентгенологічні ознаки зрощення були відсутні.

Отже, частота прорізування шийкового компонента – ефект “cut-out” цефаломедулярного стрижня та міграція назовні у досліджуваній групі були нижчими, ніж опубліковані в літературі показники для такого типу фіксатора, тоді як частота ранніх післяопераційних ускладнень відповідала середнім показникам [18].

Розрахунок десятирічної ймовірності всіх остеопоротичних переломів у осіб чоловічої та жіночої статі методом FRAX із використанням показника ІМТ виявив наступні результати: у жінок при наявному переломі ПБСК середній ризик усіх остеопоротичних переломів у віці 60-69 років складав  $9,4 \pm 0,28\%$ , тоді як у віці 70-79 років ця ймовірність була вдвічі вищою –  $18,4 \pm 0,46\%$ , і у наступні 10 років відмічене незначне зростання (до  $20,6 \pm 0,98\%$ ). При цьому ризик повторних переломів стегнової кістки у жінок вікової категорії 60-69 років складав незначну частину всіх остеопоротичних переломів –  $2,8 \pm 0,18\%$ . Проте у жінок віком 70-79 років ймовірність перелому стегнової кістки зросла втричі до  $8,32 \pm 0,38\%$  і більш ніж вдвічі у наступні 10 років – до  $17,2 \pm 3,21\%$ , складаючи більшу частину остеопоротичних переломів (табл. 3).

У чоловіків вікової групи 60-69 років із переломом стегнової кістки в анамнезі ймовірність усіх остеопоротичних переломів була дещо нижчою, ніж у жінок цієї ж вікової групи –  $7,93 \pm 0,18\%$  зі схожою тенденцією до зростання частоти з віком: до  $11,4 \pm 0,23\%$  у віці 70-79 років та  $12,6 \pm 0,68\%$  у віці 80-89 років. При цьому ймовірність повторних переломів стегнової кістки у чоловіків віком 60-69 років була вдвічі нижчою ( $1,3 \pm 0,20\%$ ), ніж у жінок у цьому ж віці, та більш ніж втричі нижчою у віці 70-79 років ( $2,3 \pm 0,31\%$ ) та у 80-89 років ( $5,0 \pm 0,21\%$ ).

Як свідчать літературні джерела та дослідження проф. В.В. Поворознюка та співавт. [19], доцільність використання FRAX полягає в оцінці ризику остеопоротичних переломів та ухваленні рішення щодо початку протиостеопоротичної терапії. Наявність хоча б одного клінічного чинника ризику збільшує ймовірність перелому від 1,7% до 3,2% залежно від чинника. При наявності двох чинників ризику ймовірність перелому стегнової кістки протягом 10 років коливається в межах 2,5-6,6%; у випадку якщо виявляють 3, 4 і 5 чинників ризику, значення можуть бути 3,8-11%; 6,7-17%, 13-24%, відповідно. За наявності всіх 6 клінічних чинників ризику 10-річна ймовірність перелому стегнової кістки становить 30%.

Проведене дослідження довело клінічну вагомість не тільки оцінки ризику, але й перспективи

подальшого призначення протиостеопоротичного лікування. Так, з 9 пацієнтів відмічені ускладнення у 3 (1,5%), міграція – 6 (3,1%), вік становив від 70 до 89 років, а ретроспективна оцінка середнього індексу FRAX складала  $22,12 \pm 1,76$  у порівнянні з пацієнтами без ускладнень, середній індекс FRAX яких складав  $18,6 \pm 0,45$ .

Оскільки ще дотепер не встановлена достовірна помилка при визначенні показника FRAX [19], слід припустити ймовірність виникнення ускладнення при величині показника FRAX понад 22 та рекомендувати проводити стабілізацію цефаломедулярним стрижнем з аугментацією, обрати іншу конструкцію стабілізатора (наприклад, двогвинтову фіксацію або первинне цементне ендпротезування кульшового суглоба). Хоча дані результати потребують подальшого ретельного аналізу.

Як переконливо свідчать результати публікацій, більшість ортопедів для остеосинтезу ЧВПСК найчастіше використовує інтрамедулярний стрижень з антиротативним спіралеподібним шийковим лезом (PFNA) [20]. Matre та спів. [21] провели аналіз результатів лікування 143 пацієнтів похилого віку з остеопорозом, яким були проведені оперативні втручання з фіксацією DHS у порівнянні з цефаломедулярним стрижнем при лікуванні хворих із переломами типу 31 A1.1-3.3. За результатами було виявлено 6% ускладнень, підтверджених рентгенологічно у перший рік після операцій в обох групах. Опубліковані дані проведених метааналізів також показали виникнення ускладнень у 10% пацієнтів похилого віку з остеопорозом протягом двох років після операції з використанням PFNA [22]. Автори доводять, якщо порівняти результати оперативного лікування хворих із ЧВПСК, у тому числі з нестабільними переломами із застосуванням двох найбільш популярних фіксаторів (PFNA і InterTAN), то PFNA призводить до меншої кількості ускладнень, особливо в перші 6 місяців після операції [23].

Незважаючи на технічну еволюцію конструкцій імплантатів, проблема міграції леза або “cut-out” усе ще залишається актуальною [24]. Показник “cut-out” для PFNA сягає 6,2%, а у Gamma стрижні коливається

Таблиця 3

**Десятирічна ймовірність виникнення переломів у осіб жіночої та чоловічої статі досліджуваних груп у різному віці при розрахунку методом FRAX із використанням показника ІМТ**

Вік, роки	Жінки		Чоловіки	
	Остеопоротичні, %	Лише стегнової кістки, %	Остеопоротичні, %	Лише стегнової кістки, %
60-69	$9,43 \pm 0,28$	$2,8 \pm 0,18$	$7,93 \pm 0,18$	$1,3 \pm 0,20$
70-79	$18,40 \pm 0,46$	$8,3 \pm 0,38$	$11,40 \pm 0,23$	$2,3 \pm 0,31$
80-89	$20,60 \pm 0,98$	$17,2 \pm 3,21$	$12,60 \pm 0,68$	$5,0 \pm 0,21$

від 1,85% до 6,7% [24]. Однак дані щодо результатів лікування нестабільних багатофрагментарних переломів типу 31.A2 1-3 досі є дискусійними через значні відмінності вихідних даних та критеріїв включення.

На сьогодні арсенал фіксаторів для остеосинтезу переломів ПБСК різноманітний. Відомо, що діаметр лека PFNA II на 20% більший, ніж затяжний гвинт стрижня Gamma 3. Через це автори наголошують на зменшенні ризику міграції шийкового компонента та виникненні "cut-out", особливо в остеопоротичній кістці. У дослідженні Simmermacher [23] доведено, що лише у випадках застосування PFNA виявили суттєву зміну співвідношення Parker між початковим розташуванням шийкового компонента та з часом спостереження. Це свідчить про сприятливу для регенерації динамізацію шийкового компонента стрижня: міграцію лека без виникнення "cut-out". Автори спостерігали більшу частоту "cut-out" у пацієнтів після остеосинтезу Gamma стрижнем [23, 25]. Для останнього покоління Gamma стрижнів з U-подібним лезом у літературі повідомляється про рівень ускладнень близько 7%. До них належать незрощення, злам U-леза, руйнування дистального гвинта, вторинний перелом стегнової кістки [26, 27]. Результати інших авторів, навпаки, свідчать про мінімальні ускладнення при використанні Gamma стрижня в поєднанні з U-лезом [28].

Однією з переваг PFNA над іншими генераціями стрижнів є можливість застосування цементної аугментації в його модифікованій версії, що суттєво посилює стабільність конструкції, а також зменшує частоту міграції шийкового компонента, особливо при вікових порушеннях архітектоники проксимальної частини стегна. З іншого боку, мультицентрові дослідження довели, що частота "cut-out", а також функціональні результати у хворих із застосуванням PFNA і аугментацією поліметилметакрилатом (PMMA) не відрізнялися від таких у пацієнтів без застосування аугментації, що може бути пов'язано з поганою якістю кісткової тканини внаслідок остеопенії та остеопорозу [29]. Але у цих випадках значно менша частота післяопераційних ревізій внаслідок зламу конструкції [29].

Виконане дослідження виявило дещо меншу кількість ускладнень при використанні PFNA у людей похилого та старечого віку в порівнянні з опублікованими даними інших авторів. Причину цього ми вбачаємо в більш ретельному відборі пацієнтів для аналізу з обов'язковим передопераційним дослідженням ступеня остеопорозу за допомогою рентгенівської двофотонної абсорбціометрії (DEXA).

## Висновки

1. Стабільно-функціональний остеосинтез черевертлюгових переломів стегнової кістки за допомогою PFNA з раннім дозованим навантаженням

травмованої кінцівки дозволив отримати задовільні функціональні результати у 95,4% хворих похилого та старечого віку (HSS – 84,4 бала) через 36 місяців після операції.

2. Десятирічний ризик повторних переломів у хворих із переломами вертлюгової ділянки найбільше зростає у віці понад 70 років, особливо в осіб жіночої статі, і складає 18,4% – 20,6% остеопоротичних переломів та 8,3% – 17,2% переломів стегнової кістки.

3. Вторинне зміщення кісткових уламків з ефектом "cut-out" діагностували у 3 (2,34%) пацієнтів, причини виникнення ускладнень потребують аналізу всіх можливих ендо- та екзогенних чинників.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів під час підготовки статті.

## References

1. Veronese N, Maggi S. Epidemiology and social costs of hip fracture. *Injury*. 2018;49(8):1458-60. DOI: 10.1016/j.injury.2018.04.015.
2. Povoroznyuk VV, Grygorieva NV, Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, Strafun SS, et al. Epidemiology of Hip Fractures in Two Regions of Ukraine. *Journal of Osteoporosis*. 2018:1-6. DOI: 10.1155/2018/7182873.
3. Succi AR, Casemyr NE, Casemyr NE, Leslie MP, Baumgaertner MR. Implant options for the treatment of intertrochanteric fractures of the hip: Rationale, evidence, and recommendations. *Bone Joint J*. 2017;99(1):128-133. DOI: 10.1302/0301-620X.99B1.BJJ-2016-0134.R1.
4. Sandmann G, Biberthaler P. Pertrochanteric femoral fractures in the elderly. *Unfallchirurg*. 2015;118(5):447-60. DOI: 10.1007/s00113-015-0007-x.
5. Elsalrawy AA, Al-Ali NS, Yaghi Y, Assagaf H, Maalouf Gh, Sadat-Ali M, et al. Middle East experience from the Asia And Latin America Fracture Observational Study (ALAFOS): Baseline characteristics of postmenopausal women with osteoporosis using teriparatide. *J Int Med Res*. 2020 Aug;48(8):1-16. DOI: 10.1177/0300060520940855.
6. Hadji P, Schweikert B, Kloppmann E, Gille P, Joeres L, Toth E, et al. Osteoporotic fractures and subsequent fractures: imminent fracture risk from an analysis of German real-world claims data. *Arch Gynecol Obstet*. 2021 Sep;304(3):703-12. DOI: 10.1007/s00404-021-06123-6.
7. Fernandez MA, Griffin XL, Costa ML. Management of hip fracture. *British Medical Bulletin*. 2015;115:165-72. DOI: 10.1016/S0140-6736(06)68891-0.
8. Mo DKC, Lau KKM, Fung DMY, Ma BHM, Lau TFO, Law ShW. Does additional weekend and holiday physiotherapy benefit geriatric patients with hip fracture? - A case-historical control study. *Hong Kong Physiother J*. 2021 Dec;41(2):109-18. DOI: 10.1142/S1013702521500104.
9. Li H, Wang Q, Dai G-G, Peng H. PFNA vs. DHS helical blade for elderly patients with osteoporotic femoral intertrochanteric fractures. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2018;22(1):1-7. DOI: 10.26355/eurrev\_201807\_15346.
10. Müller F, Dobliger M, Kottmann T, Fuchtmeier B. PFNA and DHS for AO/OTA 31-A2 fractures: radiographic measurements, morbidity and mortality. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020;46:947-53. DOI: 10.1007/s00068-019-01251-w.
11. Shou-Guo H, Bo Ch, Yong Zhang, Feng-Feng Nie, Liang J, Ming L, et al. Comparison of the Clinical Effectiveness of PFNA, PFLCP,

- and DHS in Treatment of Unstable Intertrochanteric Femoral Fracture. *American Journal of Therapeutics*. 2017;24(6):659-66. DOI: 10.1097/MJT.0000000000000346.
12. Zhang H, Zhu X, Pei G, Zeng X, Zhang N, Xu P, et al. A retrospective analysis of the InterTan nail and proximal femoral nail anti-rotation in the treatment of intertrochanteric fractures in elderly patients with osteoporosis: A minimum follow-up of 3 years. *J. Orthop. Surg. Res.* 2017;12:1-8. DOI: 10.1186/s13018-017-0648-2.
13. Morvan A, Boddaert J, Cohen-Bittan J, Picard H, Pascal-Mousselard H, Khiami F. Risk factors for cut-out after internal fixation of trochanteric fractures in elderly subjects. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2018;104:1183-87. DOI: 10.1016/j.otsr.2018.06.021.
14. Murena L, Moretti A, Meo F, Saggiore E, Barbati G, Ratti Ch, et al. Predictors of cut-out after cephalomedullary nail fixation of pertrochanteric fractures: A retrospective study of 813 patients *Arch Orthop. Trauma Surg.* 2018;138:351-9. DOI: 10.1007/s00402-017-2863-z.
15. Leicht H, Gaertner T, Günster C, Halder AM, Hoffmann R, Jeschke E, et al. Time to Surgery and Outcome in the Treatment of Proximal Femoral Fractures. *Dtsch Arztebl Int.* 2021 Jul 2;118(26):454-61. DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0165.
16. Nguyen BN, Hoshino H, Togawa D, Matsuyama Yu. Cortical Thickness Index of the Proximal Femur: A Radiographic Parameter for Preliminary Assessment of Bone Mineral Density and Osteoporosis Status in the Age 50 Years and Over Population. *Clin Orthop Surg.* 2018;10(2):149-56. DOI: 10.4055/cios.2018.10.2.149.
17. Povoroznyuk VV, Grygorieva NV, Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, Harvey NC, et al. Epidemiology of hip fracture and the development of FRAX in Ukraine. *Archives of Osteoporosis.* 2017;12:53. DOI: 10.1007/s11657-017-0343-2.
18. Ma J, Kuang M, Fan Z, Xing F, Zhao Y, Zhang L, et al. Comparison of clinical outcomes with InterTan vs Gamma nail or PFNA in the treatment of intertrochanteric fractures: A meta-analysis. *Sci Rep.* 2017;7:1-9. DOI: 10.1038/s41598-017-16315-3.
19. Povoroznyuk V, Grygorieva N, Kanis J. Ukrainian Version of FRAX: From Creation to Validation. *Pain, joints, spine.* 2017;3(23):5-14. DOI:10.22141/2224-1507.3.23.2016.85000.
20. Niu E, Ms AY, Harris AHS, Bishop J. Which fixation device is preferred for surgical treatment of intertrochanteric hip fractures in the United States? A survey of orthopaedic surgeons. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2015;473:3647-55. DOI: 10.1007/s11999-015-4469-5.
21. Matre K, Havelin LI, Gjertsen JE, Vinje T, Espehaug B, Fevang JM. Sliding hip screw versus IM nail in reverse oblique trochanteric and subtrochanteric fractures. A study of 2716 patients in the Norwegian Hip Fracture Register. *Injury.* 2013;44(6):735-42. DOI: 10.1016/j.injury.2012.12.010.
22. Yu C, Jiang LH, Cai DW, Wu J, Qin J. PFNA and InterTAN intramedullary nailing in elderly patients with femoral intertrochanteric fractures: a Meta analysis. *Zhongguo Gu Shang.* 2019;32(2):120-9. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.02.006.
23. Nie SB, Zhao YP, Li JT, Zhao Z, Zhang Z, Zhang L-C, et al. Medial support nail and proximal femoral nail antirotation in the treatment of reverse obliquity inter-trochanteric fractures (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen/Orthopedic Trauma Association 31-A3.1): a finite-element analysis. *Chin Med J (Engl).* 2020 Nov 20;133(22):2682-7. DOI: 10.1097/CM9.0000000000001031.
24. Stramazzo L, Ratano S, Monachino F, Pavana D, Rovere G, Camarda L. Cement augmentation for trochanteric fracture in elderly: A systematic review. *J Clin Orthop Trauma.* – 2021;15:65-70. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.10.034.
25. Lang NW, Breuer R, Beigboeck H, Munteanu A, Hajdu S, Windhager R, et al. Migration of the Lag Screw after Intramedullary Treatment of AO/OTA 31.A2.1-3 Pertrochanteric Fractures Does Not Result in Higher Incidence of Cut-Outs, Regardless of Which Implant Was Used: A Comparison of Gamma Nail with and without U-Blade (RC) Lag Screw and Proximal Femur Nail Antirotation (PFNA). *J Clin Med.* 2019;8(5):615. DOI: 10.3390/jcm8050615.
26. Kang JS, Kwon YT, Suh YJ, Lee TJ, Ryu DJ. Outcomes of U-Blade Lag Screw for Cephalomedullary Fixation of Unstable Trochanteric Femur Fractures: A Case Control Study. *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation.* 2020;11:1-8. DOI: 10.1177/2151459320979975.
27. Choi K, Kim Y, Zhou S, Hwang J. Failure of a Rotation Control Gamma 3 Lag Screw Used to Treat a Trochanteric Fracture. *Hip Pelvis.* 2018;30(2):129-33. DOI: 10.5371/hp.2018.30.2.129.
28. Yoo J, Kim S, Choi J, Hwang J. Gamma 3 U-Blade lag screws in patients with trochanteric femur fractures: are rotation control lag screws better than others? *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* 2019;14(440):1-9. DOI: 10.1186/s13018-019-1427-z.
29. Kammerlander C, Hem ES, Klopfer T, Gebhard F, Sermon A, Dietrich M, et al. Cement augmentation of the Proximal Femoral Nail Antirotation (PFNA) - A multicentre randomized controlled trial. *Injury.* 2018;49(8):1436-44. DOI: 10.1016/j.injury.2018.04.022.

## Functional Results of Cephalomedullary Nail Osteosynthesis of Transtrochanteric Fractures in Elderly Patients

Sulyma V.S.<sup>1</sup>, Valovina Yu.D.<sup>1</sup>, Sabsai O.V.<sup>2</sup>, Makarov V.B.<sup>2</sup>, Valovina N.Yu.<sup>1</sup>, Bibun R.R.<sup>1</sup>, Kuz U.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk

<sup>2</sup>SI "Specialized Multidisciplinary Hospital No. 1 of the Ministry of Health of Ukraine", Dnipro

**Summary. Relevance.** Despite many surgical techniques that use modern metal fixators, treatment of elderly patients with fractures of the proximal part of the hip still remains relevant. **Objective:** to evaluate the functional results of surgical treatment of elderly patients with transtrochanteric fractures of the femur using a cephalomedullary locking nail (PFNA). **Materials and Methods.** The study involved 193 elderly patients (mean age 76.2±10.3 years) with transtrochanteric fractures of the femur type 31 A1-A2.1-1.3 (AO/OTA) after osteosynthesis by PFNA cephalomedullary fixator. The functional outcome of the treatment was determined after 1, 3, 12, and 36 months by Harris Hip Score (HHS), radiographic signs of bone union, and the presence of complications. The risk of recurrent trochanteric fractures over the next 10 years was calculated by adapted FRAX scale. **Results.** Positive changes were found by HSS,

in the dynamics: 51.6 after 1 month, 60.2 after 3 months, 79.7 after 12 months, and 84.4 after 36 months. Within 6 months after the surgery, the following changes were found: secondary displacement of bone fragments with the “cut-out” eruption of the cervical blade in 2.3% ( $n=3$ ), migration of the cervical component outward in 4.7% ( $n=6$ ), and inflammation of surgical wound in 3.9% ( $n=5$ ) of cases. Retrospectively, the average FRAX score was assessed ( $22.12 \pm 1.76$ ). **Conclusions.** Stable functional osteosynthesis of transtrochanteric fractures of the femur using PFNA combined with early dosed loading on the injured limb allowed to obtain satisfactory functional results in 95.4% of cases. Secondary displacement of bone fragments with the “cut-out” effect requires a detailed analysis of all possible endo- and exogenous factors and identification of the most significant ones. The 10-year risk of recurrent fractures in patients with trochanteric fractures significantly increases over the age of 70, especially in females, and accounts for the majority of osteoporotic fractures.

**Key words:** transtrochanteric fracture; femur; old age; PFNA nail; FRAX.

### Функциональные результаты остеосинтеза цефаломедулярным стержнем чрезвертельных переломов у больных пожилого и старческого возраста

Сулима В.С.<sup>1</sup>, Валовина Ю.Д.<sup>1</sup>, Сабсай О.В.<sup>2</sup>, Макаров В.Б.<sup>2</sup>, Валовина Н.Ю.<sup>1</sup>, Бигун Р.Р.<sup>1</sup>, Кузь У.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ивано-Франковский национальный медицинский университет,  
г. Ивано-Франковск

<sup>2</sup>ГУ “Специализированная многопрофильная больница № 1 МЗ Украины”, г. Днепр

**Резюме. Актуальность.** Несмотря на множество существующих хирургических методов с использованием современных металлофиксаторов, проблема лечения больных пожилого и старческого возраста с переломами проксимального отдела бедренной кости остается актуальной. **Цель исследования.** Оценить функциональные результаты хирургического лечения больных пожилого и старческого возраста с чрезвертельными переломами бедренной кости с помощью цефаломедулярного блокирующего стержня (PFNA). **Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 193 пациента пожилого и старческого возраста (средний возраст –  $76,2 \pm 10,3$  года) с чрезвертельными переломами бедренной кости типа 31 A1-A2.1-1.3 (AO/OTA) после остеосинтеза цефаломедулярным фиксатором PFNA. Функциональный результат лечения определяли через 1, 3, 12, 36 месяцев по Harris Hip Score (HHS), по рентгенографическим признакам сращения и наличию осложнений. Риск повторных переломов вертлужной области в течение 10 последующих лет оценивали по адаптированному инструменту оценки риска перелома FRAX. **Результаты.** Обнаружили положительные изменения HSS в динамике через 1 месяц – 51,6; через 3 месяцев – 60,2; 12 – 79,7 и через 36 месяцев – 84,4 балла. В течение 6 месяцев после операции обнаружили вторичное смещение костных фрагментов с прорезыванием шеечного лезвия “cut-out” в 2,3% ( $n=3$ ), миграцию шеечного компонента наружу – в 4,7% ( $n=6$ ), нагноение послеоперационной раны – в 3,9% ( $n=5$ ) случаев. Ретроспективно проведена оценка среднего показателя с помощью инструмента FRAX, который составил  $22,12 \pm 1,76$ . **Выводы.** Стабильно-функциональный остеосинтез чрезвертельных переломов бедренной кости с помощью PFNA с ранней дозированной нагрузкой травмированной конечности позволил получить удовлетворительные функциональные результаты у 95,4% больных. Вторичное смещение костных отломков с эффектом “cut-out” требует детального анализа всех возможных эндо- и экзогенных факторов и выявления наиболее значимых. 10-летний риск повторных переломов у больных с переломами вертлужной области существенно увеличивается в возрасте старше 70 лет, особенно у лиц женского пола, и составляет большую часть остеопоротических переломов.

**Ключевые слова:** чрезвертельный перелом; бедренная кость; пожилой и старческий возраст; стержень PFNA; FRAX.

## Патологічні рухові феномени в променево-зап'ястковому суглобі після транспозиції круглого пронатора при дисфункції м'язів задньої поверхні передпліччя, зумовленої денерваційним процесом травматичного генезу

Гацький О.О.<sup>1</sup>, Третьак І.Б.<sup>1</sup>, Цимбалюк В.І.<sup>1</sup>, Базік О.М.<sup>1</sup>, Цимбалюк Я.В.<sup>1</sup> ✉

**Резюме. Актуальність.** Дисфункція м'язів задньої поверхні передпліччя призводить до втрати розгинання в променево-зап'ястковому суглобі, п'ясно-фалангових суглобах і втрати відведення та розгинання першого пальця. Причиною дисфункції є ушкодження променевого нерва, надключичне або підключичне ушкодження плечового сплетення. Довгий регенераційний процес унеможливорює ефективно використання ушкодженої кінцівки протягом тривалого періоду. Паліативне використання переміщень (транспозиції) м'язів дозволяє суттєво скоротити термін повернення пацієнта до активного використання ушкодженої кінцівки. Кожна з транспозицій м'язів має певні недоліки, пов'язані з розвитком патологічних рухових феноменів (ПРФ) у променево-зап'ястковому суглобі. Шляхи їх подолання ґрунтуються на суто механістичному підході, який найчастіше спрощується до зміни точки кріплення первинних м'язів-ефекторів, які не функціонують. **Мета дослідження.** Визначення найбільш адекватного комплексного хірургічного підходу для забезпечення ефективної функції розгинання у променево-зап'ястковому суглобі та п'ясно-фалангових суглобах. **Матеріали і методи.** Проведено ретроспективний аналіз хірургічного лікування 30 послідовних випадків дисфункції м'язів задньої поверхні передпліччя, зумовлених травматичним ушкодженням структур периферійної нервової системи (ПНС) різної локалізації. 23 пацієнти – з ушкодженням променевого нерва, 7 пацієнтів – із патологією плечового сплетення. Середній вік пацієнтів становив 41 рік (від 18 до 64 років). Середні терміни проведення первинного хірургічного відновлення становили 4,6 міс. 7 пацієнтам проведено лише ревізію променевого нерва в межах сегмента (дефект >10 см); 6 пацієнтам виконано невротизацію заднього міжкісткового нерва за методикою Maskinon; 5 пацієнтам виконано аутологічну пластику променевого нерва (дефект <10 см); 5 пацієнтам виконано його невроліз. 6 пацієнтам із патологією плечового сплетення виконано невроліз, в 1 випадку виконано невротизацію заднього міжкісткового нерва за методикою Maskinon. Усім пацієнтам було виконано транспозицію круглого пронатора передпліччя (РТ) за стандартною методикою. 12 пацієнтам було виконано транспозицію м'язів променевого згинача (FCR, 4 випадки) або ліктьового згинача кисті (FCU, 8 випадків) за стандартною методикою. Оцінка результатів транспозиції проводилася через 1 міс. або пізніше 6 міс. за допомогою клінічного неврологічного методу, оцінка відновлення структур ПНС – у терміни 9-12 міс. та додатково у терміни >15 міс. за допомогою клінічного неврологічного та електрофізіологічного методів обстеження. **Результати.** У 6 пацієнтів не настало відновлення розгинання в п'ясно-фалангових суглобах (РПФС), у 12 пацієнтів настало повне відновлення РПФС після втручань на структурах ПНС (4 випадки – аутологічна пластика, 7 випадків – дистальна невротизація, 1 випадок – невроліз променевого нерва). У 8 пацієнтів не спостерігалось формування ПРФ при розгинанні у променево-зап'ястковому суглобі після транспозиції м'язів. У 15 пацієнтів сформувався ПРФ "вид В", у 7 пацієнтів – ПРФ "вид С" терміном 1 міс. після транспозиції м'язів. У жодного пацієнта не спостерігали збереження ПРФ "вид С" у терміни >6 міс. У 8 пацієнтів сформувався постійний ПРФ "вид В", який у 4 випадках трансформувався у ПРФ "вид D". Формування сталого ПРФ "вид D" зафіксовано в усіх випадках невролізу структур ПНС без проведення відновлення роз-



гинання в п'ясно-фалангових суглобах шляхом транспозиції. Формування сталого ПРФ "вид В" зафіксовано у всіх випадках транспозиції FCU для відновлення РПФС. В 11 випадках редукції первинної функції FCR внаслідок його денервації (невротизація за методикою Maskinon) або транспозиції м'язів FCR (зміна первинної точки кріплення) ПРФ "вид В" не розвинувся. **Висновки.** На основі результатів проведеного дослідження встановлено, що найбільш адекватним комплексним хірургічним підходом, що дозволяє уникнути формування сталого ПРФ, зумовленого транспозицією м'язів для відновлення розгинання в променево-зап'ястковому суглобі, є його поєднання з невротизацією за методикою Maskinon або транспозиції FCR для відновлення РПФС.

**Ключові слова:** променевий нерв; транспозиція м'язів; круглий пронатор передпліччя; невротизація; аутологічна пластика; невроліз.

## Вступ

Дисфункція м'язів задньої поверхні передпліччя призводить до втрати розгинання в променево-зап'ястковому суглобі (ПЗС), п'ясно-фалангових суглобах (ПФС) та втрати відведення та розгинання першого пальця [1]. Наслідком цього у свою чергу є суттєві порушення функції верхньої кінцівки [1]. Причиною дисфункції найчастіше є ушкодження променевого нерва (ПрН) [3] та, значно рідше, надключичні (НТУ-ПС) чи підключичні (ПТУ-ПС) ушкодження плечового сплетення [2].

Ушкодження ПрН переважно є ускладненням травми кісткового апарату верхньої кінцівки [3]. Закриті ушкодження ПрН мають усі характеристики, притаманні тракційним ушкодженням периферійного нерва, та в більшості випадків не супроводжуються порушенням його анатомічної цілісності [4]. Тракційний механізм травми обумовлений, у першу чергу, особливостями топографії ПрН на його шляху від аксиллярної ямки до м'язів-ефекторів, зокрема та в першу чергу, м'язів задньої поверхні передпліччя [1]. Реконструкція ушкоджень кісткового апарату методом накісткового чи внутрішньокісткового синтезів нерідко супроводжується приєднанням відкритого (ятрогенного) ушкодження ПрН [3]. Рівень такого ушкодження прямо впливає на методику відновлення анатомічної цілісності ПрН [3]. Так, у міру наближення локалізації відкритого ушкодження до аксиллярної ямки, виконання шва (Ш) ПрН "кінець-в-кінець" стає неможливим, а відновлення анатомічної цілісності вимагає проведення аутологічної пластики (АП) [3], результати якої залежать від розмірів дефекту між куксами нерва [3].

Поєднання двох типів ушкодження: а) тракційного (без порушення анатомічної цілісності); б) відкритого (із порушенням анатомічної цілісності),

незважаючи на загалом потужний регенераційний потенціал ПрН, може призводити до затримки чи взагалі відсутності відновлення функції м'язів-ефекторів [3]. Використання сучасних досягнень реконструктивно-відновної хірургії структур периферійної нервової системи (ПНС), а саме дистальної невротизації [3], дозволяє скоротити час очікування ефективного відновлення функції, зокрема, м'язів задньої поверхні передпліччя [3]. Незважаючи на це, тривалий регенераційний процес [3] після реконструкції будь-якого периферійного нерва будь-яким методом [1] унеможливує ефективне використання ушкодженої кінцівки протягом довгого періоду очікування відновлення, а тривала дисфункція призводить до тривалої та стійкої інвалідизації пацієнта [1].

Сьогодні паліативне використання переміщень (транспозиції) м'язів (ТМ) є інтегральною складовою лікувального плану при дисфункції м'язів задньої поверхні передпліччя [1], дозволяє суттєво скоротити терміни повернення пацієнта до активного користування ушкодженою кінцівкою в повсякденному житті. ТМ може проводитись як одночасно із реконструкцією ушкоджених структур ПНС, так і з короткою (від декількох тижнів) чи довгою відстрочкою (місяці) [1]. Використання ТМ у віддаленому періоді (понад 1 рік) найчастіше зумовлено неефективністю проведеного реконструктивного втручання на структурах ПНС [1].

Традиційно для відновлення розгинання в ПЗС (РПЗС) використовується переміщення м'яза круглого пронатора передпліччя (РТ) за однією із методик [1]. Відновлення розгинання в п'ясно-фалангових суглобах (РПФС) вимагає проведення додаткового переміщення м'язових структур, які функціонують [5]. До сьогодні не досягнуто консенсусу з приводу найкращої комбінації ТМ для одночасного чи етапного відновлення як РПЗС, так і РПФС [5]. Типовими є 4 види комбінацій: за Merle d'Aubigne [6], Tubiana [7], Starb чи Tsuge [8, 9], Boyes чи Chuinard [10, 11]. Будь-яка з наведених чотирьох комбінацій передбачає використання РТ для від-

✉ Цимбалюк Я.В., yaroslav.neuro@gmail.com

'ДУ "Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України", відділення відновлювальної нейрохірургії з рентгеноопераційною, м. Київ

новлення РПЗС та променевого (FCR) чи ліктьового (FCU) згиначів кисті для відновлення насамперед РПФС. Кожна із наведених комбінацій має певні недоліки, пов'язані із розвитком патологічних рухових феноменів (ПРФ) у ПЗС щодо осі кінцівки. ПРФ індуковані власне додатковою ТМ, направленою на відновлення РПФС [1]. ПРФ – це девіації в ПЗС або компенсаторні рухи для їх виправлення. Індуковані додатковою ТМ ПРФ мають досить чітке біомеханічне пояснення [1]: надлишкова радіарна чи ульнарна девіація в ПЗС, зумовлена втратою стабілізуючої функції FCU (більшою мірою) та FCR (меншою мірою), відповідно. Причинам виникнення ПРФ, зумовлених переміщенням РТ для відновлення РПЗС, приділено значно менше уваги, а шляхи їх подолання ґрунтуються на суто механістичному підході, що найчастіше спрощується до зміни точки кріплення первинних м'язів-ефекторів (довгого та короткого розгиначів кисті), які не функціонують [7, 12].

Враховуючи гетерогенність характеристик та локалізації травм ПНС, що призводять до дисфункції м'язів задньої поверхні передпліччя, гетерогенність первинних методів хірургічного відновлення (втручання власне на структурах ПНС), гетерогенність вторинних методів відновлення функції (втручання на сухожильно-м'язовому апараті), прогнозування виникнення ПРФ та їх динаміка залишаються без однозначних відповідей.

**Мета дослідження** – аналіз причин виникнення ПРФ, їх впливу на функцію РПЗС, зв'язків із первинними (втручання на структурах ПНС) та вторинними (транспозиція м'язових структур) методами відновлення функції м'язів задньої поверхні передпліччя, визначення найбільш адекватного комплексного хірургічного підходу для забезпечення ефективної функції РПЗС та РПФС.

## Матеріали і методи

**Дизайн дослідження:** проведено ретроспективний аналіз хірургічного лікування 30 послідовних випадків дисфункції м'язів задньої поверхні передпліччя, зумовлених травматичним ушкодженням структур ПНС різної локалізації в відділенні відновлювальної нейрохірургії з рентгеноопераційною ДУ “Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України” протягом 2016-2019 рр.

**Епідеміологічна характеристика пацієнтів, включених до дослідження** (табл. 1): середній вік пацієнтів становив 41 рік (від 18 до 64 років). До дослідження включено 21 пацієнта чоловічої статі (70%) та 9 пацієнтів жіночої статі (30%).

У 23 пацієнтів (77%) дисфункція м'язів задньої поверхні передпліччя була зумовлена ушкоджен-

ням ПрН, асоційованого із переломом/остеосинтезом діафізу плечової кістки (у т. ч. 2 випадки – вогнепальні ушкодження верхньої кінцівки); у 7 пацієнтів (23%) – патологією плечового сплетення травматичного (3 пацієнти із НТУ-ПС та 2 пацієнти із ПТУ-ПС) та компресійного генезу (2 випадки за давненого ТОС). Середні терміни проведення первинного хірургічного відновлення (втручання на структурах ПНС) становили 4,6 міс. (від 2 до 11 міс.).

**Характеристика первинних хірургічних методів відновлення** (табл. 1): серед методів первинного хірургічного відновлення (втручання на структурах ПНС) пацієнтам із ушкодженням ПрН:

- у 13 випадках виконано ревізію місця ушкодження в межах сегмента плеча (53%) без подальшої реконструкції власне анатомічної цілості ПрН, що було обумовлено наявністю дефекту більш критичних розмірів (>10 см);

- у 6 випадках (46%) (із загалом 13 випадків лише ревізії ПрН) виконано невротизацію заднього міжкісткового нерва гілкою серединного нерва до м'яза променевого згинача кисті за методикою [3];

- у 5 випадках (23,5%) виконано аутологічну пластику ПрН (дефект <10 см);

- у 5 випадках (23,5%) виконано невроліз ПрН у межах сегмента плеча, що було обумовлено збереженням анатомічної цілості ПрН (у тому числі фасцикулярної внутрішньостовбурової структури).

У жодному випадку шва “кінець-в-кінець” ПрН виконано не було, що було зумовлено рівнем ушкодження та розмірами дефекту ПрН після визначення макро- та мікроскопічно життєздатних фасцикул (без використання морфологічних методів верифікації життєздатності кукс) при повному порушенні його анатомічної цілості.

Усім 7 пацієнтам із патологією плечового сплетення різного генезу виконано невроліз (100%) відповідних структур у межах ушкодженої анатомічної ділянки, у 1 випадку (14%) (із загалом 7 випадків лише невролізу при НТУ-ПС та ПТУ-ПС) виконано невротизацію заднього міжкісткового нерва гілкою серединного нерва до м'яза променевого згинача кисті за методикою [3].

**Характеристика вторинних хірургічних методів відновлення** (табл. 1): усім 30 пацієнтам (100%) після проведення відповідного первинного хірургічного відновлення (втручання на структурах ПНС) того ж дня було виконано вторинне хірургічне відновлення функції РПЗС шляхом ТМ круглого пронатора передпліччя (РТ) за стандартною методикою [1].

7 пацієнтам (54%) (із загалом 13 випадків лише ревізії ПрН) того ж дня було виконано додаткове вторинне хірургічне відновлення функції РПФС

Таблиця 1

**Характеристика пацієнтів, включених до дослідження**

№ п/п	Стать	Вік (р.)	ТВР (міс.)	Рівень ушкодження структур ПНС						ПРФ після транспозиції РГ (первинний, вид, динаміка) залежно від термінів оцінювання		Відновлення РПФС (результат, використані методи)		
				Променевий нерв				НТУ-ПС <sup>1</sup>	ПТУ-ПС <sup>2</sup>	1 міс.	> 6 міс.	ТМ (FCR)	ТМ (FCU)	NT
				Метод реконструкції										
				АП	Ш	Н	н/в	Н	Н					
1	ч	36	5				+			A	A			+
2	ж	61	3				+			A	A			+
3	ч	24	3					+		C	A			+
4	ч	32	4			+				B	A	Без відновлення		
5	ж	64	6				+			C	A	+		
6	ч	49	7					TOS		C	A	+		
7	ч	23	4	+						B	A	Повне відновлення		
8	ч	26	8	+						B	A	Без відновлення		
9	ч	31	10				+			A	A		+	
10	ч	46	11				+			C	A	+		
11	ч	26	4					+		B	B		+	
12	ч	23	5				+			A	A			+
13	ж	46	2				+			C	A	+		
14	ч	54	7						+	B	B	Без відновлення		
15	ж	62	3				+			B	B		+	
16	ч	60	4			+				B	B	Без відновлення		
17	ч	44	3	+						B	A	Повне відновлення		
18	ч	24	3						+	B	A		+	
19	ч	18	5				+			A	A		+	
20	ч	39	4	+						B	A	Повне відновлення		
21	ж	57	2			+				B	B	Без відновлення		
22	ч	40	4				+			A	A			+
23	ч	24	2			+				A	A	Повне відновлення		
24	ч	40	9					TOS		B	A		+	
25	ж	62	2				+			B	B		+	
26	ж	29	2			+				B	B	Без відновлення		
27	ч	45	3				+			C	A			+
28	ж	32	4	+						A	A	Повне відновлення		
29	ж	63	3				+			C	A			+
30	ч	55	6					+		B	B		+	

ТВР – термін виконання реконструктивного втручання; ПРФ – патологічний руховий феномен; РПФС – розгинання в п'ясно-фалангових суглобах 2-5 пальців; ТМ – транспозиція м'яза; NT – невротизація заднього міжкісткового нерва; АП – аутологічна пластика нерва; Ш – шов нерва; Н – невроліз нерва; н/в – реконструкція нерва не виконувалась; НТУ-ПС – надключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 1-3 за Chuang<sup>1</sup>); ПТУ-ПС – підключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 4 за Chuang<sup>2</sup>); TOS – синдром грудного виходу; FCR – променевий згинач кисті; FCU – ліктьовий згинач кисті

методом ТМ променевого згинача (FCR, 3 випадки) циркулярним та ліктьового згинача кисті (FCU, 4 випадки) циркулярним шляхами за стандартною методикою [7, 9]. 4 пацієнтам (57%) (із загалом 7 випадків лише невролізу при НТУ-ПС та ПТУ-ПС) виконано додаткове вторинне хірургічне відновлення функції РПФС методом ТМ променевого згинача (FCR, 1 випадок) циркулярним та ліктьового згинача кисті (FCU, 3 випадки) циркулярним шляхами за стандартною методикою [7, 9].

**Особливості раннього післяопераційного періоду:** медикаментозна терапія та ведення хірургічних ран усіх пацієнтів в післяопераційному періоді проводились відповідно до затверджених національних та галузевих стандартів [13]. Пацієнтам, включеним до дослідження, після проведення ТМ проводилась іммобілізація ПЗС (усім) та ПФС (тим, кому виконано додаткове вторинне хірургічне відновлення РПФС) гіпсовою пов'язкою протягом 3 тижнів за стандартною методикою. Усім пацієнтам після припинення іммобілізації проведено від 3 до 7 сеансів 30-хвилинної реабілітації/перенавчання під наглядом хірурга, що виконував ТМ. Подальша реабілітація пацієнта проводилась на базі регіональних фізіотерапевтичних відділень з обов'язковим оглядом в терміни >6 міс. та/або при зверненні пацієнта в інші терміни.

**Оцінювання результатів первинного хірургічного відновлення:** оцінювання результатів первинного хірургічного відновлення (втручання на структурах ПНС) РПФС проводилось за допомогою клінічного неврологічного обстеження в терміни передбачуваної регенерації (9-12 міс. залежно від методу) та додатково за допомогою електрофізіологічного методу (голкова, стимуляційна електронейроміографія за стандартною методикою відповідно до затверджених національних та галузевих стандартів) в терміни >15 міс. за умов відсутності клінічних ознак відновлення функції м'язів задньої поверхні передпліччя.

**Оцінювання результатів додаткового вторинного хірургічного відновлення:** оцінювання результатів ТМ для відновлення РПФС (у тих, кому вторинне хірургічне відновлення РПФС проводилось у ранні (1 міс.) та пізні терміни (>6 міс.)).

**Особливості оцінювання результатів ТМ для відновлення РПЗС:** оцінювання ефективності функції РПЗС у ранні та пізні терміни після проведення вторинного хірургічного відновлення проводили за допомогою визначення кутового відхилення кисті (ефективною вважалась здатність забезпечити РПЗС >20° відносно нейтрального положення), витривалості (здатність утримати РПЗС протягом щонайменше 60 с) із навантаженням (порожній келих), наявності чи відсутності ПРФ, що

супроводжують РПЗС, їх редукції із плином часу, наявності чи відсутності компенсаторного рухового механізму ПРФ.

Загалом при первинному оцінюванні ефективності РПЗС було виділено 3 основні види патологічних рухових феноменів (ПРФ), що супроводжували функцію переміщеного РТ: "вид А" – РПЗС без ПРФ; "вид В" – ПРФ, що супроводжується обмеженням кута РПЗС та вираженою радіарною девіацією кисті; "вид С" – ПРФ без обмеження РПЗС, що супроводжується згинанням у міжфалангових суглобах (ЗМФС) (рис. 1).

## Результати

### **Результати первинного хірургічного відновлення РПФС**

Серед 5 пацієнтів, яким як метод первинного хірургічного відновлення було використано аутологічну пластику ПрН, у 4 відзначали повне ефективне відновлення РПФС в терміни від 12-15 міс. У одного пацієнта не спостерігали клінічних неврологічних та електрофізіологічних ознак відновлення в терміни 17 міс. Загальна ефективність методу досягла 80%. Серед 5 пацієнтів, яким як метод первинного хірургічного відновлення було використано невроліз ПрН, лише у 1 відзначали повне ефективне відновлення РПФС у терміни 13 міс. У 4 пацієнтів не спостерігали клінічних неврологічних та електрофізіологічних ознак відновлення в терміни 17-19 міс. Загальна ефективність методу складала 20%. У всіх 7 пацієнтів, яким як метод первинного хірургічного відновлення було використано невротизацію заднього міжкісткового нерва гілкою серединного нерва до м'яза променевого згинача кисті за методикою [3], відзначали повне ефективне відновлення РПФС у терміни від 12-15 міс. Загальна ефективність методу досягла 100%. В одного пацієнта із ПТУ-ПС не спостерігали клінічних неврологічних та електрофізіологічних ознак відновлення в терміни 24 міс. Загальна ефективність методу складала 0%.

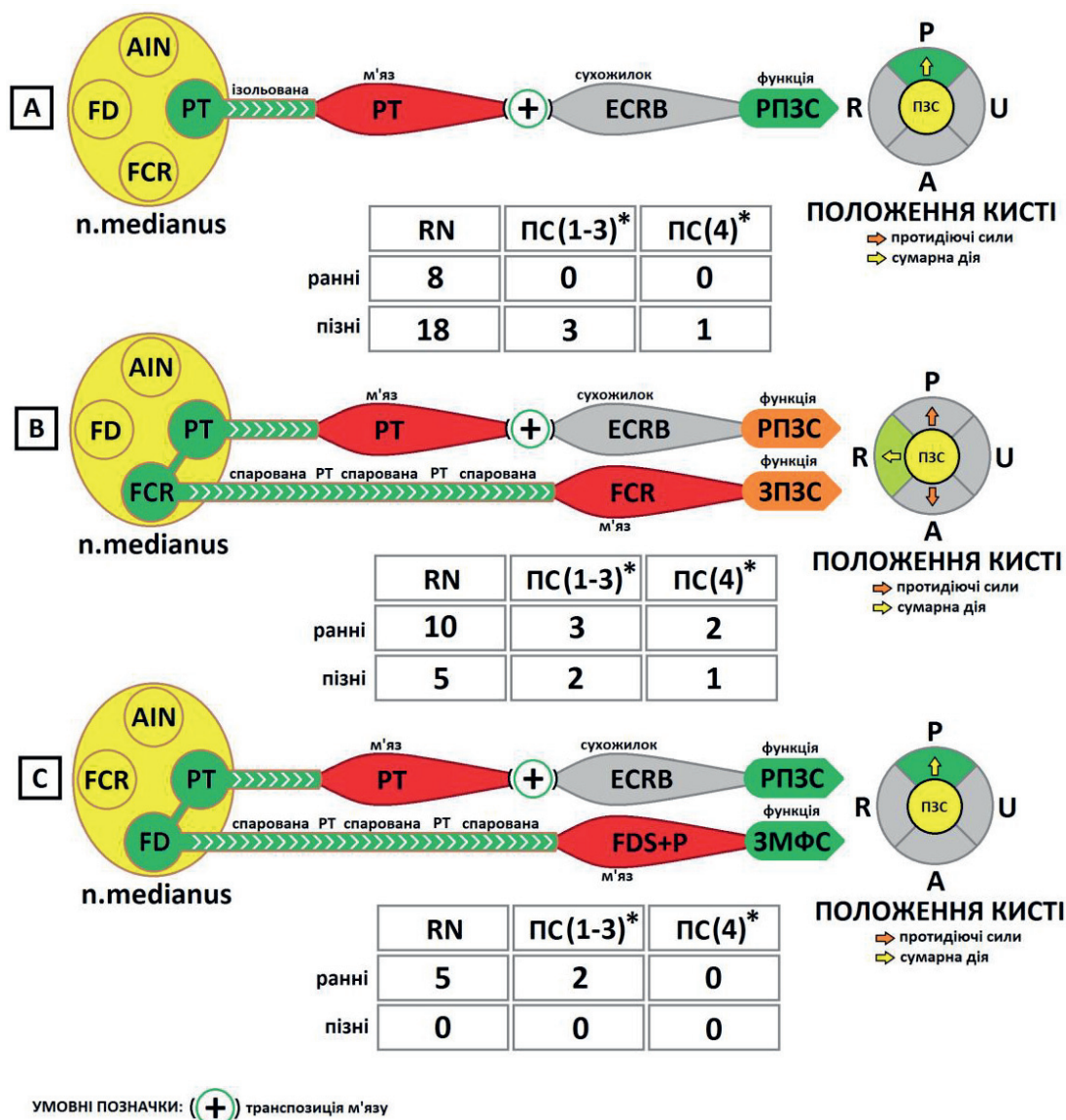
Загалом ефективність відновлення РПФС за допомогою первинних хірургічних методів відновлення складала 65%.

### **Результати додаткового вторинного хірургічного відновлення РПФС**

У всіх 12 пацієнтів, яким як метод додаткового хірургічного відновлення РПФС було використано ТМ (переміщено роздвоєний FCR чи FCU), вдалось досягнути ефективного РПФС і функції відведення та розгинання першого пальця кисті.

### **Результати ТМ для відновлення РПЗС**

Серед 30 пацієнтів після проведення вторинного хірургічного РПЗС за допомогою ТМ у 8 пацієнтів



**Рис. 1.** А – РПЗС без ПРФ; В – ПРФ, що супроводжується обмеженням РПЗС та радіарною девіацією кисті; С – ПРФ без обмеження РПЗС, що супроводжується ЗМФС

ПРФ – патологічний руховий феномен; ПЗС – променево-зап'ястковий суглоб; Р – задня поверхня передпліччя; А – передня поверхня передпліччя; R – радіарний край передпліччя; U – ульнарний край передпліччя; РПЗС – розгинання в променево-зап'ястковому суглобі; ЗПЗС – згинання в променево-зап'ястковому суглобі; ЗМФС – згинання в міжфалангових суглобах пальців; RN – променевий нерв; ПС(1-3)\* – надключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 1-3 за Chuang\*); ПС(4)\* – підключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 4 за Chuang\*); АІН – волокнини переднього міжкісткового нерва; FCR (у стовбурі n.medianus) – волокнини до променевого згинача кисті; FCR – власне м'яз променевий згинач кисті; РТ (у стовбурі n.medianus) – волокнини до круглого пронатора передпліччя; РТ – власне м'яз круглий пронатор передпліччя; FD (у стовбурі n.medianus) – волокнини до поверхневих та глибоких згиначів пальців; ECRB – короткий променевий розгинач кисті; FDS+P – поверхневий та глибокий згиначі пальців; ранні – оцінювання в 1 міс.; пізні – оцінювання в терміни >6 міс.

(27%) не спостерігали формування ПРФ “вид В” та “вид С” (рис. 1), обсяг РПЗС відповідав ефективному показнику (>20°), а витривалість перебільшувала 60 с. У 15 пацієнтів (50%) в ранні терміни після проведення вторинного хірургічного відновлення РПЗС за допомогою ТМ спостерігали формування ПРФ “вид В”,

що супроводжувався обмеженням обсягу РПЗС – не відповідав ефективному показнику (<10°) – та радіарною девіацією кисті (рис. 1). У пізні терміни оцінювання у 8 пацієнтів (табл. 2) спостерігалось збереження ПРФ “вид В” (рис. 1). У 4 пацієнтів формування сталого ПРФ “вид В” ускладнилось формуван-

Таблиця 2

**Динаміка видів ПРФ при РПЗС, обумовленому функцією переміщеного РТ залежно від методу реконструкції РПФС та термінів оцінювання**

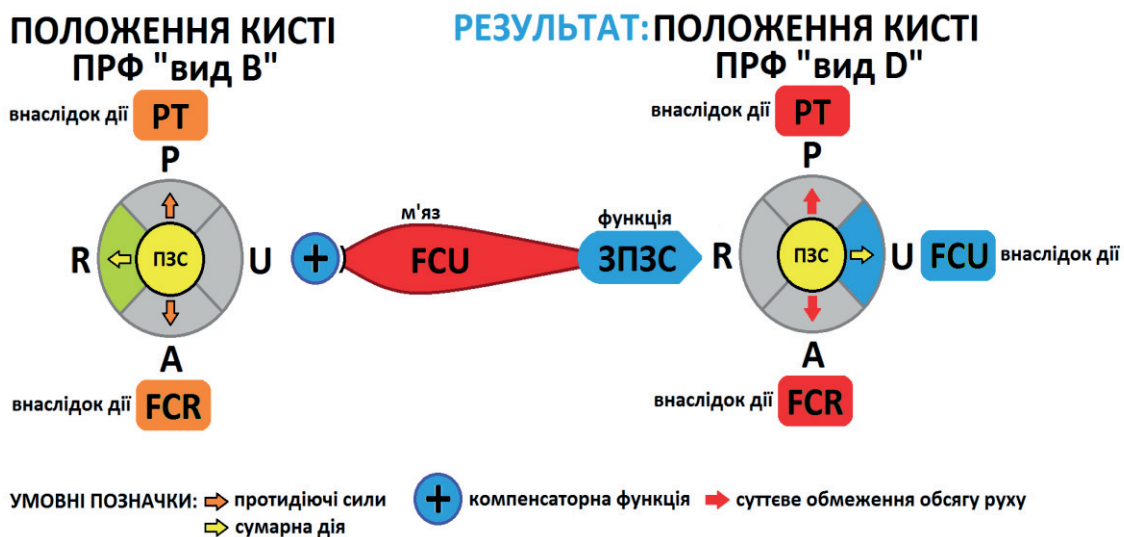
Динаміка видів ПРФ при РПЗС залежно від методу реконструкції РПФС (>6 міс.)	Метод реконструкції РПФС				
	АП	Ш	Н	ТМ	НТ
A>>A	1	-	1	2	4
B>>A	4	-	1	2	-
C>>A	-	-	-	4	3
B>>B	-	-	4*	4	-
C>>C	-	-	-	-	-

ПРФ – патологічний руховий феномен; РПЗС – розгинання в променево-зап'ястковому суглобі; РПФС – розгинання в п'ясно-фалангових суглобах 2-5 пальців; ТМ – транспозиція м'яза; НТ – невротизація заднього міжкiсткового нерва; АП – аутологічна пластика нерва; Ш – шов нерва; Н – невроліз нерва \* – без відновлення функції після виконання невролізу при збереженій компенсаторній функції FCU (в 3 випадках – ушкодження променевого нерва, в одному випадку – ушкодження ЗВП при ПТУ-ПС)

ням нового рухового стереотипу – ПРФ “вид D”: пацієнти компенсували надлишкову радіарну девіацію при РПЗС за рахунок використання стабілізуючої функції ліктьового згинача кисті (FCU), що в кінцевому варіанті суттєво обмежувала обсяг РПЗС (рис. 2). При цьому витривалість (стабільність ПЗС) суттєво не страждала, проте супроводжувалась надлишковою ульнарною девіацією (рис. 2). Усі 4 випадки використання компенсаторної функції FCU розвинулись після безуспішного проведення первинно-

го хірургічного відновлення при ушкодженні ПрН (3 випадки) та ПТУ ПС (1 випадок) методом невролізу (табл. 2).

Ще у 4 пацієнтів проведення додаткового вторинного відновлення РПФС призводило до агравації радіарної девіації при РПЗС: унеможливлення компенсувати надлишкову радіарну девіацію за допомогою функції FCU (як наслідок ТМ для додаткового вторинного відновлення РПФС) (рис. 3), чого не спостерігалось після ТМ FCR (табл. 3).

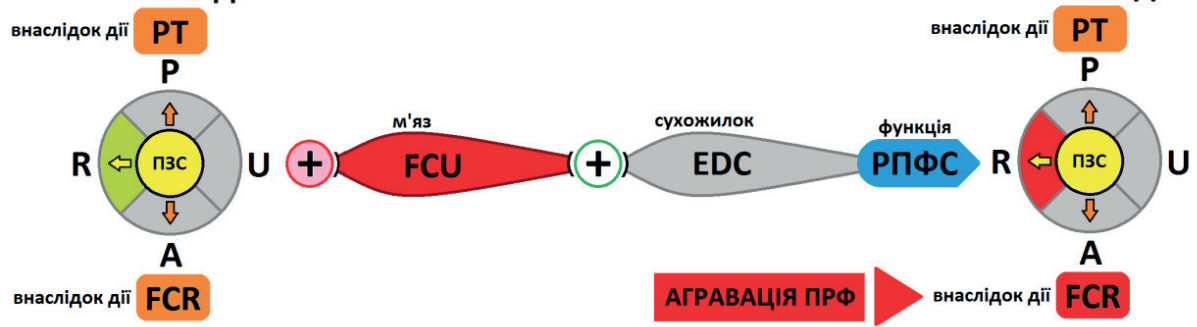


**Рис. 2.** Схематичне пояснення компенсації ПРФ “вид В” при РПЗС, обумовленому функцією переміщеного РТ та формування ПРФ “вид D” у пізні терміни оцінювання

ПРФ – патологічний руховий феномен; “вид В” – ПРФ, що супроводжується обмеженням РПЗС та радіарною девіацією кисті; ПЗС – променево-зап'ястковий суглоб; Р – задня поверхня передпліччя; А – передня поверхня передпліччя; R – радіарний край передпліччя; U – ульнарний край передпліччя; РПЗС – розгинання в променево-зап'ястковому суглобі; ЗПЗС – згинання в променево-зап'ястковому суглобі; RN – променевий нерв; ПС(1-3) – надключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 1-3 за Chuang\*); ПС(4) – підключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 4 за Chuang\*); FCR – променевий згинач кисті; РТ – круглий пронатор передпліччя



**ПОЛОЖЕННЯ КИСТІ  
ПРФ "вид В"**



**РЕЗУЛЬТАТ: ПОЛОЖЕННЯ КИСТІ  
ПРФ "вид В"**

УМОВНІ ПОЗНАЧКИ: ➔ протидіючі сили (⊕) транспозиція м'яза (⊕) втрачена компенсаторна функція ➡ сумарна дія

**Рис. 3.** Схематичне пояснення агравації ПРФ "вид В" при РПЗС, обумовленому функцією переміщеного РТ після транспозиції FCU для забезпечення РПФС

ПРФ – патологічний руховий феномен; "вид В" – ПРФ, що супроводжується обмеженням РПЗС та радіарною девіацією кисті; ПЗС – променево-зап'ястковий суглоб; Р – задня поверхня передпліччя; А – передня поверхня передпліччя; R – радіарний край передпліччя; U – ульнарний край передпліччя; РПЗС – розгинання в променево-зап'ястковому суглобі; РПФС – розгинання в п'ясно-фалангових суглобах; RN – променевий нерв; ПС(1-3) – надключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 1-3 за Chuang\*); ПС(4) – підключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 4 за Chuang\*); FCR – променевий згинач кисті; РТ – круглий пронатор передпліччя; FCU – ліктьовий згинач кисті; EDC – загальні розгиначі 2-5 пальців

Таблиця 3

**Динаміка видів ПРФ при РПЗС, обумовленому функцією переміщеного РТ залежно від вибору донора для реконструкції РПФС методом ТМ чи NT та термінів оцінювання**

Динаміка видів ПРФ при РПЗС залежно від вибору донора для реконструкції РПФС (1 міс. та >6 міс.)	Донор для реконструкції РПФС (незалежно чи ТМ, чи NT)	
	FCU	FCR
A>>A	2	4
B>>A	2	-
C>>A	-	7
B>>B	4*	-
C>>C	-	-

ПРФ – патологічний руховий феномен; РПЗС – розгинання в променево-зап'ястковому суглобі; РПФС – розгинання в п'ясно-фалангових суглобах 2-5 пальців; ТМ – транспозиція м'яза; NT – невротизація заднього міжкісткового нерва; FCR – променевий згинач кисті; FCU – ліктьовий згинач кисті  
\* – в усіх випадках транспозиції FCU внаслідок втрати компенсаторної функції FCU

У всіх 7 пацієнтів (23%), у яких в ранні терміни після проведення вторинного хірургічного відновлення РПЗС за допомогою ТМ спостерігали формування ПРФ "вид С", що супроводжувався ЗМФС, – негативних змін обсягу РПЗС не фіксували (відповідав ефективному показнику >20°). Витривалість перевищувала такі показники при розвитку ПРФ "вид В", особливо при виконанні силового поперечного долонного захвату. У пізні

терміни оцінювання у жодного пацієнта не відмітили формування сталого ПРФ "вид С" (табл. 2). Усі 7 випадків розвитку ПРФ "вид С" у ранньому періоді виникли після або невротизації заднього міжкісткового нерва гілкою середнього нерва до м'яза променевого згинача кисті (4 випадки), або додаткового вторинного відновлення РПФС за допомогою ТМ FCR (3 випадки) (табл. 2).



## Обговорення

Ушкодження структур ПНС, що відповідають за функцію м'язів задньої поверхні передпліччя, призводять до тяжкої, стійкої та тривалої дисфункції дистальних сегментів верхньої кінцівки [1]. Тривалість дисфункції зумовлена впливом двох основних чинників: давністю травми та строками очікування відновлення після виконання будь-якого втручання на структурах ПНС. Зважаючи на той факт, що методики дистальної невротизації дозволяють суттєво скоротити строки очікування відновлення втраченої функції загалом [1, 3] у порівнянні із традиційними методами реконструкції структур ПНС [3], середні терміни стійких функціональних порушень усе одно перевищують 1 рік. Виконання паліативної ТМ для відновлення однієї зі складових пріоритетних функцій м'язів задньої поверхні передпліччя – РПЗС – дозволяє суттєво скоротити терміни тяжкої стійкої дисфункції [1]. Особливо велике значення має застосування ТМ при вогнепальних ушкодженнях променевого нерва, які мають поліструктурний генез через супутні ушкодження кісток, м'язів та судин та які створюють несприятливі умови для регенерації променевого нерва [14]. Традиційно при виконанні паліативної ТМ як донор використовується м'яз круглий пронатор передпліччя, який здатний повною мірою замінити розгиначі в променево-зап'ястковому суглобі, які не функціонують [1]. Анатомічні, фізіологічні та біомеханічні переваги його використання описані в численних публікаціях [1]. Шляхи корекції патологічних установок кисті, що виникають після виконання такої ТМ, у переважній більшості публікацій розглядають із точки зору статички [1], без урахування динамічних порушень, до яких вони призводять [1]. До того ж виконання ТМ для відновлення РПФС, розгинання та відведення першого пальця в ранні чи пізні терміни (зумовлено в переважній більшості випадків низькою ефективністю чи відсутністю ефекту від традиційних первинних методів відновлення структур ПНС) ще більше спотворюють динамічні розлади, викликані паліативною ТМ [1]. Проведений аналіз комбінацій ТМ для відновлення як РПЗС, так і РПФС до сьогодні не дозволив виявити найвдалішої комбінації – кожен із методів вторинного відновлення має свої певні переваги та недоліки, а вибір методу прямо залежить від вподобань кожного окремого спеціаліста [1].

Проведений ретроспективний аналіз хірургічного лікування 30 послідовних випадків дисфункції м'язів задньої поверхні передпліччя, зумовлених травматичним ушкодженням структур ПНС різної локалізації, дозволив встановити основні види ПРФ, що виникають після виконання ТМ для відновлення РПЗС, надати анатомо-фізіологічні пояснення

їх виникненню, визначити вплив первинних та додаткових вторинних методів відновлення РПФС на динаміку сформованого ПРФ при РПЗС після ТМ, можливі шляхи уникнення їх формування.

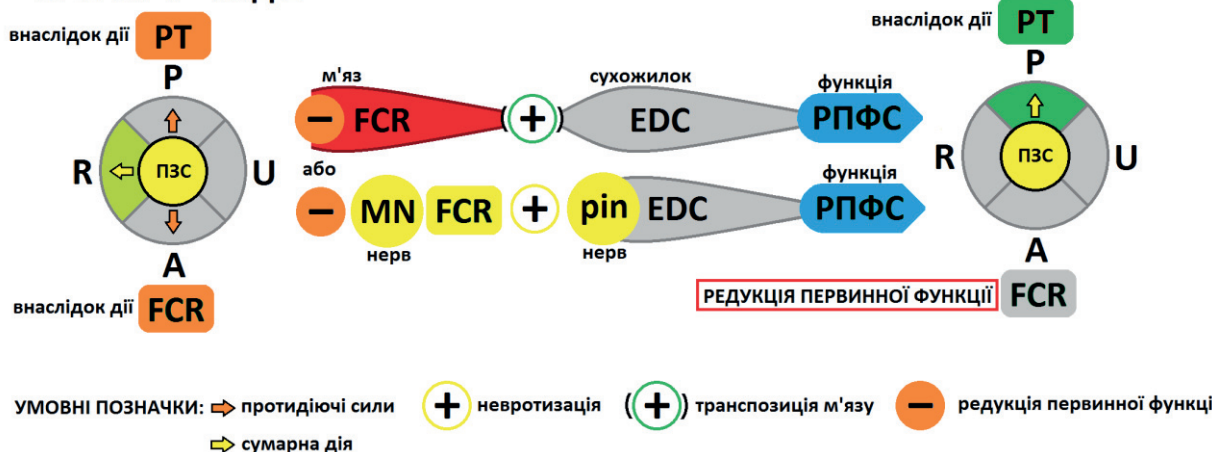
Виникнення ПРФ “вид В” (рис. 1), на нашу думку, обумовлено особливостями іннервації м'яза променевого згинача кисті (FCR) та м'яза круглого пронатора передпліччя (PT) – спільний іннерваційний пул (серединний нерв). Наслідком спільної іннервації є спарована функція FCR та PT, що призводить до нездатності відокремити власне функцію FCR від PT, а сумарний вектор дії останніх призводить до вираженої радіарної девіації кисті та формування ПРФ (рис. 1). Виникнення ПРФ “вид С” (рис. 1), на нашу думку, обумовлено особливостями іннервації м'язів поверхневих та глибоких згиначів пальців (FDS+P) та м'яза круглого пронатора передпліччя (PT) – спільний іннерваційний пул (серединний нерв). Цей вид ПРФ не спричиняє суттєвого впливу на динамічне положення кисті при РПЗС (рис. 1) та редукується у міру відновлення РПФС унаслідок первинного втручання на структурах ПНС чи додаткового вторинного відновлення після ТМ (табл. 1).

Формування сталого ПРФ “вид В” (пізні терміни оцінювання) спричинено відсутністю функції після виконання первинного хірургічного відновлення РПФС методом невротизу у 4 випадках та, на нашу думку, зумовлено відсутністю відновлення стабілізуювальної функції ліктьового розгинача кисті. Вірогідність виникнення сталого ПРФ “вид В” за відсутності відновлення РПФС становить 80%, за даними проведеного дослідження. Формування сталого ПРФ “вид В” (пізні терміни оцінювання), що виник у результаті додаткового вторинного відновлення РПФС після ТМ FCU у 4 випадках, на нашу думку, зумовлено втратою стабілізуювальної функції ліктьового згинача кисті (рис. 3). Вірогідність виникнення сталого ПРФ “вид В” за відсутності відновлення РПФС становить 50%, за даними проведеного дослідження.

Редукція первинної функції FCR, що виникла в результаті виконання первинного хірургічного відновлення РПФС методом невротизації (зумовлено денервацією м'яза) чи додаткового вторинного відновлення РПФС після ТМ FCR (зміна точки кріплення), на нашу думку, запобігала виникненню та формуванню ПРФ “вид В” в ранні та пізні терміни оцінювання (рис. 4). Вірогідність виникнення сталого ПРФ “вид В” становить 0%, за даними проведеного дослідження, – у жодному із загалом 11 випадків використання вказаних вище методів первинного та додаткового вторинного відновлення РПФС не зареєстровано.

**Обмеження дослідження:** загалом мала кількість учасників дослідження, що зумовила відсутність можливості розподілити учасників та сформувати групи за подібними ознаками (вік,

## ПОЛОЖЕННЯ КИСТІ ПРИ ПРФ "вид В"



**Рис. 4.** Схематичне пояснення виникнення та розвитку ПРФ "вид В" при РПЗС, обумовленому функцією переміщеного РТ після транспозиції FCR чи невротизації PIN для забезпечення РПФС

ПРФ – патологічний руховий феномен; "вид В" – ПРФ, що супроводжується обмеженням РПЗС та радіарною девіацією кисті; ПЗС – променево-зап'ястковий суглоб; Р – задня поверхня передпліччя; А – передня поверхня передпліччя; R – радіарний край передпліччя; U – ульнарний край передпліччя; РПЗС – розгинання в променево-зап'ястковому суглобі; РПФС – розгинання в п'ясно-фалангових суглобах; RN – променевий нерв; ПС(1-3) – надключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 1-3 за Chuang\*); ПС(4) – підключичне травматичне ушкодження плечового сплетення (рівень 4 за Chuang\*); FCR – власне м'яз променевий згинач кисті; MN FCR – волокнини до променевого згинача кисті, деривати серединного нерва; pin – задній міжкістковий нерв, дериват променевого нерва; РТ – круглий пронатор передпліччя; EDC – загальні розгиначі 2-5 пальців

стать, терміни травми, методи первинного, вторинного та додаткового хірургічних методів відновлення тощо), унеможлиблює проведення будь-якого достовірного статистичного аналізу.

## Висновки

На основі результатів проведеного дослідження встановлено, що найбільш адекватним комплексним хірургічним підходом, який дозволяє уникнути формування сталого патологічного рухового феномену, зумовленого транспозицією м'язів для відновлення розгинання в променево-зап'ястковому суглобі, є його поєднання із первинним хірургічним відновленням розгинання в п'ясно-фалангових суглобах методом невротизації чи додатковим вторинним хірургічним відновленням розгинання в п'ясно-фалангових суглобах методом транспозиції м'язів FCR.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів під час підготовки статті.

## References

1. Tordjman D, d'Utruy A, Bauer B, Bellemère P, Pierrart J, Masméjean E. Tendon transfer surgery for radial nerve

palsy [published online ahead of print, 2021 Jul 31]. *Hand Surg Rehabil.* 2021;S2468-1229(21)00189-DOI:10.1016/j.hansur.2018.09.009.

2. Oberlin C, Chino J, Belkheyar Z. Surgical treatment of brachial plexus posterior cord lesion: a combination of nerve and tendon transfers, about nine patients. *Chir Main.* 2013;32(3):141-146. DOI:10.1016/j.main.2013.04.002.

3. Lowe JB 3rd, Sen SK, Mackinnon SE. Current approach to radial nerve paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 2002;110(4):1099-1113. DOI:10.1097/01.PRS.0000020996.11823.3F.

4. Mahan MA, Warner WS, Yeoh S, Light A. Rapid-stretch injury to peripheral nerves: implications from an animal model [published online ahead of print, 2019 Oct 4]. *J Neurosurg.* 2019;1-11. DOI:10.3171/2019.6.JNS19511.

5. Cheah AE, Etcheson J, Yao J. Radial Nerve Tendon Transfers. *Hand Clin.* 2016;32(3):323-338. DOI:10.1016/j.hcl.2016.03.003.

6. MERLE DAUBIGNE R. Treatment of residual paralysis after injuries of the main nerves; superior extremity. *Proc R Soc Med.* 1949;42(10):831-844.

7. Tubiana R. Transferts tendineux pour paralysie radiale [Tendon transfer for radial paralysis]. *Chir Main.* 2002;21(3):157-165. DOI:10.1016/s1297-3203(02)00104-x.

8. Starr C. Army experiences with tendon transference. *J Bone Joint Surg Am* 1922;4:3-21.

9. Tsuge K, Adachi N. Tendon transfer for extensor palsy of forearm. *Hiroshima J Med Sci.* 1969;18(4):219-232.

10. Chuinard RG, Boyes JH, Stark HH, Ashworth CR. Tendon transfers for radial nerve palsy: use of superficialis tendons for digital extension. *J Hand Surg Am.* 1978;3(6):560-570. DOI:10.1016/s0363-5023(78)80007-0.

11. BOYES JH. Selection of a donor muscle for tendon transfer. *Bull Hosp Joint Dis.* 1962;23:1-4.
12. Brand PW. Tendon transfers in the forearm. In: Flynn JE, editor. *Hand surgery*, Baltimore. Williams & Wilkins, 1975. p. 189–200.
13. Стандартизація в нейрохірургії. Часть 6. Восстановительная и функциональная нейрохирургия. Под ред. академика НАМН Украины, проф. Е. Педаченко. Киев: ГУ “ИНХ НАМНУ”, 2020. 144 с.
- Standardization is in neuro-surgery. Part 6. Restoration and functional neuro-surgery. Pod red. akademika NAMN Ukrainy,

- prof. Ye. Pedachenko. Kiyev: GU “INKH NAMNU”, 2020. 144 s. [in Russian].
14. Страфун СС, Борзих НО, Цимбалиук ЯВ. Оцінка ефективності лікування поранених із вогнепальними поліструктурними ушкодженнями верхніх кінцівок. Клінічна хірургія. 2018;85(7):62-66.
- Strafun SS, Borzykh NO, Tymbaliuk YaV. Evaluation of the effectiveness of treatment of wounded with gunshot polystructural injuries of the upper extremities. *Klinichna khirurgiia.* 2018;85(7):62-66. [in Ukrainian].

### **Pathological Locomotor Phenomena in the Wrist Joint Associated with Transposition of the Pronator Teres at Dysfunction of the Muscles of the Posterior Surface of the Forearm Caused by Denervation Process of Traumatic Genesis**

Hatskyi O.O.<sup>1</sup>, Tretiak I.B.<sup>1</sup>, Tymbaliuk V.I.<sup>1</sup>, Bazik O.M.<sup>1</sup>, Tymbaliuk Ya.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SI “Romodanov Neurosurgery Institute of NAMS of Ukraine”, Kyiv

**Summary. Relevance.** Dysfunction of the muscles of the posterior surface of the forearm leads to loss of extension in the wrist joint, metacarpophalangeal joints, and loss of abduction and extension of the first finger. The cause of dysfunction is damage to the radial nerve, supraclavicular or subclavian damage to the brachial plexus. The long regeneration process makes it impossible to effectively use the injured limb for a long period of time. Palliative use of movements (transposition) of muscles can significantly reduce the time for the patient to return to active use of the injured limb. Each of the muscle transpositions has certain disadvantages associated with the development of pathological locomotor phenomena (PLF) in the wrist joint. Ways to overcome them are based on a purely mechanistic approach, which is most often simplified to change the point of attachment of the primary non-functioning effector muscles. **Objective:** to define most adequate complex surgical approach in restoring effective extension function in the wrist joint and metacarpophalangeal joints. **Materials and Methods.** A retrospective analysis of the surgical treatment of 30 consecutive cases of dysfunction of the muscles of the posterior surface of the forearm caused by traumatic damage to the structures of the peripheral nervous system (PNS) of various localization was carried out. 23 patients with damage to the radial nerve. 7 patients with pathology of the brachial plexus. The mean age of patients was 41 years (from 18 to 64 years). Mean terms to primary surgical treatment were 4.6 months. 7 patients underwent only revision of the radial nerve within the segment (defect >10 cm); 6 patients underwent neurotization of the posterior interosseous nerve using the Mackinnon technique; 5 patients underwent autologous plasty of the radial nerve (defect <10 cm); 5 patients underwent its neurolysis. Neurolysis was performed in 6 patients with pathology of the brachial plexus, neurotization of the posterior interosseous nerve was performed in 1 case using the Mackinnon method. All patients underwent transposition of the forearm pronator teres (PT) according to the standard technique. Twelve patients underwent transposition of the flexor carpi radialis muscle (FCR, 4 cases) or flexor carpi ulnaris (FCU, 8 cases) according to the standard technique. The results of transposition were analyzed after 1 month or later than 6 months, using a clinical neurological method. Regeneration of neural structures of PNS were analyzed within 9-12 months and additionally in terms later than 15 months both neurologically and electrophysiologically. **Results.** In 6 patients, there was no restoration of extension in the metacarpophalangeal joints (EMPJ), in 12 patients there was a complete recovery of EMPJ after interventions on the structures of the PNS (4 cases – autologous plasty, 7 cases – distal neurotization, 1 case – neurolysis of the radial nerve). In 8 patients, the formation of PLF was not observed during extension in the wrist joint after muscle transposition. In 15 patients, PLF “type B” was formed, and in 7 patients, PLF “type C” was formed within 1 month after muscle

transposition. In none of the patients, PLF "type C" was observed to be preserved for >6 months. In 8 patients, a permanent PLF "type B" was formed, which in 4 cases transformed into PLF "type D". The formation of a steady-state PLF "type D" was recorded in all cases of neurolysis of the PNS structures without restoring extension in the metacarpophalangeal joints by the method of transposition. The formation of a steady-state PLF "type B" was recorded in all cases of FCU transposition to restore extension in the metacarpophalangeal joints. In 11 cases of reduction in the primary function of the FCR as a result of its denervation (neurotization according to the Mackinnon method) or transposition of the FCR muscles (change in the primary attachment point), PLF "type B" did not develop. **Conclusions.** Based on the results of the study, it was found that the most adequate complex surgical approach to avoid the formation of a stable PLF caused by muscle transposition to restore extension in the wrist joint is Mackinnon neurotization or FCR transposition to restore EMPJ.

**Key words:** radial nerve; muscle transposition; pronator teres of the forearm; neurotization; autologous plastic; neurolysis.

### **Патологические двигательные феномены в лучезапястном суставе после транспозиции круглого пронатора при дисфункции мышц задней поверхности предплечья, обусловленной денервационным процессом травматического генеза**

Гацкий А.А.<sup>1</sup>, Третьяк И.Б.<sup>1</sup>, Цымбалюк В.И.<sup>1</sup>, Базик А.Н.<sup>1</sup>, Цымбалюк Я.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГУ "Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины", отделение восстановительной нейрохирургии с рентгенооперационной, г. Киев

**Резюме. Актуальность.** Дисфункция мышц задней поверхности предплечья приводит к потере разгибания в лучезапястном суставе, пястно-фаланговых суставах и потере отведения и разгибания первого пальца. Причиной дисфункции является повреждение лучевого нерва, надключичное или подключичное повреждение плечевого сплетения. Долгий регенерационный процесс делает невозможным эффективное использование поврежденной конечности в течение длительного периода. Паллиативное использование перемещений (транспозиции) мышц позволяет существенно сократить сроки возврата пациента к активному использованию поврежденной конечности. Каждая из транспозиций мышц имеет определенные недостатки, связанные с развитием патологических двигательных феноменов (ПДФ) в лучезапястном суставе. Пути их преодоления основываются на чисто механистическом подходе, который чаще всего сводится к изменению точки крепления первичных нефункционирующих мышц-эффекторов. **Цель исследования.** Определение наиболее адекватного комплексного хирургического подхода для обеспечения эффективной функции разгибания в лучезапястном суставе и пястно-фаланговых суставах. **Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ хирургического лечения 30 последовательных случаев дисфункции мышц задней поверхности предплечья, обусловленных травматическим повреждением структур периферической нервной системы (ПНС) различной локализации. 23 пациента – с повреждением лучевого нерва, 7 пациентов – с патологией плечевого сплетения. Средний возраст пациентов составил 41 год (от 18 до 64 лет). Средние сроки проведения первичного хирургического восстановления составляли 4,6 мес. 7 пациентам проведена только ревизия лучевого нерва в пределах сегмента (дефект >10 см); 6 пациентам выполнена невротизация заднего межкостного нерва по методике Mackinnon; 5 пациентам выполнена аутологическая пластика лучевого нерва (дефект <10 см); 5 пациентам выполнен его невролиз. 6 пациентам с патологией плечевого сплетения выполнен невролиз, в 1 случае выполнена невротизация заднего межкостного нерва по методике Mackinnon. Всем пациентам была выполнена транспозиция круглого пронатора предплечья (РТ) по стандарт-

ной методике. 12 пациентам было выполнено транспозицию мышц лучевого сгибателя (FCR, 4 случая) или локтевого сгибателя кисти (FCU, 8 случаев) по стандартной методике. Оценка результатов транспозиции проводилась через 1 мес. или позднее 6 мес. с помощью клинического неврологического метода, оценка восстановления структур ПНС – в сроки 9-12 мес. и дополнительно в сроки >15 мес. с помощью клинического неврологического и электрофизиологического методов обследования. **Результаты.** У 6 пациентов не наступило восстановление разгибания в пястно-фаланговых суставах (РПФС), у 12 пациентов наступило полное восстановление РПФС после вмешательств на структурах ПНС (4 случая – аутологическая пластика, 7 случаев – дистальная невротизация, 1 случай – невролиз лучевого нерва). У 8 пациентов не наблюдалось формирования ПДФ при разгибании в лучезапястном суставе после транспозиции мышц. У 15 пациентов сформировался ПДФ “вид В”, у 7 пациентов – ПДФ “вид С” в срок 1 мес. после транспозиции мышц. Ни у одного пациента не наблюдали сохранения ПДФ “вид С” в сроки >6 мес. У 8 пациентов сформировался постоянный ПДФ “вид В”, который в 4 случаях трансформировался в ПДФ “вид D”. Формирование устойчивого ПДФ “вид D” зафиксировано во всех случаях невролиза структур ПНС без проведения восстановления разгибания в пястно-фаланговых суставах методом транспозиции. Формирование устойчивого ПДФ “вид В” зафиксировано во всех случаях транспозиции FCU для восстановления РПФС. В 11 случаях редукции первичной функции FCR в результате его денервации (невротизация по методике Maskinpon) или транспозиции мышц FCR (изменение первичной точки крепления) ПДФ “вид В” не развился. **Выводы.** На основе результатов проведенного исследования установлено, что наиболее адекватным комплексным хирургическим подходом, позволяющим избежать формирования устойчивого ПДФ, обусловленного транспозицией мышц для восстановления разгибания в лучезапястном суставе, является его сочетание с невротизацией по методике Maskinpon или транспозиции FCR для восстановления РПФС.

**Ключевые слова:** лучевой нерв; транспозиция мышц; круглый пронатор предплечья; невротизация; аутологическая пластика; невролиз.

## Диференційований підхід до оперативного лікування хвороби Блаунта та рахітоподібних захворювань

Марциняк С.М.<sup>1</sup>, Немеш М.М.<sup>1</sup> ✉, Кабацій М.С.<sup>1</sup>, Мороз Д.М.<sup>1</sup>, Савчин Н.Б.<sup>1</sup>

**Резюме. Актуальність.** Хвороба Блаунта та вітамін-D-залежний рахіт (ВДЗР) є нозологічно різними захворюваннями скелету в дитячому віці. Враховуючи схожість клініко-рентгенологічної картини, ортопеди та педіатри роблять помилки у діагностиці, що призводить до неправильної тактики лікування. **Мета дослідження.** Встановити чіткі показання щодо оперативного лікування хвороби Блаунта та рахітоподібних захворювань. **Матеріали і методи.** Проведено оперативне лікування 13 пацієнтів із варусною деформацією нижніх кінцівок при ВДЗР та 29 – із хворобою Блаунта, яким виконано 26 та 42 оперативні втручання. Вік хворих становив від 6 місяців до 14 років. **Результати.** Для лікування рахітичних деформацій слід використовувати багаторівневі остеотомії з інтрамедулярними стрижнями, які блокують та ростуть. Накладні пластини застосовуються лише при однорівневих корективних остеотоміях. Застосування восьмиподібних пластин показано в процесі функціонування росткової зони. При хворобі Блаунта рекомендуємо: блокування зон росту з 1-4-м ступенем деформації, 2-6-ї стадії за Langenskiöld та скелетною зрілістю від 23 до 33 балів. Пацієнтам із 1-2-м ступенем деформації, 1-2-ю стадією за Langenskiöld та скелетною зрілістю від 18 до 23 балів – напівциркулярне розсічення. Пацієнтам із 3-4-м ступенем деформації, 5-6-ю стадією за Langenskiöld, скелетною зрілістю 30-33 бали – коригувальні остеотомії в комбінації з тимчасовим блокуванням наросткових зон. **Висновки.** Запропонована лабораторна діагностика дає можливість провести диференціальну діагностику етіологічної приналежності варусної деформації гомілки. При виявленні рахіту необхідно провести патогенетичне консервативне лікування, а при хворобі Блаунта – розпочати хірургічне лікування із застосуванням малоінвазивних методик. За відсутності позитивної динаміки при рахіті слід застосувати "керований ріст". При багатоплощинних деформаціях необхідно використовувати методи коригувально-армівного хірургічного лікування: після закриття зон росту – багаторівневі остеотомії з інтрамедулярним стрижнем, що блокує, при збереженій зоні росту – остеотомія з телескопічним інтрамедулярним стрижнем. При ранній своєчасній та правильній діагностиці хвороби Блаунта блокування зон росту є методом вибору. У випадку рецидиву слід використати коригувальні остеотомії з блокуванням зон росту.

**Ключові слова:** хвороба Блаунта; варусна деформація; вітамін-D-залежний рахіт; вітамін D.

### Вступ

Хвороба Блаунта та вітамін-D-залежний рахіт є нозологічно різними захворюваннями скелету в дитячому віці. Враховуючи схожість клініко-рентгенологічної картини в ранньому віці, дитячі ортопеди та педіатри роблять помилки у діагностиці цих нозологій, що в свою чергу призводить до неправильної, іноді занадто агресивної тактики лікування.

Хвороба Ерлахера – Блаунта (ХБ) характеризується варусною деформацією проксимального метафізарного відділу великогомілкової кістки та внутрішньою торсією гомілки, що виникають внаслідок порушення функціонування медіальної частини проксимальної зони росту великогомілкової кістки.

Вітамін-D-залежний рахіт (ВДЗР) – захворювання дітей раннього віку, яке виникає при генетичному порушенні метаболізму вітаміну D в організмі дитини. Воно супроводжується не тільки різноплощинними, в т. ч. варусними, деформаціями нижніх кінцівок, але й змінами функцій всіх органів і систем. Характер варусної деформації загалом має деякі

✉ Немеш М.М., [misha.nemesb@icloud.com](mailto:misha.nemesb@icloud.com)

<sup>1</sup>ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

відмінності, варусна ввігнутість не тільки спостерігається в проксимальній епіметафізарній ділянці великогомілкової кістки, але й поширюється на діафіз та дистальний епіметафіз.

На наш погляд, вибір тактики лікування цього контингенту пацієнтів має включати не лише механістичний погляд на наявність деформації нижньої кінцівки. Визначення правильного діагнозу та чинників етіопатогенезу дозволяють вибрати більш правильну тактику хірургічного лікування, зазвичай із приєднанням заходів, спрямованих на усунення порушень в організмі, які виникли внаслідок патогенетичних змін.

**Мета роботи** – встановити чіткі показання щодо оперативного лікування хвороби Блаунта та рахітоподібних захворювань залежно від патогенезу цих порушень.

## Матеріали і методи

Нами проведено оперативне лікування 13 пацієнтів із варусною деформацією нижніх кінцівок при ВДЗР та 29 пацієнтів із хворобою Блаунта, яким було виконано 26 та 42 оперативних втручання, та здійснено аналіз їх результатів. Вік хворих становив від 6 місяців до 14 років.

Дітям проведено клінічне та рентгенологічне обстеження. Усім пацієнтам із варусною деформацією нижніх кінцівок виконувався ряд біохімічних досліджень, які включали: визначення рівня кальцію іонізованого, кальцію загального, фосфору крові, кальцидіолу, кальцитріолу, паратгормону інтактного, остеокальцину P1NP,  $\beta$ -CTx ( $\beta$ -Cross Laps), кальцію сечі (добового), фосфору сечі (добового) та проведення генетичних досліджень (VDR (vitamin D receptor), COL1 (Collagen type I)). Пацієнтам із підозрою на хворобу Блаунта проводилось визначення скелетної зрілості колінного суглоба за даними рентгенограм колінних суглобів (за розробленою нами методикою, яка містила 34 індикатори зрілості надколінка, дистального епіфіза стегнової кістки, проксимального епіфіза великогомілкової та малогомілкової кістки та горбистості великогомілкової кістки [1]). Також пацієнтам проводився аналіз напружено-деформованого стану структур колінного суглоба при різних ступенях деформації та надалі корекції гомілки при хворобі Ерлахера – Блаунта. Різницю величини варусної деформації та торсійного компонента гомілок у пацієнтів вимірювали залежно від вікових фізіологічних показників за М.О. Tachdjian [1] та L.T. Staheli [2].

Рентгенологічне дослідження проводилося на апаратах Multix UP та Multix TOP. Використовувалася звичайна рентгенографія у стандартних прямій та боковій проекціях з одержанням зображення сегмента кінцівки по всій довжині.

## Результати та їх обговорення

Сьогодні, незважаючи на велику кількість та різноманіття сучасних теоретичних та практичних поглядів на розвиток і лікування варусних деформацій кінцівок, результати хірургічного лікування цієї патології залишаються незадовільними. Досі практикується не виправдане застосування громіздких апаратів зовнішньої фіксації. Багатоплощинність деформацій, схильність їх до рецидиву, відставання хворих за показниками росту на фоні серйозних порушень метаболізму кісткової тканини чи зміни в наросткових зонах ставлять перед ортопедами складне завдання: покращення якості життя цієї категорії хворих шляхом корекції осі кінцівок, запобігання рецидивам та профілактика вторинних змін у суглобах. Розвиток сучасних технологій дозволяє певною мірою сподіватись на отримання стійких позитивних результатів ортопедичного лікування цього контингенту хворих. Такі ускладнення та їх аналіз стали поштовхом до розробки нами системи ортопедичного лікування, яка охоплює: передопераційну медикаментозну підготовку пацієнтів шляхом корекції у них порушень метаболізму кісткової тканини для покращення хондро- та остеогенезу, а також застосування сучасних принципів малоінвазивного геміепіфізіодезу та високотехнологічного інтрамедулярного остеосинтезу.

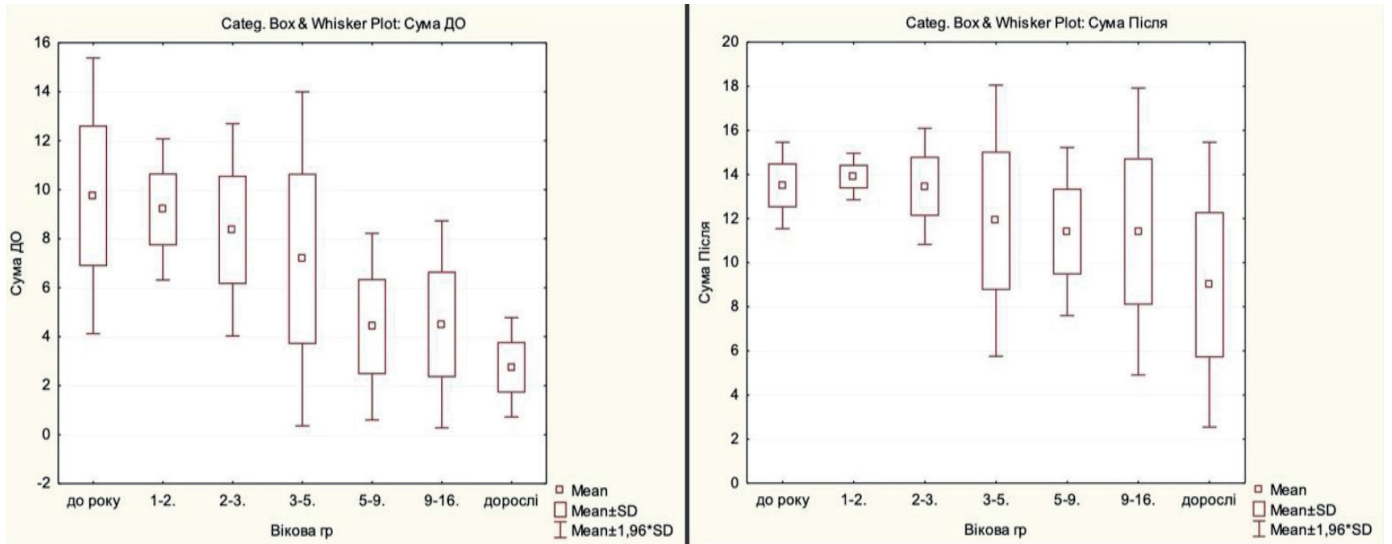
Проведений нами аналіз лікування ортопедичних проявів рахітоподібних захворювань (рис. 1) виявив позитивні результати лікування ортопедичних проявів у пацієнтів із D-залежним рахітом усіх типів. При запропонованому нами патогенетично-спрямованому лікуванні 88,6% пацієнтів із ВДЗР не мали потреби в хірургічній корекції ортопедичних проявів, тобто лише консервативна терапія дала потрібний терапевтичний ефект, що свідчить про правильний підхід до лікування цього контингенту хворих [3, 4].

Аналіз консервативного лікування з огляду на вікові групи показав достовірно кращі результати в молодшій групі (до 3 років), хоча позитивна динаміка спостерігалась у всіх вікових групах вітамін-D-залежного рахіту.

Хірургічне лікування проводилось за умов відсутності ортопедичного ефекту протягом 6 місяців від моменту нормалізації показників кісткового обміну чи стартової величини деформації понад 15 градусів, відповідно до вікової норми [5, 6]. Враховуючи вік пацієнтів, методом вибору був так званий контрольований геміепіфізіодез (n=18), який проводився по латеральній зоні проксимального епіметафіза відповідної великогомілкової чи стегнової кістки за стандартною методикою (рис. 2).

За наявності надлишкового внутрішньо-торсійного компонента понад 10 градусів, відповідно до віку та наявності ввігнутої варусної деформації у ділянці “епіметафіз – діафіз – епіметафіз”, у віці

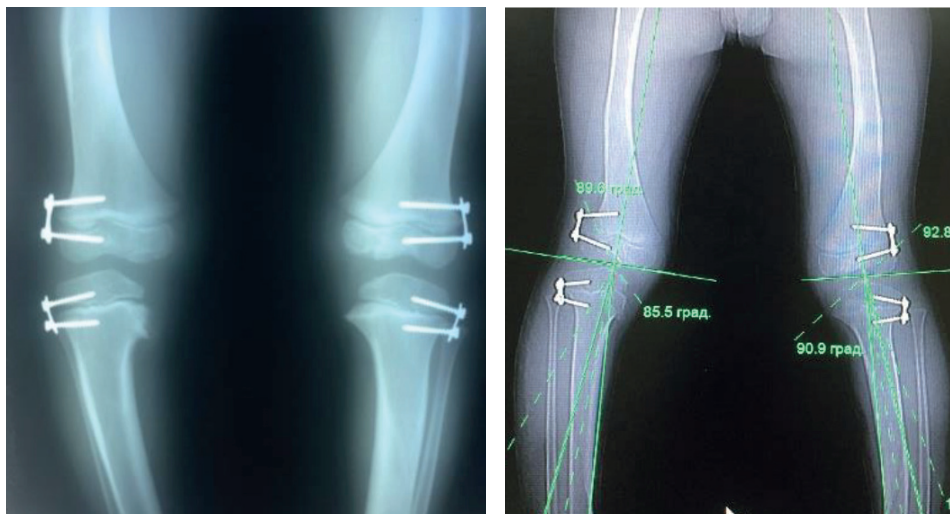




**Рис. 1.** Однофакторний дисперсійний аналіз “ANOVA” результатів лікування до та після консервативної терапії за віковими групами



а)



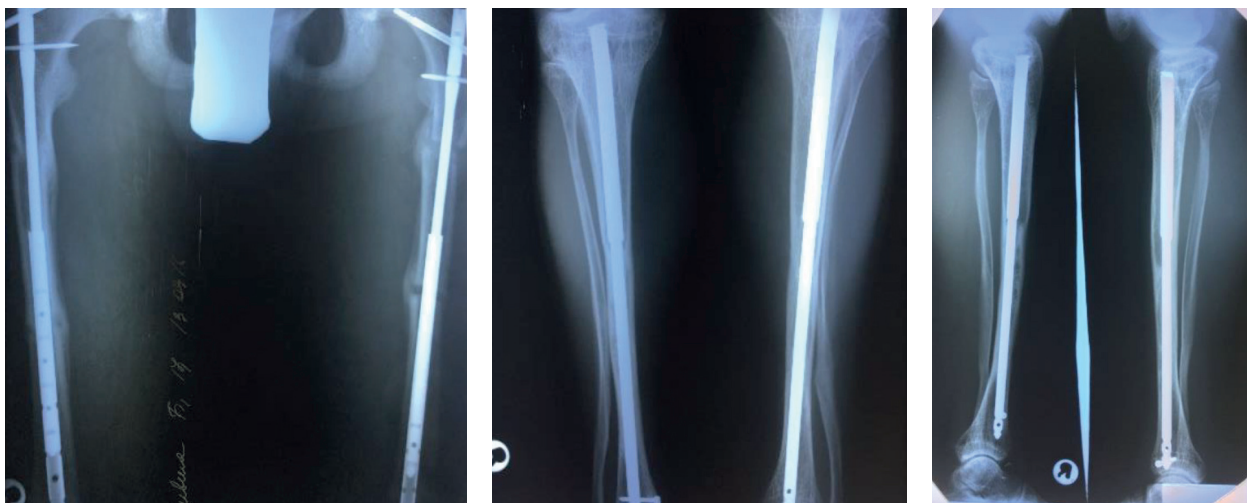
б)

**Рис. 2.** Фото. Пацієнт К., 4 р. Діагноз: ВДЗР 2-го типу, варусна деформація обох нижніх кінцівок: а) загальний вигляд та рентгенографія до операції; б) рентгенографія на етапах лікування

після 3 років проводилась різноплощинна багатоплоскостна корекція з фіксацією телескопічною інтрамедулярною конструкцією (n=8), яка надалі слугувала армійним елементом, не допускаючи рецидиву деформації (рис. 3). Оперативне лікування не скасовувало продовження консервативної терапії, спрямованої на стабілізацію процесів метаболізму кісткової тканини. Зрощення у всіх випадках відбувалось згідно з віком, навантаження дозволялось через 4-6 тижнів після оперативного втручання. Гіпсова іммобілізація в положенні згинання в колінному суглобі та з фіксацією стопи використовувалась у всіх випадках для утримання торсійного компонента гомілки в межах вікової норми.

Аналіз результатів хірургічного лікування ортопедичних проявів при рахітоподібних захворюваннях дозволив показати більш адекватні методики операцій при лікуванні цієї патології (рис. 4).

Серед проведених оперативних втручань ми отримали переважно хороші та задовільні результати; негативний результат лікування був лише при використанні АЗФ, тому що після оперативного лікування залишались осьові деформації та контрактури суглобів. Лише 9 пацієнтів із багатоплощинними деформаціями, спричиненими ВДЗР, потребували повторного оперативного втручання через рецидив деформації, що становило 16,6% прооперованих пацієнтів. Хороші та задовільні результати (7-14 балів)

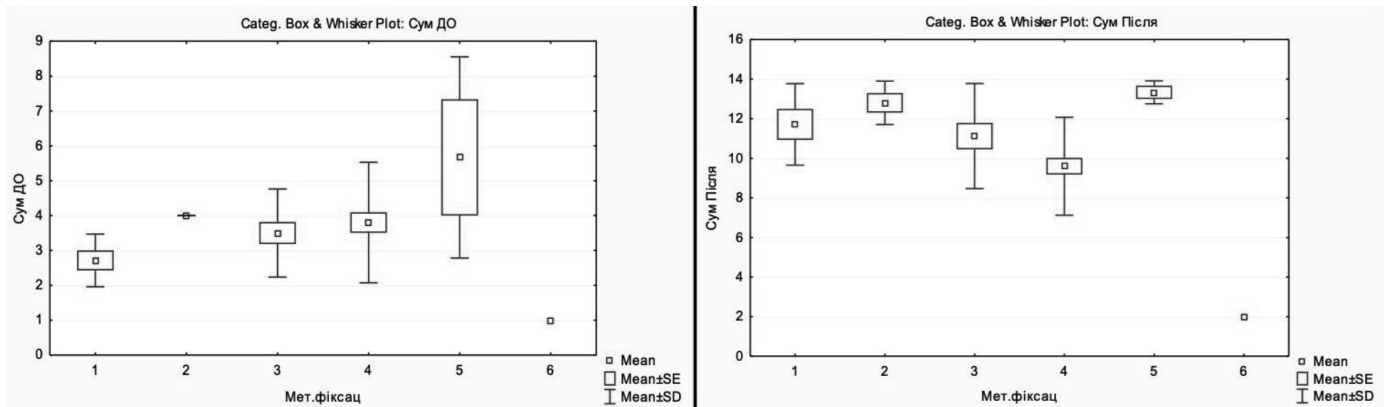


а)



б)

**Рис. 3.** Фото. Пацієнт К., 9 р. Діагноз: вітамін-Д-резистентний рахіт, багатоплощинні деформації нижніх кінцівок: а) рентгенографія після оперативного лікування; б) загальний вигляд після операції



**Рис. 4.** Однофакторний дисперсійний аналіз “ANOVA” результатів лікування до та після за методом хірургічного лікування з вибором металофіксації (1 – багаторівневі остеотомії та блокувальний інтрамедулярний остеосинтез; 2 – багаторівневі остеотомії та телескопічний інтрамедулярний остеосинтез; 3 – однорівневі коригувальні остеотомії з використанням накладних пластин; 4 – коригувальні остеотомії з фіксацією спицями; 5 – метод “керований ріст” із використанням восьмиподібних пластин; 6 – коригувальні остеотомії з фіксацією в апараті зовнішньої фіксації Лізарова)

дали нові та удосконалені методи коригувально-армівного хірургічного лікування, а саме: після закриття зон росту – багаторівневі остеотомії з металоостеосинтезом блокувальним інтрамедулярним стрижнем (Avg – 11,3 бала), при збереженій зоні росту – багаторівнева остеотомія з фіксацією телескопічним інтрамедулярним стрижнем (Avg – 12,5 бала). Застосування методики “керований ріст” із метою виправлення одноплосинної деформації ефективно лише у пацієнтів раннього віку (до 5 років) (Avg – 12,3 бала). Оперативні втручання у верхній третині гомілки за Шаргородським із фіксацією спицями не дають хороших результатів, адже деформації кісток при рахітоподібних захворюваннях є багатоплощинними на різних рівнях сегмента, через що залишаються не повністю скорегованими деформації гомілок у середній та нижній третині (9,5 бала).

Таким чином, ми рекомендуємо для лікування багатоплощинних деформацій нижніх кінцівок використовувати багаторівневі остеотомії з металоостеосинтезом блокувальним інтрамедулярним стрижнем (після закриття зон росту) чи інтрамедулярним стрижнем, який зростає (при збереженій зоні росту). Накладні пластини (у т. ч. із кутовою стабільністю) використовуються лише за потреби фіксації однорівневої корегувальної остеотомії. Застосування восьмиподібних пластин для тимчасового блокування зон росту з метою виправлення одноплосинної деформації в процесі функціонування росткової зони можливе лише у пацієнтів раннього віку з одноплосинною деформацією [7, 8].

Лікування хвороби Блаунта охоплювало попереднє лабораторне обстеження пацієнтів із метою виключення рахітичної деформації. Надалі використовувались чотири варіації оперативних втручань, відповідно до стадії захворювання та скелетного віку пацієнта,

спрямованих на нормалізацію осі нижньої кінцівки та співвідношення в колінному суглобі, а саме:

1. Напівциркулярне розсічення окістя, яке показано пацієнтам із 1-2-м ступенем деформації, з 1-2-ю стадією за Langenskiöld та скелетною зрілістю кісток колінного суглоба від 18 до 23 балів (вік пацієнта при цьому становить 1-4 роки).

2. Блокування наросткових зон, які проводяться пацієнтам із 1-4-м ступенем деформації, з 2-6-ю стадією за Langenskiöld та скелетною зрілістю кісток колінного суглоба від 23 до 33 балів (вік пацієнта становить від 4-14 років).

3. Коригувальна остеотомія кісток гомілки за Шаргородським, що виконувалась пацієнтам із 3-4-м ступенем деформації, з 5-6-ю стадією за Langenskiöld, скелетною зрілістю 30-33 бали.

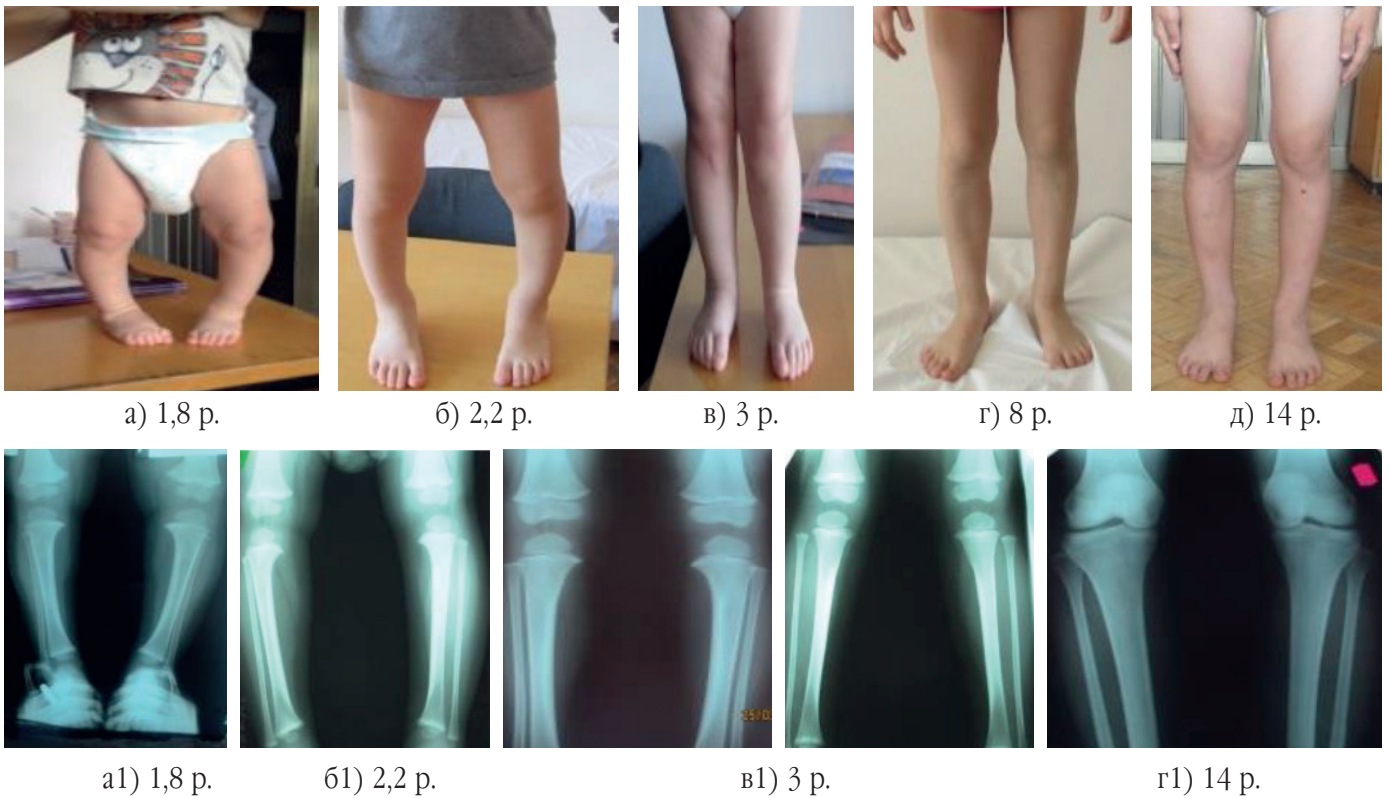
4. Комбінація методик, що виконувалась у так званій групі ризику пацієнтів із 4-6-ю стадією за Langenskiöld і 3-4-м ступенем деформації гомілки, за скелетної зрілості – 27-33 бали, віковий діапазон яких складає від 10 до 14 років за наявності функціональних зон росту. Таким пацієнтам виконувались коригувальні остеотомії кісток гомілки в комбінації з блокуванням наросткових зон.

У всіх хворих першої групи був відмічений позитивний результат. Вісь кінцівки відновлювалася протягом 1,0-1,5 року. Рецидиву деформації у жодного хворого виявлено не було. Цій групі пацієнтів було визначено скелетну зрілість колінного суглоба (за власною методикою), яка в середньому склала 18-21 бал (рис. 5).

У пацієнтів другої групи, яким виконувалося блокування зон росту з 1-4-ю стадією за Langenskiöld та 1-2-м ступенем деформації гомілки, віковий діапазон становив від 4 до 14 років (скелетна зрілість цієї групи в середньому становила 27 балів) (рис. 6).

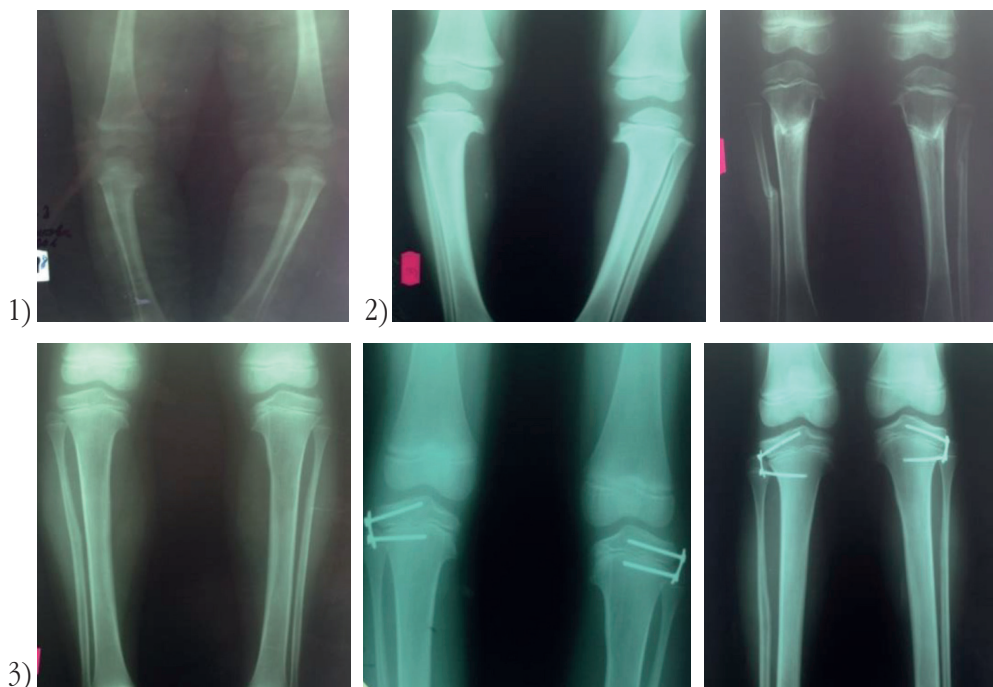


Клінічний приклад:



**Рис. 5.** Фото. Пацієнт П., 14 р. Діагноз: хвороба Блаунта, 3-й ступінь, Langenskiöld, 2-га стадія деформації – варусна деформація нижніх кінцівок. Рентгенографія після оперативного лікування: а-д) вирівнювання осі кінцівок після напівциркулярного розсічення окістя; а1-г1) рентгенологічна динаміка вирівнювання осі кінцівок після напівциркулярного розсічення окістя

Клінічний приклад:



**Рис. 6.** Фото. Пацієнт Н., 9 р. Діагноз: хвороба Блаунта, 4-й ступінь, Langenskiöld, 2-га стадія деформації: 1) напівциркулярне розсічення окістя; 2,5 р.; 2) рецидив – остеотомія за Шаргородським, 6 р.; 3) рецидив – блокування зон росту, 9 р.

Третю групу становили пацієнти, яким виконувалася коригувальна остеотомія за Шаргородським (рис. 7).

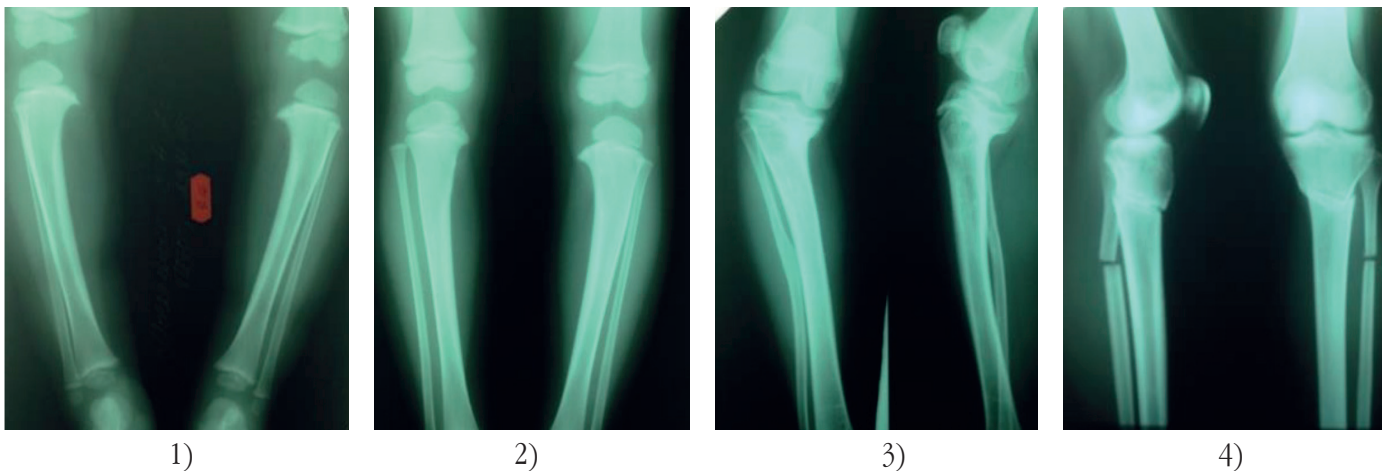
До групи увійшли пацієнти з 4-6-ю стадією за Langenskiöld та 3-4-м ступенем деформації гомілки, віковий діапазон становив від 11 до 15 років.

Пацієнтам четвертої групи виконувалась комбінація методик – блокування зон росту разом із коригувальною остеотомією кісток гомілки (рис. 8).

Слід зауважити, що доволі часто доводилось блокувати дистальну зону стегнової кістки медіального виростка стегна, оскільки він надмірно виступав, при цьому додатково тиснучи на медіальну проксимальну частину великогомілкової кістки. У свою чергу це чинило додатковий тиск на зону росту, збільшувало варусну деформацію гомілки та створювало косу суглобову щілину. Така тактика дозволяє запобігти коригувальній остеотомії стегнової кістки в нижній третині з метою вирівнювання суглобової щілини.

Отже, при варусній деформації нижніх кінцівок при куті викривлення понад 15 градусів лікар-ортопед чи педіатр, окрім загального огляду дитини, має провести ряд біохімічних досліджень, а саме: визначення рівня кальцію іонізованого, кальцію загального, фосфору крові, кальцидіолу, кальцитріолу, паратгормону інтактного, остеокальцину, P1NP, В-СТх, кальцію сечі (добового), фосфору сечі (добового); провести УЗД-дослідження наросткових зон; визначити кістковий вік пацієнта. Ці показники дадуть повну картину етіопатогенезу деформацій, що виникли внаслідок хвороби Блаунта чи ВДЗР. Правильно встановлений діагноз є запорукою позитивних результатів подальшого лікування цих нозологічних одиниць. Після верифікації діагнозу у випадку діагностування ВДЗР лікар розпочинає консервативну терапію, яка полягає в патогенетичному підході до виду ВДЗР. Після динамічного спостереження протягом 6 місяців як клінічно, так і лабораторно за наявності позитивної клініко-рентге-

Клінічний приклад:



**Рис. 7.** Фото. Пацієнт Н., 15 р. Діагноз: хвороба Блаунта, 5-й ступінь, Langenskiöld, 3-4-та стадія деформації: 1-4) остеотомія кісток гомілки за Шаргородським

Клінічний приклад:



**Рис. 8.** Пацієнт Н., 12 р. Діагноз: хвороба Блаунта, 4-й ступінь, Langenskiöld, 3-тя стадія деформації. Комбінація блокування зон росту із коригувальною остеотомією кісток гомілки за Шаргородським

нологічної картини продовжується консервативна терапія. Якщо остання не привела до позитивних змін протягом півроку й одноплосинна деформація не має позитивної динаміки, застосовується малоінвазивне ортопедичне лікування – контрольований геміепіфізіодез. У пацієнтів, які звернулись пізно з вираженими багатоплосинними деформаціями нижніх кінцівок (варусна деформація понад 15 градусів відповідно до вікової девіації), необхідно одразу поєднувати консервативне та оперативне лікування. При одноплосинних деформаціях можливо застосовувати контрольований геміепіфізіодез, а при багатоплосинних деформаціях – інтрамедулярні конструкції. За наявності зон росту можливо використовувати лише конструкції з телескопічною складовою, а після закриття зон росту – блокувані інтрамедулярні стрижні відповідних розмірів. Пластини можна використовувати у разі потреби виправлення одноплосинної деформації у пацієнтів, у яких зона росту вже не функціонує. Під час та після оперативного лікування консервативна терапія не припиняється, і, враховуючи її характер як замісної, лікування потребує динамічного спостереження лікаря протягом життя пацієнта.

За умов лабораторного виключення рахітичного процесу в ранньому віці, за наявності варусної “невікової” деформації, а також при виявленні відповідних УЗД, рентгенологічних та клінічних ознак хвороби Блаунта рекомендовано: блокування наросткових зон виконують пацієнтам із 1-4-м ступенем деформації, 2-6-ю стадією за Langenskiöld та скелетною зрілістю кісток колінного суглоба від 23 до 33 балів. Пацієнтам із 1-2-м ступенем деформації, 1-2-ю стадією за Langenskiöld та скелетною зрілістю кісток колінного суглоба від 18 до 23 балів показане напівциркулярне розсічення. У пацієнтів із 3-4-м ступенем деформації, 5-6-ю стадією за Langenskiöld, скелетною зрілістю 30-33 бали показані коригувальні остеотомії кісток гомілки в комбінації з тимчасовим блокуванням наросткових зон.

Блокування дистальної зони росту стегнової кістки ділянки медіального виростка приводить до вирівнювання суглобової щілини колінного суглоба, зменшення тиску на медіальну частину великогомілкової кістки і прискорює процес вирівнювання осі кінцівки [9].

## Висновки

1. Запропонована лабораторна діагностика дає можливість чітко диференціювати етіологічну приналежність варусної деформації гомілки в ранньому дитячому віці. І при виявленні рахітичного процесу провести патогенетично обґрунтоване консервативне безопераційне лікування варусної

девіації, а при хворобі Блаунта не зволікаючи розпочати хірургічне лікування із застосуванням малоінвазивних методик.

2. За відсутності позитивної динаміки при консервативному лікуванні одноплосинних деформацій у пацієнтів раннього віку (до 5 років) хороші результати отримані при застосуванні методики “керований ріст”. За наявності багатоплосинних деформацій нижніх кінцівок при рахітоподібних захворюваннях хороші та задовільні результати дають методи коригувально-армівного хірургічного лікування, а саме: після закриття зон росту – багаторівневі остеотомії з металоостеосинтезом блокувальним інтрамедулярним стрижнем, при збереженні зони росту – багаторівнева остеотомія з фіксацією телескопічним інтрамедулярним стрижнем. Використання накладних накісткових пластин (у т. ч. із кутовою стабільністю) має бути обмежено випадками однорівневої коригувальної остеотомії.

3. При ранній своєчасній та правильній діагностиці хвороби Блаунта (1-4-та стадія за Langenskiöld та скелетна зрілість 23-27 балів) блокування зон росту є методом вибору і дає низький відсоток ускладнень та рецидивів (менше ніж 10%).

4. Зважаючи на великий відсоток рецидивів варусної деформації великогомілкової кістки при 4-6-й стадії за Langenskiöld та скелетній зрілості 27-33 бали, використання коригувальних остеотомій у поєднанні з блокуванням зон росту дає бажаний позитивний результат, що, відповідно, приводить до вирівнювання осі кінцівки без повторних оперативних втручань.

5. Блокування дистальної зони росту стегнової кістки ділянки медіального виростка приводить до вирівнювання суглобової щілини колінного суглоба, зменшення тиску на медіальну частину великогомілкової кістки та прискорює процес вирівнювання осі кінцівки.

**Конфлікт інтересів.** Ця публікація не викликає будь-якого конфлікту між авторами, не була і не буде предметом комерційної зацікавленості чи винагороди в жодній формі.

## References

1. Голюк ЕЛ, Філіпчук ВВ, Кабачій МС, Немеш ММ. Методика визначення скелетної зрілості у дітей та підлітків за рентгенограмами колінних суглобів. “Літопис Травматології та Ортопедії”. 2014;(1-2):37-40.  
Holiuk EL, Filipchuk VV, Kabatsii MS, Nemesh MM. Methods for determining skeletal maturity in children and adolescents by radiographs of the knee joints. “Litopys Travmatologii ta Ortopedii”. 2014;(1-2):37-40. [in Ukrainian].
2. Staheli LT. Lower Limb-Fundamentals of Pediatric Orthopedics. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2008. 231 p.

3. Martsyniak SM. Medical Treatment of Bone Metabolism's Disorders among Patients with Vitamin-D Dependent Rickets Type 1. *Ann Orthop Musculoskelet Disord.* 2019;2(1):1022. Available from: <http://www.remedypublications.com/open-access/medical-treatment-of-bone-metabolismrsquos-disorders-among-patients-5137.pdf>.
4. Марциняк СМ, Страфун СС. Хірургічне лікування багатоплощинних деформацій нижніх кінцівок до закриття зон росту в дітей із рахітоподібними захворюваннями. *Травма.* 2020;21(2):17-23.  
Martsyniak SM, Strafun SS. Surgical treatment of multiplanar deformities of the lower extremities before closing the growth zones in children with rickets. *Travma.* 2020;21(2):17-23. [in Ukrainian].
5. Martsyniak S, Kincha-Polishchuk T. Conservative Management of Metabolic Dysfunction in Osseous Tissue among Patients with Vitamin D-Dependent Rickets Type 2. *Springer Medizin, J Mineralstoffwechsel and MuskuloSkelettale erkrankungen.* 2017;24(2):40-458.
6. Langenskiöld A. Tibia vara. A critical review. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2009;246:195-207.
7. Khanfour AA. Does Langenskiöld staging have a good prognostic value in late-onset tibia vara? *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* 2012;7:23-30.
8. Yilmaz G, Oto M, Thabet A, Rogers KJ, Anticevic D, Thacker MM, et al. Correction of lower extremity angular deformities in skeletal dysplasia with hemiepiphysiodesis: A preliminary report. *J. Pediatr. Orthop.* 2014;34(3):336-345. DOI: 10.1097/BPO.000000000000089.
9. Сердюченко СН, Соколовський ОА, Захаров ІА. Метод временного блокування зон росту при ліченні варусної деформації колінного сугава у дітей. *ARS Medica.* 2016;(17):276-283.  
Serdyuchenko SN, Sokolovskiy OA, Zakharov IA. The method of temporarily blocking growth zones in the treatment of varus deformities of the knee joint in children. *ARS Medica.* 2016;(17):276-283. [in Russian].

### Differentiated Approach to Surgical Treatment of Blount's Disease and Rickets-Like Diseases

Martsyniak S.M.<sup>1</sup>, Nemesb M.M.<sup>1</sup>, Kabatsii M.S.<sup>1</sup>, Moroz D.M.<sup>1</sup>, Savchyn N.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

**Summary. Relevance.** *Blount's disease and vitamin-D-dependent rickets (VDDR) are nosologically different skeletal diseases in childhood. Considering the similarity of the clinical and radiological picture, orthopedists and pediatricians make mistakes in diagnostics, which leads to wrong treatment tactics. Objective: to establish clear indications for surgical treatment of Blount's disease and rickets-like diseases. Materials and Methods.* Surgical treatment of 13 patients with varus lower extremity deformities with vitamin-D-dependent rickets and 29 patients with Blount's disease was carried out; 26 and 42 surgical interventions were made, respectively. The patients' age ranged from 6 months to 14 years. **Results.** Multilevel osteotomies with blocking and growing intramedullary rods should be performed for the treatment of rickety deformities. Applied plates are used only in single-level corrective osteotomies. The use of eight-shaped plates is indicated in the process of the growth zone functioning. In Blount's disease, we recommend: (1) blocking growth zones in patients with 1-4 degrees of deformity, II-VI stages according to Langenskiöld, and skeletal maturity of 23 to 33 points; (2) semicircular dissection in patients with 1-2 degrees of deformity, I-II stages according to Langenskiöld, and skeletal maturity of 18 to 23 points; (3) corrective osteotomies combined with simultaneous blocking of growth zones in patients with 3-4 degrees of deformity, V-VI stages according to Langenskiöld, and skeletal maturity of 30 to 33 points. **Conclusions.** The presented laboratory diagnostics enables differentiate diagnostics of the etiological affiliation of the varus deformity of the lower leg. If rickets is detected, pathogenetic conservative treatment should be performed; in case of Blount's disease, surgical treatment should be started using minimally invasive methods. In the absence of positive dynamics in case of rickets, guided growth should be applied. In case of multiplanar deformities, one should apply the methods of corrective and reinforced surgical treatment: multilevel osteotomies with a blocking intramedullary rod after the closure of the growth zones and osteotomy with a telescopic intramedullary rod in case of preserved growth zone. If Blount's disease is diagnosed early, timely and correctly, growth zone blocking is the method of choice. In case of recurrence, corrective osteotomies with blockage of growth zones should be performed.

**Key words:** *Blount's disease; varus deformity; vitamin-D-dependent rickets; vitamin D.*



## **Дифференцированный подход к оперативному лечению болезни Блаунта и рахитоподобных заболеваний**

Марциняк С.М.<sup>1</sup>, Немеш М.М.<sup>1</sup>, Кабаций М.С.<sup>1</sup>, Мороз Д.М.<sup>1</sup>, Савчин Н.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, г. Киев

**Резюме. Актуальность.** Болезнь Блаунта и витамин-D-зависимый рахит (ВДЗР) представляют собой нозологически разные заболевания скелета в детском возрасте. Учитывая сходство клинико-рентгенологической картины, ортопеды и педиатры совершают ошибки в диагностике, что приводит к неправильной тактике лечения. **Цель исследования.** Установить четкие показания к оперативному лечению болезни Блаунта и рахитоподобных заболеваний. **Материалы и методы.** Проведено оперативное лечение 13 пациентов с варусной деформацией нижних конечностей при ВДЗР и 29 – с болезнью Блаунта, которым выполнено 26 и 42 оперативных вмешательства. Возраст больных составил от 6 месяцев до 14 лет. **Результаты.** Для лечения рахитических деформаций следует использовать многоуровневые остеотомии с блокирующим и растущим интрамедуллярными стержнями. Накладные пластины применяются только при одноуровневых корректирующих остеотомиях. Применение восьмиобразных пластинок показано в процессе функционирования ростковой зоны. При болезни Блаунта рекомендуем: блокировку зон роста с 1-4-й степенью деформации, 2-6-й стадией по Langenskiöld и скелетной зрелостью от 23 до 33 баллов. Пациентам с 1-2-й степенью деформации, 1-2-й стадией по Langenskiöld и скелетной зрелостью от 18 до 23 баллов – полуциркулярное рассечение. Пациентам с 3-4-й степенью деформации, 5-6-й стадией по Langenskiöld, скелетной зрелостью 30-33 балла – коррекционные остеотомии в комбинации с временной блокировкой зон роста. **Выводы.** Предлагаемая лабораторная диагностика позволяет дифференцировать этиологическую принадлежность варусной деформации голени. При обнаружении рахита провести патогенетическое консервативное лечение, а при болезни Блаунта – приступить к хирургическому лечению малоинвазивными методиками. При отсутствии положительной динамики при рахите следует применить “управляемый рост”. При многоплоскостных деформациях необходимо использовать методы коррекционно-армирующего хирургического лечения: после закрытия зон роста – многоуровневые остеотомии с блокирующим интрамедуллярным стержнем, при сохраненной зоне роста – остеотомия с телескопическим интрамедуллярным стержнем. При ранней своевременной и правильной диагностике болезни Блаунта блокировка зон роста является методом выбора. В случае рецидива следует использовать коррекционные остеотомии с блокировкой зон роста.

**Ключевые слова:** болезнь Блаунта; варусная деформация; витамин-D-зависимый рахит; витамин D.

## Biomechanical Analysis of the Joint and Muscle Forces of the Lower Extremities in Walking of Rheumatoid Arthritis Patient

Gerasymenko S.I.<sup>1</sup>, Lazarev I.A.<sup>1</sup> ✉, Gerasymenko A.S.<sup>1</sup>, Babko A.M.<sup>1</sup>, Poluliakh M.V.<sup>1</sup>, Litvynenko Yu.V.<sup>2</sup>, Zhyrnov O.V.<sup>2</sup>, Malovanyi S.D.<sup>3</sup>, Maksymishyn O.M.<sup>1</sup>

**Summary.** Rheumatoid arthritis (RA) is an immunomodulated, chronic inflammatory disease, accompanied by the proliferation of the inflamed synovium and destruction of the articular cartilage, which leads to the formation of contracture of lower extremities joints and disability. Understanding the values of biomechanical loads on the articular surfaces with contracture of the joints of the lower extremities in patients with RA and the muscle forces (MF) participation in this process with the formation of adaptation and compensation mechanisms can contribute to the development of new views and approaches to the tactics of therapeutic measures specific to each stage of the disease. **Objective:** to analyze the behavior of the musculoskeletal system of an RA patient in his walking pattern by calculating the forces acting in the main muscle groups and joints of the lower extremities. **Materials and Methods.** Initial data were obtained from the examination of a female patient K., who was diagnosed with stage 2 phase 3 RA with a predominant lesion of the hip and knee joints and severe pain in the left hip joint. A video system of 6 cameras, reflective markers and a force platform were used for motion capture of the walking. A simulation musculoskeletal model of the gait of the RA patient using the AnyBody Modeling System 6.0 software (Denmark) was created. Joint reaction forces (JRF) and MF were calculated. **Results.** Normal mode of loading of the lower extremities was altered to compensate for structural disorders in joints of RA patients. The peaks of vertical component of the ground reaction force (GRF) are lower compared to the normal population; the gait is static and asymmetric, sparing. MF increase in *m. gluteus (maximus, medius, minimus)* with increasing amplitude of movements in the frontal plane. JRF of both hips increase in all planes. **Conclusions.** Walking of RA patients with limitation of active extensions in the hip and knee joints occurs due to an increase in the amplitude of the frontal plane compensatory movements. Postural muscle imbalance increases the *m. gluteus*, *m. biceps femoris*, *m. semitendinosus* and *m. semimembranosus* MF. Other lower extremities muscles decrease their MF. The MF redistribution is compensatory and aimed to keep the RA patient in the upright position and optimize the biomechanics of walking due to less painful movements. Biomechanical overloading of the hip and knee articular surfaces can serve as a factor in maintaining the inflammatory response, the development of degenerative processes, or the further progression of arthrosis and stiffness of the joints of the lower extremities in this category of patients.

**Key words:** rheumatoid arthritis; lower extremities contracture; AnyBody musculoskeletal model; joint reaction forces; muscle forces.

### Introduction

Rheumatoid arthritis (RA) is an immunomodulated, chronic inflammatory disease accompanied by the proliferation of the inflamed synovium and destruction of the articular cartilage, leading to disability [1].

✉ Lazarev I.A., ilazarev@ukr.net

<sup>1</sup>SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

<sup>2</sup>National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv

<sup>3</sup>National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

The etiopathogenesis of RA is still unclear; however, several stages of its pathophysiology have been elucidated, the key feature of which is inflammatory synovitis [1, 2]. Although historically cartilage has been considered an "innocent bystander," recent evidence suggests that cartilage degradation in RA is associated with an imbalance in the anabolic and catabolic activity of articular chondrocytes associated with synovitis and joint inflammation indirectly. In addition to inflammation factors, the metabolic activity of chondrocytes is also influenced by mechanical stress factors [3].

In particular, biomechanical factors in rheumatoid arthritis can play an important role in the initiation and progression of degenerative processes in the joint, secondary to the inflammatory process [4, 5, 6, 7, 8]. However, the sequence of biomechanical and biochemical processes that regulate these events in vivo is not yet clear enough.

With the development of clinical gait analysis techniques (3D kinetics and kinematics), a necessary tool has emerged for finding differences in pathological gait patterns from its normal gait parameters [9, 10]. The development of computer technology and software contributes to data collection, analysis and interpretation of gait data as a tool for studying the function of joints in RA [9, 10]. Thus, a significant decreased range of the hip, knee, ankle movements (external-internal rotation, abduction-adduction, flexion-extension) under contracture conditions make influence to walking style of RA patients. The walking conditions and pattern of the path violate gait parameters – a decrease in the force and stride interval – articular angular velocities, movement speed and support function in general [10]. In such conditions, along with a pronounced patient's pain reaction, the load on all elements of joints and muscle groups of the lower extremities increases significantly. An increase in mechanical stress, at the background of an inflammatory process, capsular-ligamentous disorders, cartilage degradation, subchondral bone changes and muscle imbalance contribute to the progression of articular and muscle contractures, as well as arthritic phenomena in joints of lower extremities, including the formation of erosions of the articular surfaces [2]. Thus, the importance of mechanical factors in the destructive cascade of processes in RA is beyond doubt [3-5, 8]. At the same time, there is insufficient data regarding the muscles functioning in different clinical variants of RA, and routine analysis of muscle activity in clinical practice in this category of patients is usually not performed. The decrease in muscle forces determined by a clinical study is associated with the activity of the inflammatory process, X-ray changes, and the severity of functional disorders [8]. Understanding the values of biomechanical loads on the articular surfaces in the lower extremities joints contracture of RA patients and the participation of muscle forces in this process with the formation of adaptation and compensation mechanisms can contribute to the development of new points of view and approaches to the tactics of therapeutic measures specific to each stage of the disease.

The aim of our study was to analyze the behavior of the musculoskeletal system of a patient with RA in straight walking by calculating the forces acting to the joints of the lower extremities and the main muscle groups of the lower extremities using a simulated musculoskeletal AnyBody model.

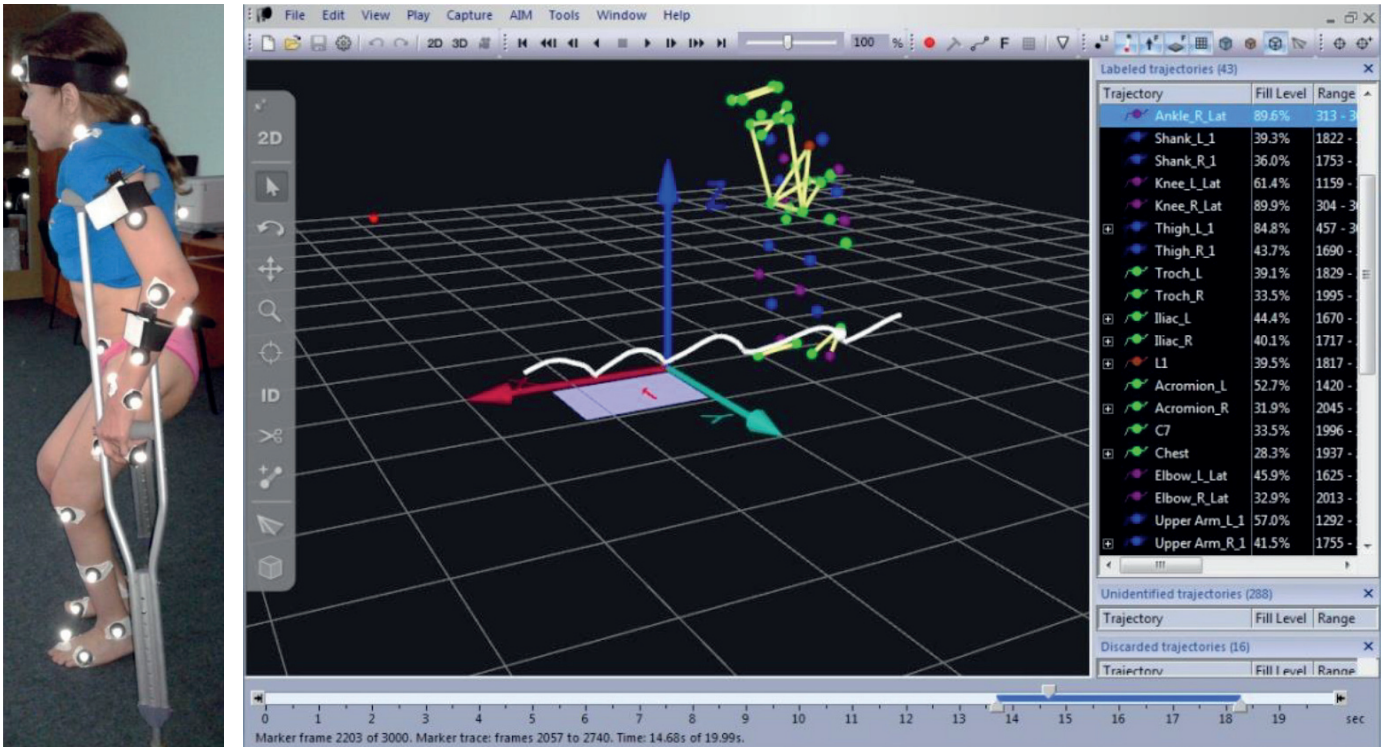
## Materials and Methods

The initial data for creating a simulation model were obtained from the examination of patient K. with a diagnosis of rheumatoid arthritis, stage 2 phase 3, with a predominant lesion of the hip and knee and severe pain in the left hip. The patient's weight is 50 kg, height is 150 cm. In clinical examination, the movements in both hips are significantly limited, acute painful. The flexion-adduction contracture in both hips is determined; the relative shortening of the right lower extremity is up to 1 cm. The range of motion in the hips according to the neutral (0 to zero) passing method: extension/flexion – right 0/0/90°, left 0/0/70°, abduction/adduction – rocking, external/internal rotation – rocking. The contours of the knee joints are changed, there is a deflection and deformation of both knees, palpation of both knees is painful, flexion-extension contracture is observed in both knees. Active and passive movements are markedly limited. The range of motion in the knee according to the neutral (0 to zero) passing method: extension/flexion – right 0/20/100°, left 0/20/100°. The contours of the ankle are changed, deformed. Active and passive movements in the ankle are preserved. In straight walking, the patient assumed a typical body position characteristic of severe forms of RA with combined contractures in the joints of the lower extremities, which determine the typical posture in walking.

At the next stage, the motion capture in the walking was carried out using a video system of 6 cameras and a dynamometric platform. In combination with built-in specialized software modules, the used optical motion capture system (Qualisys Motion Capture System, Sweden) allows high-precision measurement of the position and movements of the fast-moving object or their elements with subsequent processing and analysis of the obtained data. For this, reflective markers were placed on the body of the investigated object, in the projection of the main anatomical landmarks. In straight walking with tread on the dynamometric platform, the trajectories of movement of each marker recorded by the video system and additionally three peak forces: longitudinal ( $F_x$ ), transverse ( $F_y$ ), vertical ( $F_z$ ) (Fig. 1).

The resulting data package in C3D format was exported to the AnyBody Modeling System 6.0 (AnyBody Technology, Denmark) software, which is a system of musculoskeletal modeling for biomechanical simulations based on inverse dynamics, which allows analyzing muscle and joint reactions in the human musculoskeletal system [11]. A musculoskeletal simulation model of the RA patient was created by AnyBody software (Fig. 2), and the calculation of joint and muscle forces was performed [12].

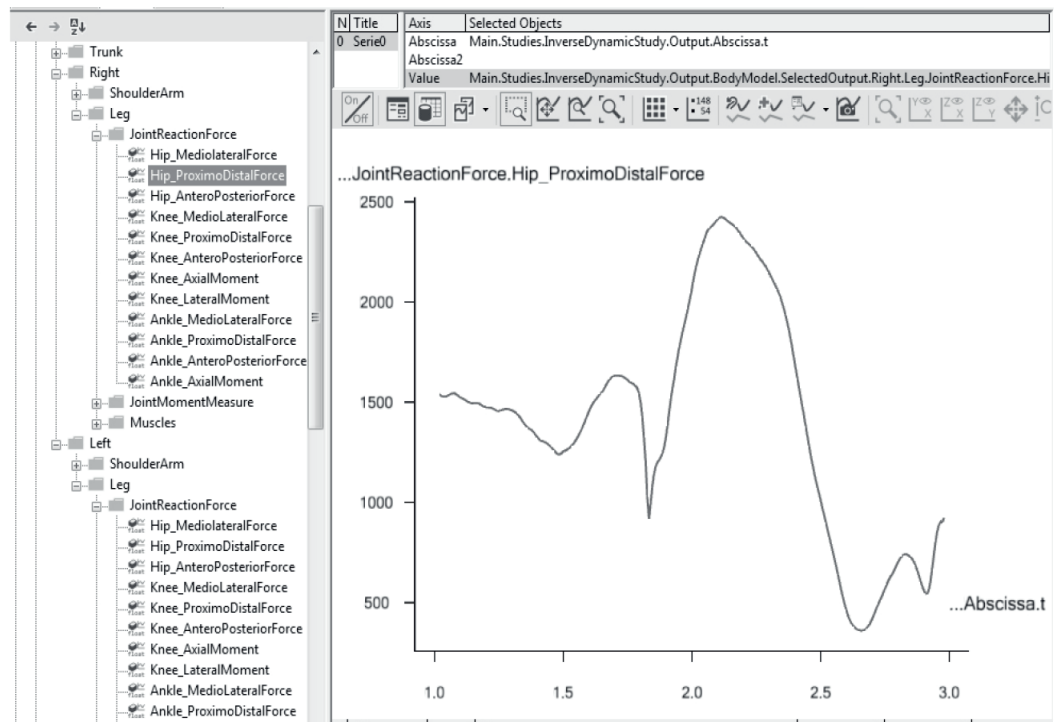
At the final stage, a comparative analysis of the patient's data with the standard model's data of the musculoskeletal system (StandingModel from the AnyBody



**Fig. 1.** Registration of the trajectory of markers movement and three peaks of GRF in the window of the software (Qualisys Motion Capture System, Sweden)



**Fig. 2.** Musculoskeletal simulation model of the RA patient

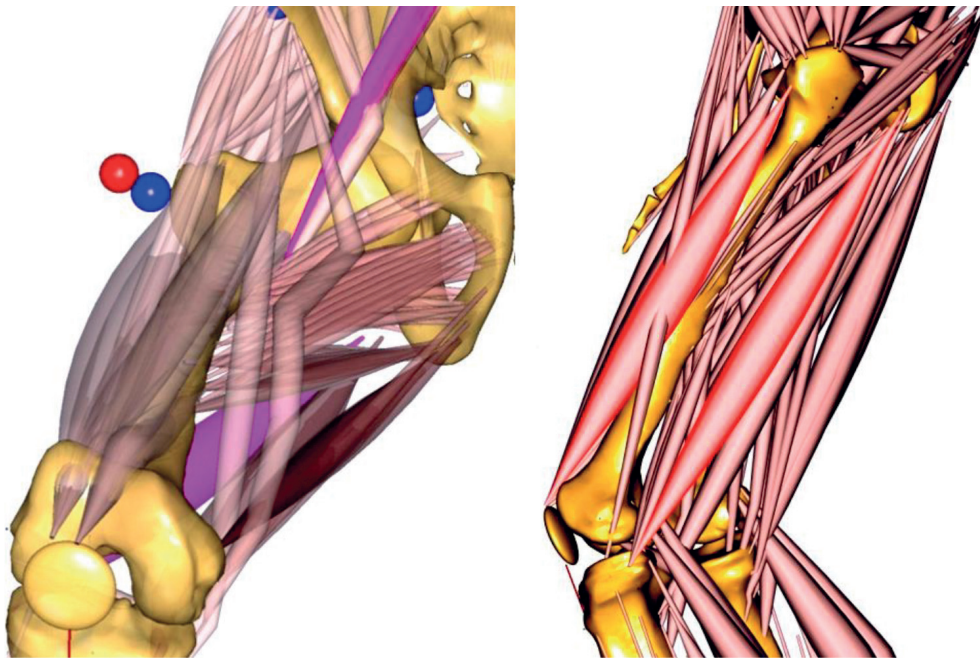


**Fig. 3.** Joint reaction forces of the hip (vertical component, Z-axis)

Repository AMMR Version 1.6.2 package) was carried out, taken as a conditional norm averaged for both lower extremities. In the context of this work, the joint reaction forces of the hip, knee and ankle were investigat-

ed along the X (longitudinal component), Y (transverse component), and Z (vertical component) axes (Fig. 3), as well as the muscle forces of the main muscle groups of the lower extremities (Fig. 4).





**Fig. 4.** Muscles of the lower extremities in the AnyBody model

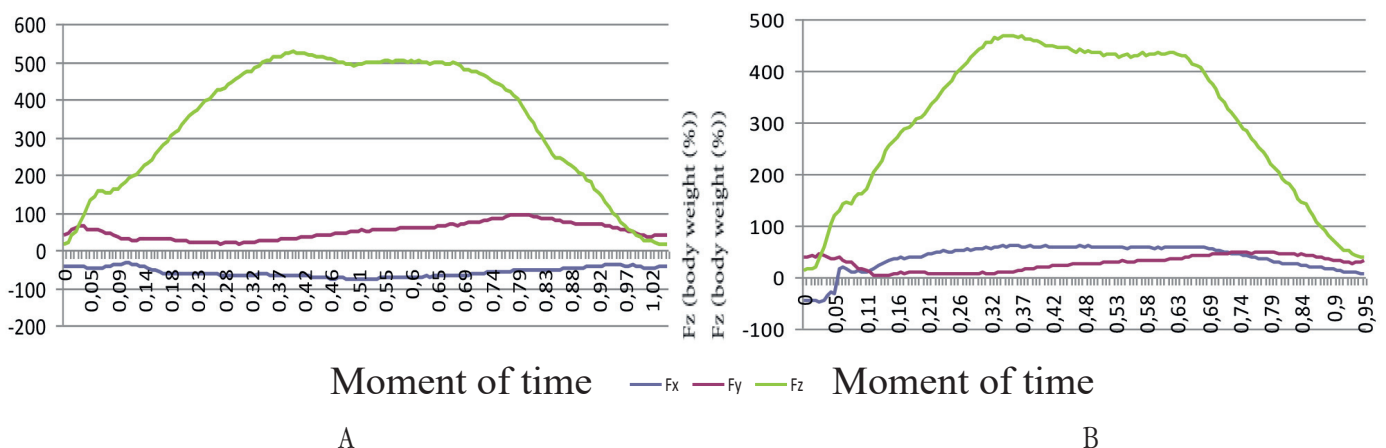
## Results and Discussion

According to the obtained GRF data of the patient, changes in the force and time parameters of the vertical component were revealed. If normally the vertical component of the GRF has two peaks (heel strike force, toe-off force) and a trough between them (mid-stance), then the typical changes in the vertical component of the RA patient were a distortion of the graph curve of GRF's vertical component – the heel strike, and toe-off forces decreasing by 7% on the right, smoothness of the mid-stance component on both sides and an increasing the single stance time parameters on the left extremity (by 8%). Due to the limitation of movements in joints because of pain, the graphs of the vertical component of the GRF acquired a widened form with increasing distance

between peaks (more on the left) (Fig. 5). Decreasing of walking speed, heel strike force and toe-off force on the right, increasing of the mid-stance force, show an attempt to unload the right extremity. In general, the gait is static and asymmetric, sparing, due to the fact that the lower extremities loading and push-off from the ground are accompanied by painful sensations.

The values of the muscle forces of the main muscle groups of the lower extremities are presented in Table 1.

As a result of walking modeling in the RA patient with contracture of lower extremities joints, the force is increasing in almost all portions of m. gluteus (maximus, medius, minimus). It was noted in the range from 12% (GluteusMinimusMid) to 328% (GluteusMaximusInferior). Only the anterior portions of m. gluteus minimus and m. gluteus medius show decreasing in the force by



**Fig. 5.** Vertical GRF Fz of the left (A) and right (B) lower extremities

Table 1

**Muscle force parameters of the main muscle groups of the lower extremities**

Muscle	Normal	Patient D	Difference (%)	Patient S	Difference (%)
GluteusMinimusAnterior	128.41	95.49	-25.63	89.24	-30.50
GluteusMinimusMid	80.99	90.98	12.34	109.03	34.63
GluteusMinimusPosterior	57.51	89.10	54.94	112.53	95.69
GluteusMediusAnterior	50.18	30.21	-39.80	19.97	-60.20
GluteusMediusPosterior	87.27	180.61	106.97	228.07	161.35
GluteusMaximusSuperior	11.54	45.53	294.71	26.76	131.99
GluteusMaximusInferior	8.89	24.02	170.19	38.09	328.46
GastrocnemiusLateralis	314.63	248.19	-21.12	191.49	-39.14
GastrocnemiusMedialis	820.56	418.16	-49.04	582.81	-28.97
SoleusMedialis	411.27	233.06	-43.33	307.61	-25.20
SoleusLateralis	353.84	376.93	6.53	205.76	-41.85
Plantaris	8.31	8.48	2.05	4.81	-42.12
Poplitues	3.06	0.88	-71.19	1.74	-43.04
FlexorDigitorumLongus	1.64	16.10	884.71	0.00	-100.00
FlexorHallucisLongus	25.22	138.68	449.99	0.00	-100.00
TibialisPosteriorLateralis	13.61	67.70	397.43	0.00	-100.00
TibialisPosteriorMedialis	13.69	70.88	417.75	0.00	-100.00
TibialisAnterior	79.77	100.28	25.71	48.01	-39.81
BicepsFemorisCaputLongum	259.34	443.89	71.16	593.29	128.77
BicepsFemorisCaputBreve	10.05	19.75	96.62	20.94	108.46
Semitendinosus	168.01	221.97	32.12	196.95	17.23
Semimembranosus	193.04	225.70	16.92	251.70	30.39
RectusFemoris	271.05	79.16	-70.79	85.20	-68.57
VastusLateralisInferior	3.01	1.48	-50.83	3.26	8.31
VastusLateralisSuperior	201.18	102.68	-48.96	228.02	13.34
VastusMedialisInferior	13.57	6.35	-53.19	14.01	3.28
VastusMedialisMid	50.57	24.64	-51.27	54.35	7.49
VastusMedialisSuperior	12.09	6.10	-49.52	13.52	11.87
VastusIntermedius	20.25	10.32	-49.02	22.93	13.26

26-31% (GluteusMinimusAnterior) and 40-60% (GluteusMediusAnterior), respectively. Thus, there was the force increasing for GluteusMinimusMid – by 35-91%, GluteusMinimusPosterior – by 55-96% (2 times at the more affected side), GluteusMediusPosterior – by 107-161% (2-2.5 times), GluteusMaximusSuperior – 2-4 times, and GluteusMaximusInferior – 2.5-4 times. At the same time, the force decreasing of the anterior bundles

of m. gluteus minimus (by 26-31%) and m. gluteus medius (by 40-60%) demonstrate a lack of function associated with internal rotation of the femur.

This is associated with decreasing in hips range of motion in the sagittal plane due to contracture of the joint capsule itself and m. iliopsoas, accompanied by anterior pelvic tilt and hyperlordosis of the lumbar spine. To compensate for movements in the sagittal plane, a

group of femoral abductors (Gluteus Medius, Gluteus Minimus) are involved in the work. By the reason, amplitude of movements in the frontal plane increases. Thus, the patient's movement in hips flexion contracture and limitation of active extension in RA occurs because of amplitude of compensatory movements in the frontal plane increasing.

Muscle force increasing was also noted in the BicepsFemorisCaputLongum – by 71-129%, BicepsFemorisCaputBreve – by 97-108%, Semitendinosus – by 17-32%, Semimembranosus – by 17-30%. Muscle force decreasing took place in the Gastrocnemius Lateralis – by 21-39%, Gastrocnemius Medialis – by 29-49%, Soleus Medialis – by 25-43%, Poplitues – by 43-71%, and Rectus Femoris – by 69-71%. The weakness of the two-joint muscles with a decrease in their involvement occur due to the convergence of attachment zones at the background of a fixed contracture. Flexion position of the knees causes a decrease in the strength of the posterior muscle group of legs. At the same time, there is a compensatory increasing of the BicepsFemoris muscle force, which provides counteraction to the pelvis's anterior tilt.

At the more affected side (left), the FlexorDigitorumLongus, FlexorHallucisLongus, TibialisPosteriorLateralis, TibialisPosteriorMedialis, and TibialisAnterior demonstrate zero MF values in walking, corresponding to pronounced ankle's contracture when these muscles are not involved in the process. At the less affected side (right), these muscle groups have 5-10 times increased values of MF, apparently necessary to ensure compensatory stabilization of the left ankle in the double support

phase of the gait. A MF decreasing of the foot's flexor muscles and functional shortening of the lower extremity leads to a compensatory sharp increasing in the load on the Flexor digitorum longus, Flexor hallucis longus and Tibialis posterior muscles.

Asymmetric force values of other muscle groups of the lower extremities with their unilateral increasing and simultaneous decreasing of the contralateral extremity values can be regarded as a compensatory mechanism for the muscle activity distribution aimed at stabilizing the joints at the more affected side and muscle unloading at the less affected extremity.

The patterns of MF distribution in RA patients correspond to changes in the joint reaction forces (JRF) acting in the hip, knee and ankle along the X, Y and Z axes. JRF and the moments of forces are presented in Table 2.

As a result of modeling of the RA patient walking, there is all JRF vectors increasing acting in both hips: transverse (Y-axis) – by 143-181%, vertical (Z-axis) – by 10-52%, longitudinal (X-axis) – by 112-170%. Bio-mechanical overload of the articular surfaces of the hip joints can serve as a factor of the degenerative processes development or further progression of arthritis and joint stiffness.

In the knees, JRF acting in the longitudinal direction (X-axis), at the more affected side (left), are significantly increased – by 82%; on the less affected side – close to normal parameters (2% difference). Vertical JRF (Z-axis) are decreased by 10-36% at both sides. Lateral JRF (Y-axis) are increased by 18% at the more affected side (left) and decreased by 14% at the contralateral side compared to normal parameters. This difference

Table 2

**JRF of the hip and knee (D and S) of the RA patient**

Joint	Normal	Lower extremity D	Difference (%)	Lower extremity S	Difference (%)
Hip_MediolateralForce (Y)	674.81	1639.23	142.92	1895.59	180.91
Hip_ProximoDistalForce (Z)	2196.30	2418.05	10.10	3337.46	51.96
Hip_AnteroPosteriorForce (X)	209.12	443.04	111.86	565.19	170.27
Knee_MedioLateralForce (Y)	479.33	410.08	-14.45	564.50	17.77
Knee_ProximoDistalForce (Z)	2512.32	1613.18	-35.79	2265.62	-9.82
Knee_AnteroPosteriorForce (X)	804.20	820.35	2.01	1464.19	82.07
Knee_AxialMoment	6.40	22.46	250.94	29.45	360.16
Knee_LateralMoment	48.61	25.37	-47.80	49.05	0.92
Ankle_MedioLateralForce (Y)	901.07	806.69	-10.47	666.60	-26.02
Ankle_ProximoDistalForce (Z)	3864.81	3310.55	-14.34	2689.84	-30.40
Ankle_AnteroPosteriorForce (X)	619.29	341.01	-44.93	758.23	22.44
Ankle_AxialMoment	9.79	8.20	-16.20	5.17	-47.16



can be explained by the compensatory mechanism of load redistribution between the extremity more and less involved in the pathological process [13]. The decrease in the magnitude of vertical JRF can explain the increasing stiffness of the posterior parts of the knee's capsule as a result of a long-term inflammatory process, followed by its fibrosis and formation of contracture. Ultimately, an additional extra-articular point of rotation forms. At the same time, due to the compensatory increasing in the MF magnitude of the posterior femoral muscles involved in maintaining the knees flexion position in walking, the articular surfaces are unloaded by decreasing in the vertical JRF (Z-axis) magnitude.

In the ankles, there is a decrease in lateral JRF (Y-axis) – by 10-26% and vertical JRF (Z-axis) – by 14-30%, while the longitudinal JRF (X-axis) increased by 22% at the more affected side (left) and decreased by 45% at the less affected side. This can also explain the compensatory load redistribution between the extremities.

In addition, axial rotational moment magnitude increasing in both knees by 3-4 times compared with the normal parameters, as well as a 16-47% decreasing in the ankle axial moment, should be noted. According to the study, deviations of the force moments from the reference values can explain the phenomena of the knee and ankle instability in RA patients.

Thus, the load distribution changes, caused by joints contractures and pain syndrome, have a certain positional adaptation of the pelvis and lower extremities. This is due to activation of the body compensatory mechanisms associated with the muscle activity transfer from one group to others, which ultimately results in functional antalgic intraarticular relationships. The most common lower extremity joint conditions in RA patients are flexion-adduction contracture in the hip and flexion-valgus position of the knee. Joint capsule relaxation and intra-articular pressure decreasing can reduce the pain response. However, the intra-articular relationships achieved in this case significantly impair the biomechanical functions of support and movement of the lower extremities, which are compensated by additional muscle tension. Unilateral flexion-adduction position of the lower extremity leads to its functional shortening, femoral internal rotation, and a decrease in the area of ground contact. Bilateral functional shortening of the lower extremities is compensated by pelvic anterior rotation with formation of permanent m. iliopsoas contracture and lumbar hyperlordosis. Maintaining the obtained vertical body position is accompanied by postural muscle imbalance, which reduces the MF of m. quadriceps femoris. Adduction and flexion of the thigh leads to reflexive activation of the antagonist muscles (m. gluteus maximus and m. gluteus medius) to stabilize the extremity. The convergence of attachment points of the m. gluteus maximus and anterior portion of the m. gluteus medius leads to their weakness. For

compensation of decrease in the area of ground contact, the muscles turning knees in valgus position are activated (m. biceps femoris and m. tensor fasciae latae with an active role of m. gluteus maximus). Fixed position of the knee leads to the lateral and medial head of the m. gastrocnemius and m. soleus weakness. An attempt to compensate functional shortening of the extremity leads to fixation of the ankle in the plantar flexion position with formation of its contracture. The etiopathogenetic factor of inflammation plays a secondary role in this case.

The MF redistribution is compensatory and aimed to keep the RA patient in upright position and optimize the biomechanics of walking due to the less painful movements.

## Conclusions

1. According to the study of the RA patient walking with flexion-adduction lower extremities joints contractures, a compensatory redistribution of muscle forces was revealed, aimed at keeping the body in an upright position and optimizing the biomechanics of walking by increasing the amplitude of compensatory movements in the frontal plane.

2. The presence of the hip and knee contractures is accompanied by postural muscle imbalance with a decrease in the muscle forces of the lower extremities, except for the m. gluteus, m. biceps femoris, m. semitendinosus and m. semimembranosus, demonstrating a compensatory increase in their force characteristics.

3. A significant increase in biomechanical loads on the articular surfaces in RA patients with contracture of the lower extremities joints, as well as the contribution of muscle forces to this process, can be both a factor supporting the inflammatory response of the joints and a factor in the development of degenerative processes or further progression of arthrosis phenomena in the hips and knees.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. This publication has not been, is not, and will not be the subject of commercial interest in any form.

## References

1. Sigidin YA, Lukina GV. Rheumatoid arthritis; M: ANKO; 2001. 328 p.
2. Kovalenko VN. Rheumatoid arthritis: etiopathogenesis, clinical picture, diagnosis, treatment. *Liki Ukrainy*. 2005;3(92):18-20.
3. Sun HB. Mechanical loading, cartilage degradation, and arthritis. *Ann NY Acad Sci*. 2010;1211:37-50.<http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05808.x>.
4. Jessome MA, Tomizza MA, Beattie KA., Bensen WG, Bobba RS, Cividino A, et al. Anatomical Patterns Suggest the Involvement of Biomechanical Stress in the Pathogenesis of Erosions in

Rheumatoid Arthritis. ACR/ARHP 2016 Annual Meeting. American College of Rheumatology. 2016; Nov 11-16; Washington, US.

5. Guilak F. Biomechanical factors in osteoarthritis. Best Practice & Research. Clinical Rheumatology. 2011;25(6):815-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.berh.2011.11.013>.

6. Häkkinen A, Kautiainen H, Hannonen P, Ylinen J, Mäkinen H, Sokka T. Muscle strength, pain and disease activity explain individual subdimensions of the Health Assessment Questionnaire disability index, especially in women with rheumatoid arthritis. Ann Rheum Dis. 2006;65:30-4. <http://dx.doi.org/10.1136/ard.2004.034769>.

7. Stucki G, Schönbacher J, Brühlman P, Mariacher S, Stoll T, Mechel BA. Does a muscle strength index provide complementary information to traditional disease activity variables in patients with rheumatoid arthritis? J Rheumatol. 1994;21:2200-5.

8. Uutela TI, Kautiainen HJ, Häkkinen AH Decreasing muscle performance associated with increasing disease activity in patients with rheumatoid arthritis. PLoS ONE. 2018;13(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194917>.

9. Baan H, Dubbeldam R, Nene AV, Laar M. Gait Analysis of the Lower Extremity in Patients with Rheumatoid Arthritis: A Systematic Review. Seminars in Arthritis and Rheumatism. 2012 June;6(41):768-88.

10. Isacson J, Broström LA. Gait in rheumatoid arthritis: an electrogoniometric investigation. J Biomech. 1988;21(6):451-7. [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290\(88\)90237-0](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290(88)90237-0).

11. Rasmussen J, Zee M, Damsgaard M, Christensen ST, Andersen MS. Musculoskeletal simulation of orthopedic surgical procedures. Poster presentation at the Workshop Proceedings of Computational Biomechanics for Medicine. MICCAI 2006, Copenhagen, Denmark, 2006.

12. Damsgaard M, Rasmussen J, Christensen ST, Surma E, Zee M. Analysis of musculoskeletal systems in the AnyBody Modeling System. Simulation Modelling Practice and Theory. 2006;14(8):1100-11. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2006.09.001>.

13. Konrath JM, Karatsidis A, Schepers HM, Bellusci G, Zee M, Andersen MS. Estimation of the Knee Adduction Moment and Joint Contact Force during Daily Living Activities Using Inertial Motion Capture. Sensors. 2019;19(7):1681. <https://doi.org/10.3390/s19071681/>.

### Біомеханічний аналіз суглобових і м'язових сил нижніх кінцівок в акті ходьби при ревматоїдному артриті

Герасименко С.І.<sup>1</sup>, Лазарев І.А.<sup>1</sup>, Герасименко А.С.<sup>1</sup>, Бабко А.М.<sup>1</sup>, Полулях М.В.<sup>1</sup>, Литвиненко Ю.В.<sup>2</sup>, Жирнов О.В.<sup>2</sup>, Мальований С.Д.<sup>3</sup>, Максимішин О.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

<sup>2</sup>Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ

<sup>3</sup>Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ

**Резюме.** Ревматоїдний артрит (РА) – імунomodульоване хронічне запальне захворювання, яке супроводжується розростанням запаленої синовіальної оболонки та руйнуванням суглобового хряща, що призводить до утворення контрактури суглобів нижніх кінцівок та інвалідності. Розуміння значень біомеханічних навантажень на суглобові поверхні при контрактурі суглобів нижніх кінцівок у хворих на РА та участі м'язових сил у цьому процесі з формуванням механізмів адаптації та компенсації може сприяти розробці нових поглядів та підходів до лікування, тактики терапевтичних заходів, специфічних для кожної стадії захворювання. **Мета дослідження.** Аналіз поведінки скелетно-м'язової системи пацієнта з РА при ходьбі шляхом розрахунку сил, що діють в основних м'язових групах і суглобах нижніх кінцівок. **Матеріали і методи.** Вихідні дані отримані на підставі даних дослідження пацієнтки К. з діагнозом: ревматоїдний артрит, 2 ст., 3 фаза з переважним ураженням кульшових і колінних суглобів, вираженням больовим синдромом у лівому кульшовому суглобі. Відеосистема з 6 камер, світловідбивних маркерів і динамометричної платформи використовувалася для відеореєстрації ходьби. Створено імітаційну скелетно-м'язову модель ходи пацієнта з РА в програмному забезпеченні AnyBody Modeling System 6.0 (Данія). Розраховано суглобові (JRF) та м'язові сили (MF). **Результати.** Для компенсації структурних порушень у суглобах хворих на РА змінюється звичайний режим навантаження кінцівок. Піки вертикальної складової опорних реакцій знижені порівняно з показниками нормальної популяції, хода статична та асиметрична, щадна. MF зростають в т. gluteus (maximus, medius, minimus), збільшується амплітуда рухів у фронтальній площині. JRF обох стегон збільшуються у всіх площинах. **Висновки.** Ходьба хворих на РА з обмеженням активного розгинання у кульшових та колінних суглобах відбувається за рахунок збільшення амплітуди компенсаторних рухів у фронтальній площині. Постуральний дисбаланс м'язів зменшує MF нижніх кінцівок, за винятком сідничних, двоголових м'язів стегна, напівсухожильного та напівперетинчастого м'язів, MF яких збільшуються. Перерозподіл MF є компенсаторним і спря-

мований на утримання пацієнта з РА у вертикальному положенні та оптимізацію біомеханіки ходьби за рахунок менш болючих рухів. Біомеханічне перевантаження суглобових поверхонь кульшових і колінних суглобів може служити чинником підтримки запальної реакції, розвитку дегенеративних процесів або подальшого прогресування артрозу та скутості суглобів нижніх кінцівок у цієї категорії хворих.

**Ключові слова:** ревматоїдний артрит; контрактури суглобів; скелетно-м'язова модель AnyBody; суглобові сили; м'язові сили.

### **Биомеханический анализ суставных и мышечных сил нижних конечностей в акте ходьбы при ревматоидном артрите**

Герасименко С.И.<sup>1</sup>, Лазарев И.А.<sup>1</sup>, Герасименко А.С.<sup>1</sup>, Бабко А.Н.<sup>1</sup>, Полулях М.В.<sup>1</sup>, Литвиненко Ю.В.<sup>2</sup>, Жирнов А.В.<sup>2</sup>, Мальованый С.Д.<sup>3</sup>, Максимышин О.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

<sup>2</sup>Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, г. Киев

<sup>3</sup>Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", г. Киев

**Резюме.** Ревматоидный артрит (РА) – иммуномодулированное хроническое воспалительное заболевание, сопровождающееся разрастанием воспаленной синовиальной оболочки и разрушением суставного хряща, что приводит к образованию контрактуры суставов нижних конечностей и инвалидности. Понимание значений биомеханических нагрузок на суставные поверхности при контрактуре суставов нижних конечностей у больных РА и участия мышечных сил в этом процессе с формированием механизмов адаптации и компенсации может способствовать разработке новых взглядов и подходов к лечению, тактике терапевтических мероприятий, специфичных для каждой стадии заболевания. **Цель исследования.** Анализ поведения скелетно-мышечной системы пациента с РА при ходьбе путем расчета сил, действующих в основных мышечных группах и суставах нижних конечностей. **Материалы и методы.** Исходные данные получены на основании данных исследования пациентки К. с диагнозом: ревматоидный артрит, 2 ст., 3 фаза с преимущественным поражением тазобедренных и коленных суставов, выраженным болевым синдромом в левом тазобедренном суставе. Видеосистема из 6 камер, светоотражающих маркеров и динамометрической платформы использовалась для видеорегистрации ходьбы. Создана имитационная скелетно-мышечная модель походки пациента с РА в программном обеспечении AnyBody Modeling System 6.0 (Дания). Рассчитаны суставные (JRF) и мышечные силы (MF). **Результаты.** Для компенсации структурных нарушений в суставах пациентов с РА изменяется обычный режим нагрузки нижних конечностей. Пики вертикальной составляющей опорных реакций снижены по сравнению с показателями нормальной популяции, походка статическая и асимметричная, щадящая. MF возрастают в т. gluteus (maximus, medius, minimus), увеличивается амплитуда движений во фронтальной плоскости. JRF обоих бедер увеличивается во всех плоскостях. **Выводы.** Ходьба больных РА с ограничением активного разгибания в тазобедренных и коленных суставах происходит за счет увеличения амплитуды компенсаторных движений во фронтальной плоскости. Постуральный дисбаланс мышц уменьшает MF нижних конечностей, за исключением седалищных, двуглавых мышц бедра, полусухожильной и полуперепончатой мышц, MF которых увеличиваются. Перераспределение MF является компенсаторным и направлено на удержание пациента с РА в вертикальном положении и оптимизацию биомеханики ходьбы за счет менее болезненных движений. Биомеханическая перегрузка суставных поверхностей тазобедренных и коленных суставов может служить фактором поддержания воспалительной реакции, развития дегенеративных процессов или дальнейшего прогрессирования артроза и скованности суставов нижних конечностей у данной категории больных.

**Ключевые слова:** ревматоидный артрит; контрактуры суставов; скелетно-мышечная модель AnyBody; суставные силы; мышечные силы.

## Особливості артрозу плечового суглоба в умовах первинно реалізованої нестабільності плечового суглоба та у випадку її поєднання з ушкодженням ротаторної манжети плеча за даними магнітно-резонансної томографії та артроскопії

Страфун С.С.<sup>1</sup>, Козаренко Т.М.<sup>2</sup>, Негря Н.М.<sup>3</sup> ✉

**Резюме. Актуальність.** Остеоартроз (ОА) призводить до функціонального обмеження та зниження якості життя, є основною причиною больового синдрому та інвалідності. Наразі є порівняно невелика кількість радіологічних досліджень, що стосуються особливостей ОА плечового суглоба (ПС), спровокованого реалізованою нестабільністю та її комбінацією з ушкодженням сухожилків ротаторної манжети плеча (РМП). **Мета.** Вивчити особливості проявів та перебігу ОА ПС в умовах первинно реалізованої ізольованої нестабільності в комбінації з ушкодженням сухожилків РМП за даними магнітно-резонансної томографії та артроскопії. **Матеріали і методи.** Ретроспективно проаналізовано дані МРТ та артроскопії 75 пацієнтів з ізольованим ушкодженням Банкарта і поєднання з ушкодженням сухожилків РМП. Результати МРТ-обстеження незалежно один від одного оцінювали 2 радіологи з досвідом роботи 8 та 10 років. Артроскопічна діагностика проводилась на початку реконструктивного етапу стандартним оглядом із 21 точки. Ступінь ушкодження суглобового хряща на МРТ визначали за адаптованою класифікацією за R. Outerbridge. **Результати.** При ушкодженні Банкарта можуть бути виявлені ділянки хондромалаяції хряща западини у вигляді лінійного або криволінійного гіперінтенсивного МР-сигналу на PDfs у товщі хряща або як крайовий його дефект. Товщина хряща при первинних вивихах загалом збережена. При поєднанні нестабільності з ушкодженням сухожилків РМП ступінь ушкодження хряща – значно більший зі зниженням його товщини. Найбільша площа ушкодження хряща спостерігається при ушкодженні 2 і більше сухожилків РМП. **Висновки.** Первинний вивих ПС не завжди супроводжується ушкодженням суглобового хряща. МР-семіотика ОА ПС при первинному вивиху та в умовах комбінації з ушкодженням сухожилків РМП має відповідні особливості. Відтермінування відновлення стабільності в плечовому суглобі за допомогою оперативного лікування є несприятливим прогностичним фактором розвитку РА та ОА ПС. Реалізована нестабільність у комбінації з ушкодженням ротаторної манжети плеча є вкрай обтяжливим прогностичним фактором ОА, оскільки додається додатковий патологіологічний чинник у вигляді ротаторної артропатії.

**Ключові слова:** плечовий суглоб; остеоартроз; реалізована нестабільність; ушкодження Банкарта; ушкодження ротаторної манжети.

### Вступ

Проблема дегенеративних захворювань суглобів людини широко обговорюється серед дослідників. Згідно з уніфікованим клінічним протоколом медичної допомоги при остеоартрозі (ОА)

МОЗ України останнього перегляду [1] та публікаціями низки вітчизняних авторів, ОА призводить до функціонального обмеження та зниження якості життя пацієнтів, є основною причиною больового синдрому та інвалідності у світі, а в Україні є найпоширенішим захворюванням суглобів [2, 3]. За останнє десятиріччя серед лікарів-клініцистів значно підвищилася зацікавленість проблемою дегенеративних змін плечового суглоба (ПС), про що свідчить стійке збільшення кількості наукових публікацій на цю тему. Ендопротезування

✉ Негря Н.М., n.m.negria@gmail.com

<sup>1</sup>ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

<sup>2</sup>Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, кафедра радіології, м. Київ

<sup>3</sup>ТОВ "МРТ плюс", м. Київ, Луцьк

ПС за частотою реалізації посідає 3-тє місце, поступаючи єндопротезуванню кульшового та колінного суглобів. Водночас привертає увагу порівняно мала кількість радіологічних досліджень, що стосуються ОА ПС, спровокованого реалізованою нестабільністю [4] та її комбінації з ушкодженням сухожилків ротаторної манжети плеча (РМП). Відомо, що нестабільність ПС призводить до розвитку ОА, а зниження товщини та пружності хряща суглоба є одним із його проявів [5]. Магнітно-резонансна томографія (МРТ) є одним із найкращих методів оцінки внутрішньосуглобових структур, а особливо хряща. Візуалізація хряща на УЗД ускладнена, а при оцінці класичної рентгенографії перебуває за межею методу.

**Мета** – вивчити особливості проявів та перебігу ОА ПС в умовах первинно реалізованої ізольованої нестабільності в комбінації з ушкодженням сухожилків РМП за даними магнітно-резонансної томографії.

## Матеріали і методи

Ретроспективно проаналізовано дані МРТ-дослідження та артроскопії 75 пацієнтів з ізольованим ушкодженням Банкарта та поєднання останнього з ушкодженням сухожилків РМП. Результати МРТ-обстеження незалежно один від одного оцінювали 2 радіологи з досвідом роботи 8 та 10 років. Обстеження проводилися на магнітному томографі з силою електромагнітної індукції 1,5 Тесла за допомогою стаціонарної спеціалізованої для плечового суглоба котушки та з використанням стандартних імпульсних послідовностей (параметри послідовностей наведені в табл. 1). Отримані дані МРТ ПС були зіставними з даними артроскопії. Клінічне обстеження та артроскопічні втручання здійснювалися в клініці мікрохірургії та рекон-

структивно-відновної хірургії верхньої кінцівки ДУ “ІГО НАМН України” та в медичному центрі МПП “Реабілітація”. Артроскопічна діагностика проводилась на початку реконструктивного етапу стандартним оглядом із 21 точки. Ступінь ушкодження суглобового хряща на МРТ визначали за адаптованою класифікацією за R. Outerbridge, яка включає 4 ступені. 1-й ступінь – блістероподібне локальне потовщення хряща та підвищений МР-сигнал від його структури, 2-й ступінь – тріщини і фрагментація хряща до ½ товщі, 3-й ступінь – тріщини і фрагментація хряща понад ½ товщі, 4-й ступінь – дефект хряща на всю товщу [6]. Обробка матеріалів проводилась за допомогою статистичної програми Statistica 13.3 for Windows Stat Soft, Inc. та Microsoft Excel 2013. Виключенням із когорти пацієнтів були професійні спортсмени, пацієнти з ознаками ОА ПС на момент травми, пацієнти із артропатією ПС запального генезу (табл. 1).

### Характеристика груп пацієнтів

1-ша група – пацієнти з ушкодженням Банкарта в умовах первинно реалізованої нестабільності в кількості 45, середній вік становив 32,7 року, чоловіків 38 (84,4%), жінок 7 (15,6%), розподіл на правий та лівий суглоб 67,4% та 32,6%, відповідно, часовий проміжок після травми на момент виконання МРТ складав 2-8 тижнів.

2-га група – пацієнти з поєднанням ушкодження Банкарта та сухожилків РМП в умовах неодноразово (понад 5 разів) реалізованої нестабільності в кількості 30, середній вік становив 36 років, 26 чоловіків (86,7%), 4 жінок (13,3%), розподіл на правий та лівий суглоб 78,2% та 21,8%, відповідно; у 9 пацієнтів було ушкодження 1-го сухожилка РМП (Хамада 0), у 10 – 2 сухожилків (Хамада 1-й ступінь), в 11 – 3 сухожилків РМП (Хамада 1-й ступінь), часовий проміжок після травми на момент виконання МРТ становив 12-36 місяців (табл. 2).

Таблиця 1

### Протокол МРТ плечового суглоба

Секвенція	Проекція	TR, мс	TE, мс	Товщина зрізу, мм	Сатурація жирової тканини	FOV, мм
T1WI	косо-аксіальна	502	11	3,0	–	256x163
PD fs	косо-аксіальна	2250	25	3,0	+	256x163
PD fs	сагітальна	2250	37	3,0	+	256x230
PD fs	косо-корональна	2310	24	3,0	+	320x320

*Примітки:* T1WI – зважене зображення за часом релаксації T1WI, PD FSU – зважене зображення за протонною щільністю із пригніченням сигналу від жирової тканини, TR – час повторення імпульсу, TE – час ехо, FOV – поле візуалізації

Таблиця 2

**Параметри характеристики групи пацієнтів, що брали участь у дослідженні**

Група ознака	1 (n=45) Банкарт	2 (n=30) Банкарт + РМП
Середній вік	32,7	36
Розподіл за статтю	чол. 38 (84,4%) жін. 7 (15,6%)	чол. 26 (86,7%), жін. 4 (13,3%)
Правий / лівий	правий 67,4% лівий 32,6%	правий 78,2% лівий 21,8%
Факт травми	так	так
Кількість вивихів	1	>5
Час після травми на момент виконання МРТ	2-8 тижнів	12-36 місяців
Ушкодження Банкарта	+	+
Ушкодження хряща западини (ступені згідно з Outerbridge)	0-4 ступінь	2-4 ступінь
Ушкодження хряща головки (ступені згідно з Outerbridge)	0-4 ступінь	2-4 ступінь
Товщина хряща западини	збережена	нерівномірно знижена
Товщина хряща головки	збережена	нерівномірно знижена
Ушкодження РМП	-	+
Ротаторна артропатія, ступені згідно з Хамада	0	9 пацієнтів – 0 21 пацієнт – 1

**Результати та їх обговорення**

Плечовий суглоб має найбільшу свободу рухів та є одним із найскладніших суглобів у тілі людини, оскільки його рух забезпечується синергічною взаємодією 4 анатомічних з'єднань. Складність біомеханіки та ступінь навантаження на плечовий суглоб навіть за умови відсутності осьового впливу, на відміну від колінних та кульшових суглобів, пояснює частоту його ендопротезування.

Вивих ПС зараховують до реалізованої нестабільності, і частота його становить від 0,08 до 0,24 пацієнта на 1000 осіб [7], передні вивихи спостерігаються частіше задніх, частота останніх становить 2-10% серед всіх випадків вивихів [8, 9, 10].

Ушкодження Банкарта формується в результаті повного переднього вивиху плечового суглоба та на МР-томограмах виглядає як лінійний або криволінійний гіперінтенсивний МР-сигнал на PDfs в структурі передньо-нижньої суглобової губи. Передньо-нижня суглобова губа може як мати збережену форму, так і бути деформованою та/або зміщеною (рис 1). Зворотне ушкодження Банкарта – результат заднього вивиху, і, відповідно, аналогічні патологічні зміни задньо-нижньої губи будуть візуалізуватись на МРТ.

Також при ушкодженні Банкарта на МР-томограмах можуть бути виявлені ділянки хондро-

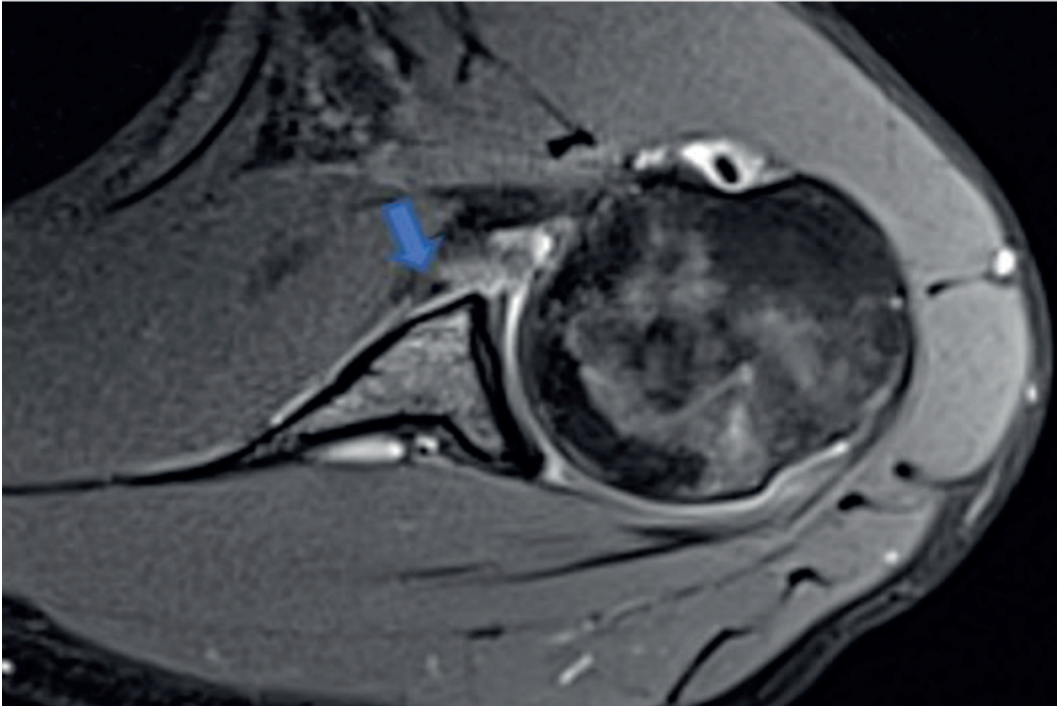
малаяції хряща западини, які мають вигляд лінійного або криволінійного гіперінтенсивного МР-сигналу на PDfs, що розповсюджуються в товщі хряща або як крайовий його дефект (рис. 2).

Варто зазначити, що ушкодження суглобового хряща при первинному вивиху можуть бути відсутніми. Хондромалаяції при первинних ушкодженнях Банкарта мають типову локалізацію в передньо-нижніх відділах суглобової западини. Також немає зміни товщини хряща загалом. У випадках заднього вивиху – ушкодження хряща визначається в задньо-нижніх відділах суглобової западини.

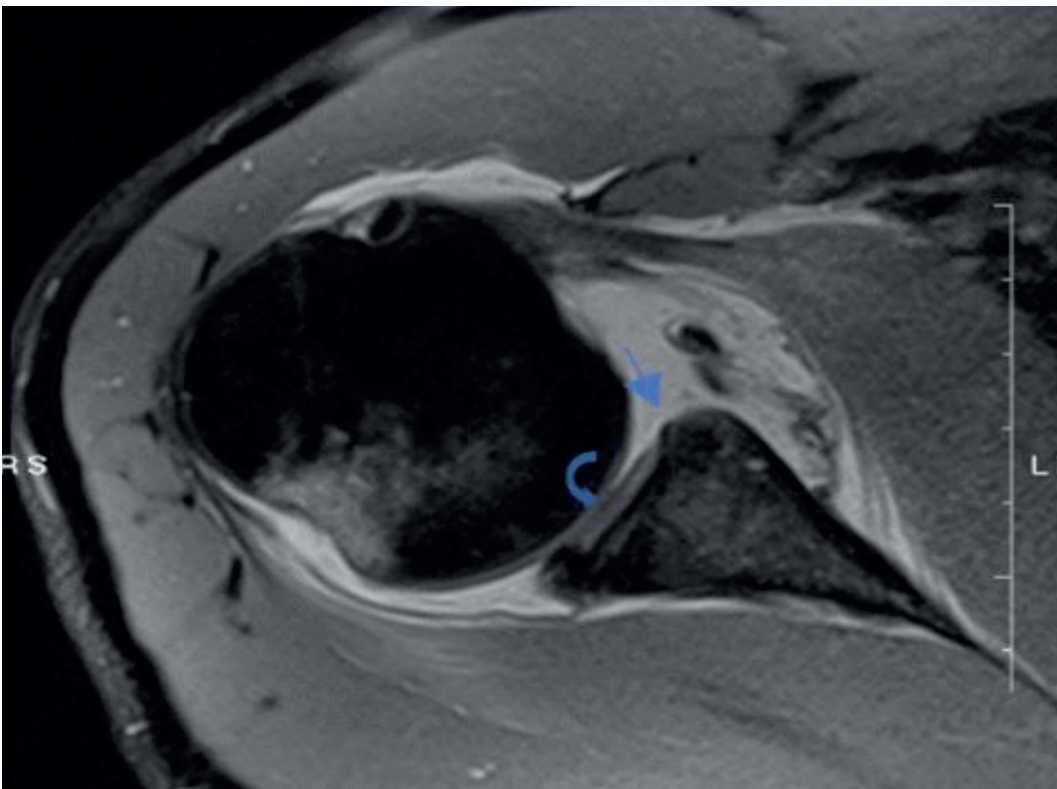
Поряд з ушкодженням Банкарта в головці плечової кістки у 40-90% випадків формується ушкодження Хілл – Сакса [1] при первинних вивихах та у 100% пацієнтів при повторних вивихах [11]. Ушкодження Хілл – Сакса – імпресійний перелом головки в результаті зіткнення з передньо-нижнім чи задньо-нижнім краєм суглобової поверхні гленоїдального відростка (рис. 3).

У випадках із багаторазовими вивихами, поєднаними з ушкодженням сухожилків РМП, ступінь ушкодження хряща значно більший і не обмежується лише передньо-нижніми або задньо-нижніми відділами западини, також наявне нерівномірне зниження товщини хряща загалом (рис. 4).



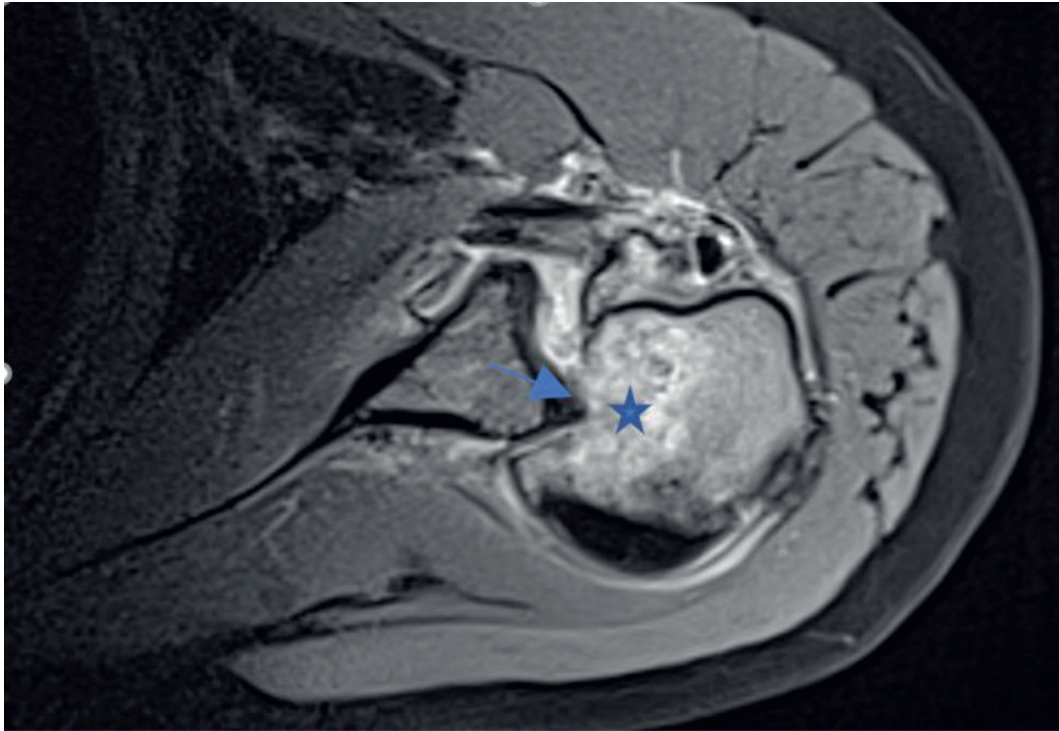


**Рис. 1.** На МР-томограмі плечового суглоба (зображення зважене за протонною щільністю із пригніченням сигналу від жирової тканини – PDfs) – передньо-нижня суглобова губа деформована та зміщена в кишеню Ріделя (стрілка)

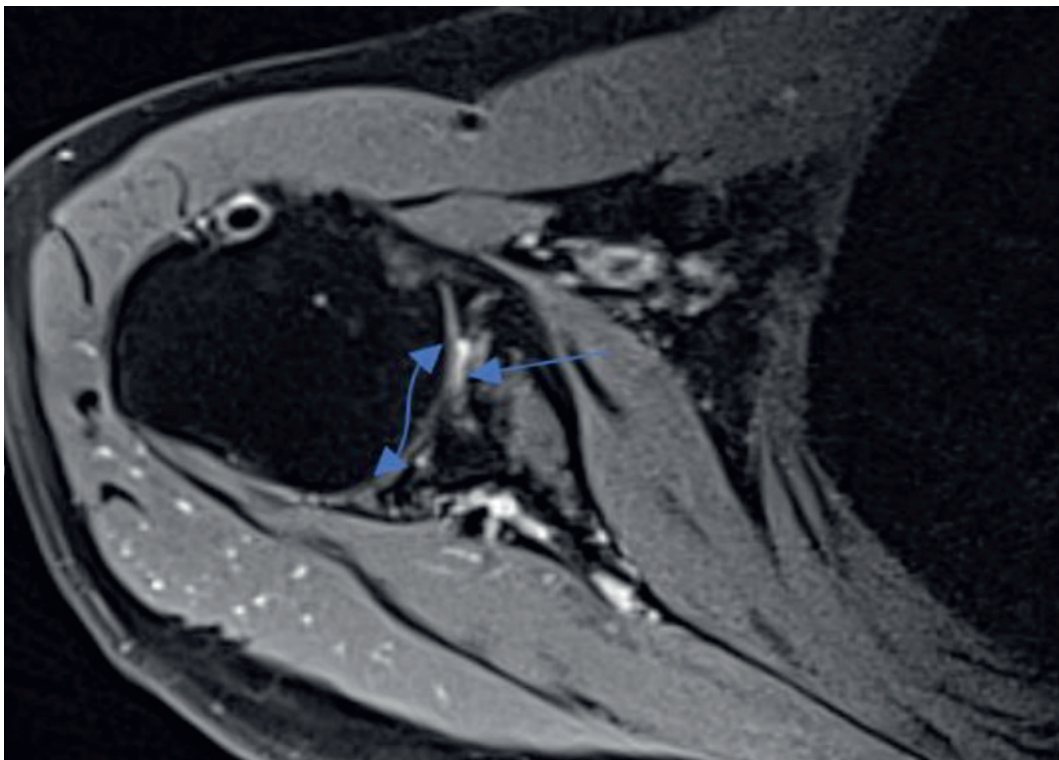


**Рис. 2.** На МР-томограмі плечового суглоба (зображення зважене за протонною щільністю із пригніченням сигналу від жирової тканини – PDfs) – в передньо-нижніх відділах суглобової западини – дефект хряща займає всю його товщу (стрілка) і відшарування передньо-нижньої суглобової губи із передньою порцією волокон нижньої суглобово-плечової зв'язки від періоста гленоїдального виростка лопатки, поряд збережений хрящ суглобової западини (дугоподібна стрілка)

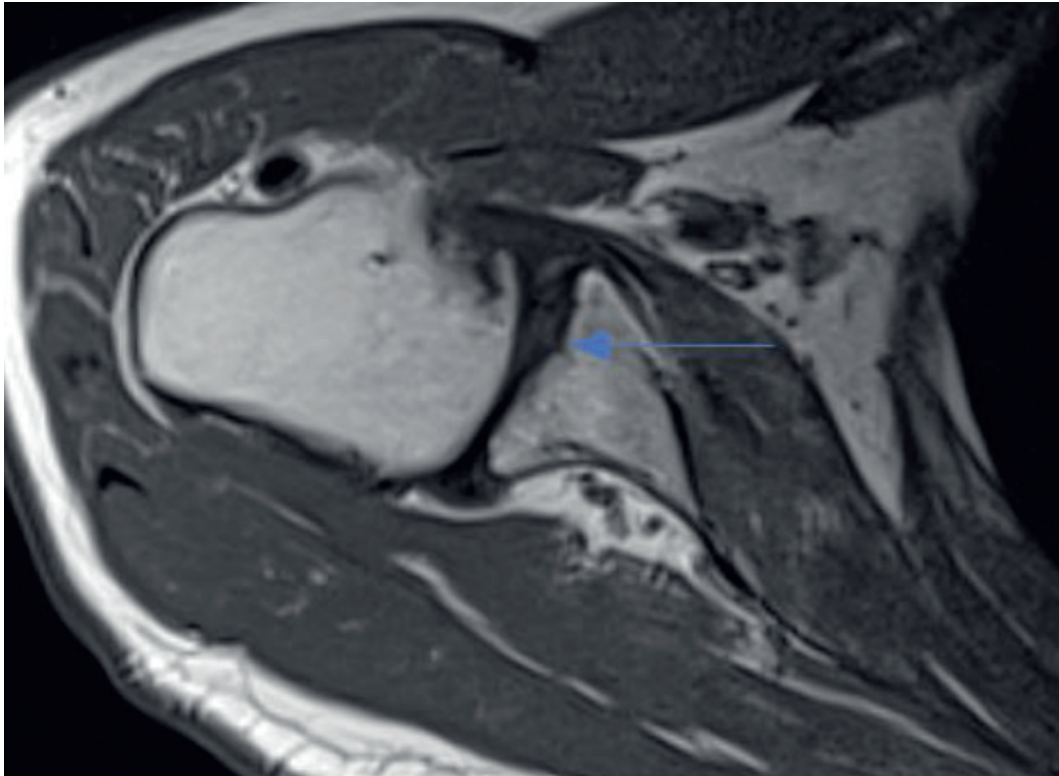




**Рис. 3.** На МР-томограмі плечового суглоба (зображення зважене за протонною щільністю із пригніченням сигналу від жирової тканини – PDfs) – фіксований задній вивих плечового суглоба: конгруентність порушена, головка плечової кістки фіксована задньо-нижнім краєм гленоїдального відростка лопатки. У головці визначається імпресійний дефект (стрілка) та перифокальний набряк кісткового мозку (зірочка). Сформоване зворотне ушкодження Хілл – Сакса головки плечової кістки



**Рис. 4.** На МР-томограмі плечового суглоба (зображення зважене за протонною щільністю із пригніченням сигналу від жирової тканини – PDfs) у пацієнта з багаторазовими вивихами плечового суглоба визначається дефект (стрілка) хряща западини на всю товщу, його нерівномірне різке зниження у товщині на суглобовій западині і на поверхні головки (двостороння стрілка)



**Рис. 5.** На МР-томограмі плечового суглоба (зображення зважене за часом релаксації T1) – ремодельована (стрілка) суглобова поверхня гленоїдального відростка лопатки в результаті консолідованого кісткового ушкодження Банкарта. Суглобова щілина нерівномірна (звужена в задніх відділах), головка плечової кістки дещо зміщена дорзально

Ділянки хондромалії визначаються на поверхні головки плечової кістки поза зоною ушкодження Хілл – Сакса. Найбільший ступінь та обсяг ушкодження суглобового хряща визначається при ушкодженні 2 і більше сухожилків РМП при ротаторній артропатії 1-го ступеня згідно з Хамада. Тобто відбувається приєднання ротаторної артропатії до реалізованої нестабільності. Також спостерігалось ремодельовання суглобової западини після перенесених кісткових варіантів ушкодження Банкарта, що призводило до ще більшої інконгруентності в суглобі (рис. 5).

За умов відсутності оперативного лікування, що спрямоване на відновлення стабільності в суглобі, комбінація ушкодження сухожилків РМП та реалізованої нестабільності погіршує прогноз для пацієнта, оскільки може спричинити більший ступінь нестабільності, що в свою чергу призводить до ураження більшої площі хряща. З точки зору біомеханіки плечового суглоба, суглобова губа бере участь у створенні негативного тиску, збільшує конгруентність суглобових поверхонь та площу їх контакту. Порухення цілісності суглобової губи призводить до зменшення негативного тиску в суглобовій порожнині, а відтак збільшується навантаження на сухожилки РМП при рухах у суглобі, таким чином із часом замикається патологічне коло. Відповідно,

одночасне поєднання ушкодження губи та цілісності сухожилків є вкрай несприятливим фактором, оскільки прогресування ОА у разі відсутності оперативного відновлення стабілізаторів буде швидшим.

## Висновки

Первинна реалізована нестабільність ПС не завжди супроводжується ушкодженням суглобового хряща, разом із тим наявність хондромалії западини та головки вже є первинним проявом дегенеративних змін у суглобі. Проте МР-семіотика ОА ПС при первинно реалізованій ізольованій нестабільності та в умовах її комбінації з ушкодженням сухожилків РМП має відповідні особливості. Описуючи МР-томограми, радіологам варто особливу увагу приділяти суглобовому хрящу, передньо-нижньому та задньо-нижньому сегментам суглобової западини поряд з оцінкою решти активних стабілізуючих структур суглоба та, зокрема, ротаторної манжети.

Відтермінування відновлення стабільності в плечовому суглобі за допомогою оперативного лікування після факту вивиху є також несприятливим прогностичним фактором у розвитку РА та ОА ПС.

Реалізована нестабільність у комбінації з ушкодженням ротаторної манжети плеча є вкрай обтяжливим прогностичним фактором ОА, оскільки приєднується додатковий патофізіологічний фактор у вигляді ротаторної артропатії.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів під час підготовки статті.

## References

1. Provencher MT, Frank RM, LeClere LE, Metzger PD, Ryu JJ, Bernhardson A, Romeo AA. The Hill-Sachs lesion: diagnosis, classification, and management. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2012;20(4):242-52.
2. Страфун СС, Сергієнко РО. Новий погляд на етіологію та патогенез деформівного артрозу плечового суглоба. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. 2012;(1):5-12. Strafun SS, Serhiienko RO. A new look at the etiology and pathogenesis of deforming osteoarthritis of the shoulder joint. *Visnyk ortopedii, travmatolohii ta protezuvannia*. 2012;(1):5-12. [in Ukrainian].
3. Кравченко ВВ, Фомін ПД, Степаненко АВ, Басанець АВ, Борткевич ОП, Данилюк СВ, та ін. Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої), третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги та медичної реабілітації. 2016. Kravchenko VV, Fomin PD, Stepanenko AV, Basanets AV, Bortkevych OP, Danyliuk SV, et al. Unified clinical protocol of primary, secondary (specialized), tertiary (highly specialized) medical care and medical rehabilitation. 2016. [in Ukrainian].

4. Brian R Waterman, Kelly G Kilcoyne, Josef K Eichinger. Prevention and management of post-instability glenohumeral arthropathy. *World J Orthop*. 2017, Mar 18;8(3):229-41. Published online 2017 Mar 18. DOI: 10.5312/wjo.v8.i3.229.
5. Страфун СС, Богдан СВ, Сергієнко РО, Лєсков ВГ. Вплив ушкоджень м'якотканинних структур плечового суглоба на розвиток омартрозу. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. 2020;(3):41-52. DOI: 10.37647/0132-2486-2020-106-3-41-52. Strafun SS, Bohdan SV, Serhiienko RO, Lieskov VH. Influence of damage to the soft tissue structures of the shoulder joint on the development of omarthrosis. *Visnyk ortopedii, travmatolohii ta protezuvannia*. 2020;(3):41-52. DOI: 10.37647/0132-2486-2020-106-3-41-52. [in Ukrainian].
6. David W. Stoller *Magnetic Resonance Imaging in Orthopaedics and Sports Medicine (2Volume) Third Edition, FACR*, 2003.
7. Joseph W. Galvin, Justin J. Ernat, and Stephen A. Parada *The Epidemiology and Natural History of Anterior Shoulder Instability*. *CurrRev Musculoskelet Med*. 2017 Dec;10(4):411-24. Published online 2017 Oct 16. DOI: 10.1007/s12178-017-9432-5.
8. Antoniou J, Duckworth DT, Harryman DT. Capsulolabral augmentation for the the management of posteroinferior instability of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 1220-30. PMID: 11005513.
9. Boyd HB, Sisk TD. Recurrent posterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am*. 1972;54:779-86. PMID: 5055169.
10. McLaughlin HL. Posterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am*. 1952;24 A:584-90. PMID: 14946209.
11. Provencher M, Rose M, Peace W. Hill-Sachs Injuries of the Shoulder: When are these important and how should I manage them? In: Abrams JS editor. *Management of the unstable shoulder: arthroscopic and open repair*. Slack Incorporated. 2011. p. 235-252.

## Features of Arthrosis of the Shoulder Joint in the Conditions of Initially Realized Shoulder Instability and in Case of its Combination with Damage to the Rotator Cuff According to Magnetic Resonance Imaging and Arthroscopy

Strafun S.S.<sup>1</sup>, Kozarenko T.M.<sup>2</sup>, Nebria N.M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

<sup>2</sup>Sbupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv

<sup>3</sup>LLC "MRI PLUS", Kyiv, Lutsk

**Summary. Relevance.** Osteoarthritis (OA) leads to functional limitation and reduced quality of life; it is a major cause of pain and disability. Currently, there is a relatively small number of radiological studies concerning the features of OA of the shoulder joint (SJ) provoked by the realized instability and its combination with damage to the tendons of the rotator cuff (RC) of the shoulder. **Objective:** to study the features of the manifestations and course of SJ OA in the conditions of initially realized isolated instability in combination with damage to the tendons of the RC according to magnetic resonance imaging (MRI) and arthroscopy. **Materials and Methods.** The MRI and arthroscopy data of 75 patients with isolated Bankart lesion and combination with RC tendon damage were retrospectively analyzed. The results of the MRI examination were independently assessed by 2 radiologists with 8 and 10 years of experience. Arthroscopic diagnosis was performed at the beginning of the reconstructive stage by a standard examination from 21 points. The degree of articular cartilage damage on MRI was determined according to the adapted classification of R. Outerbridge. **Results.** In Bankart lesion, sites of chondromalacia of the glenoid cavity cartilage can be detected in the form of a linear or curvilinear hyperintensive MR signal on PDfs in the cartilage thickness or as its marginal defect. The thickness of the cartilage in primary dislocations is generally preserved. When instability is combined with RC tendon damage, the degree of cartilage damage is much greater with a decrease in its thickness.



The largest area of cartilage damage is observed when 2 or more RC tendons are damaged. **Conclusions.** Primary SJ dislocation is not always accompanied by damage to the articular cartilage. The MR-semiotics of SJ OA in primary dislocation and in a combination with damage to the tendons of RC has the corresponding features. Delaying the restoration of stability in the shoulder joint with the help of surgical treatment is an unfavorable prognostic factor in the development of rheumatoid arthritis and OA SJ. Realized instability in combination with damage to the rotator cuff is an extremely aggravating prognostic factor for OA, as it adds an additional pathophysiological factor in the form of rotational arthropathy.

**Key words:** shoulder joint; osteoarthritis; realized instability; Bankart lesion; rotator cuff lesion.

### **Особенности артроза плечевого сустава в условиях первично реализованной нестабильности плечевого сустава и в случае ее сочетания с повреждением ротаторной манжеты плеча по данным магнитно-резонансной томографии и артроскопии**

Страфун С.С.<sup>1</sup>, Козаренко Т.М.<sup>2</sup>, Негря Н.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

<sup>2</sup>Национальный университет здравоохранения Украины имени П.Л. Шупика, кафедра радиологии, г. Киев

<sup>3</sup>ООО "МРТ плюс", г. Киев, Луцк

**Резюме. Актуальность.** Остеоартроз (ОА) приводит к функциональному ограничению и снижению качества жизни, является основной причиной болевого синдрома и инвалидности. В настоящее время имеется сравнительно небольшое количество радиологических исследований, касающихся особенностей ОА плечевого сустава (ПС), спровоцированного реализованной нестабильностью и ее комбинацией с повреждением сухожилий ротаторной манжеты плеча (РМП). **Цель.** Изучить особенности проявлений и течения ОА ПС в условиях первично реализуемой изолированной нестабильности в комбинации с повреждением сухожилий РМП по данным магнитно-резонансной томографии и артроскопии. **Материалы и методы.** Ретроспективно проанализированы данные МРТ и артроскопии 75 пациентов с изолированным повреждением Банкарта и сочетание с повреждением сухожилий РМП. Результаты МРТ-обследования независимо друг от друга оценивали 2 радиолога с опытом работы 8 и 10 лет. Артроскопическая диагностика проводилась в начале реконструктивного этапа стандартным осмотром из 21 точки. Степень повреждения суставного хряща на МРТ определяли по адаптированной классификации по R. Outerbridge. **Результаты.** При повреждении Банкарта могут быть обнаружены участки хондромалиции хряща впадины в виде линейного или криволинейного гиперинтенсивного МР-сигнала на PDfs в толще хряща или как краевой его дефект. Толщина хряща при первичных вывихах в целом сохранена. При сочетании нестабильности с повреждением сухожилий РМП степень повреждения хряща значительно больше со снижением его толщины. Наибольшая площадь повреждения хряща наблюдается при повреждении 2 и более сухожилий РМП. **Выводы.** Первичный вывих ПС не всегда сопровождается повреждением суставного хряща. МР-семиотика ОА ПС при первичном вывихе и в условиях комбинации с повреждением сухожилий РМП имеет соответствующие особенности. Отсрочка восстановления стабильности в плечевом суставе с помощью оперативного лечения является неблагоприятным прогностическим фактором в развитии РА и ОА ПС. Реализованная нестабильность в комбинации с повреждением ротаторной манжеты плеча является крайнеотягчающим прогностическим фактором ОА, поскольку добавляется дополнительный патофизиологический фактор в виде ротаторной артропатии.

**Ключевые слова:** плечевой сустав; остеоартроз; реализованная нестабильность; повреждение Банкарта; повреждение ротаторной манжеты.

## Ушкодження передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ): сучасна стратегія оперативного лікування (Огляд)

Скобенко Є.О.<sup>1</sup>, Кваша В.П.<sup>2</sup> ✉, Купрій В.О.<sup>1</sup>

**Резюме.** Серед усіх травм колінного суглоба найпоширенішою є ушкодження передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ). ПСЗ відіграє ключову роль у стабільності колінного суглоба: обмежує передню дислокацію великогомілкової кістки та забезпечує стабільність ротаційних рухів. У фізично активних пацієнтів хірургічна реконструкція ушкодження ПСЗ є "золотим стандартом" лікування. Розвиток біомеханічних, біологічних, клінічних досліджень та тканинної інженерії створює підґрунтя для розбіжностей у способі реконструкції ушкоджень ПСЗ. У цьому огляді коротко розглянуто сучасні підходи до оперативного лікування ПСЗ.

**Ключові слова:** травми передньої схрещеної зв'язки; передньомедіальна нестабільність; аутоотрансплантат; реконструкція; відновлення.

### Вступ

Ушкодження передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) зустрічаються у пацієнтів віком 16-39 років із частотою 85 випадків на 100 000 та є однією з найпоширеніших травм колінного суглоба [1, 2]. Це захворювання складає від 25 до 50% усіх ушкоджень зв'язкового апарату колінного суглоба [3]. Ушкодження ПСЗ доволі часто (до 80%) поєднуються з ушкодженням менісків, хряща, колатеральних зв'язок, зв'язок утримувача наколінка, що призводить до суттєвого порушення біомеханіки колінного суглоба та супроводжується синовітами, хронічною нестабільністю, гіпотрофією м'язів стегна, артрофіброзом та раннім розвитком остеоартрозу [4, 5, 6, 7]. Ушкодження ПСЗ та його наслідки негативно впливають на якість життя через обмеження фізичної активності, порушення емоційного статусу та призводять до обмеження вибору професії, стійкої втрати працездатності [8, 9]. Враховуючи економічні втрати, питання відновлювального лікування при ушкодженні ПСЗ має не тільки медичне, а й соціальне значення [10]. Пріоритетом оперативного лікування є адекватне повноцінне відновлення анатомо-біомеханічних параметрів колінного суглоба при мінімальній травматизації втручання, що є підґрунтям для забезпечення повної функції, а відповідно, повернення пацієнтів до звичного рівня фізичної активності. Тому визна-

чення оптимального підходу до лікування хворих з ушкодженням ПСЗ на підставі аналізу сучасних способів та технологій є актуальним і предметним питанням сучасної ортопедії та травматології.

Першим дискусійним питанням при оперативному лікуванні ушкодження ПСЗ є визначення оптимального терміну реконструкції [11-14]. Одні автори вважають, що таким є перші три тижні після травмування, обґрунтовуючи свою позицію зменшенням вірогідності вторинних ушкоджень менісків, хряща, розвитком гіпотрофії м'язів та контрактур [15, 16]. Seong Hwan Kim (2021) у своєму дослідженні доводить прямий кореляційний зв'язок між ранньою реконструкцією та покращенням функціонального результату і прискоренням темпів реабілітації [17]. Інші дослідники, підтримуючи ранню реконструкцію ПСЗ, вказують, що оптимальним терміном оперативного втручання є проміжок між другим та третім тижнем після ушкодження. Як доказ автори наводять наявність у перші два тижні захворювання післятравматичного асептичного запалення, тому проведення реконструкції ПСЗ у цей період призводить до збільшення інтраартикулярного рубцювання, що суттєво подовжує терміни реабілітації [17]. На противагу тривалі спостереження демонструють, що немає суттєвої клінічної відмінності між ранньою чи пізньою реконструкцією ПСЗ [18, 19].

ПСЗ представлена двома пучками: передньомедіальним (ПМ) та задньолатеральним (ЗЛ) [20]. Ключова відмінність між ПМ та ЗЛ пучками полягає у місці кріплення до плато великогомілкової кістки: центр ПМ пучка розташовується на відстані  $4,6 \pm 0,7$  мм позаду від міжменіскової зв'язки,

✉ Кваша В.П., vlkvasba@ukr.net

<sup>1</sup>Центр інноваційних медичних технологій НАН України, м. Київ

<sup>2</sup>Національний медичний університет імені О.О. Богомольця МОЗ України, м. Київ

центр 3Л пучка – на  $1,4 \pm 0,7$  мм перед медіальним підвищенням великогомілкової кістки [21]. Такі анатомічні відмінності зумовлюють біомеханічні особливості цих структур у стабілізації колінного суглоба. Так, ПМ пучок вважається центром обертання ПСЗ і піддається розтягненню, більшою мірою під час згинання, забезпечує ротаційну та передньо-задню стабільність [22, 23, 5]. 3Л пучок переважно навантажується під час розгинання від 30 до 0 градусів та забезпечує ротаційну стабільність [24]. Таким чином, динамічна та статична ротаційна та передньо-задня стабільність колінного суглоба забезпечуються завдяки комплексній синергічній дії обох пучків. Анатомо-біомеханічні особливості складових ПСЗ стали підґрунтям для важливого питання: доцільно відновлювати дві порції (двопучкова реконструкція (ДР), яка відтворює анатомічну та біомеханічну ідентичність) чи одну (однопучкова реконструкція (ОР), яка забезпечує достатні умови для функціонування суглоба).

Фундатором ДР вважається Mott (1983), який одним із перших запропонував теорію відновлення структури ПСЗ за допомогою цього способу та довів його переваги. Останні полягають у забезпеченні перемінного навантаження на окремі пучки під час рухів у колінному суглобі, що є близькими до нормальної біомеханіки [25].

На сучасному етапі найпоширенішим способом оперативного лікування ушкоджень ПСЗ є ОР, яка дозволяє поновити передньо-задню стабільність колінного суглоба з обмеженими можливостями відновлення ротаційної кінематики колінних суглобів, особливо під час динамічних навантажень [26]. Незважаючи на численні та тривалі дослідження, в яких порівнювались способи ДР та ОР, дотепер існують суттєві розбіжності у поглядах щодо їх результативності. Підвищення ротаційної стабільності та передньо-задньої стабільності при застосуванні методу ДР показано результатами метааналізу Xue Li, Chang-Peng Xu (2013) щодо оцінки порівняння із застосуванням артрометра KT1000 (SMD  $-0,48$ ; 95% CI  $-0,66$  to  $-0,30$ ;  $P < 0,00001$ ) [27]. Результати метааналізу рандомізованих клінічних досліджень, проведених L. Kong, Z. Liu (2017), також підтверджують переваги ДР, які полягають у збільшенні стабільності колінного суглоба та покращенні клінічної функціональності [28]. E. Kondo (2011), O. Lorbach (2015) та ін. на підставі власних досліджень демонструють відсутність об'єктивних та суб'єктивних відмінностей між цими двома способами [29, 30, 31-34]. J. Zhou (2011) доводить, що метод ДР більш трудомісткий, технічно складніший та обмежений у застосуванні у пацієнтів із величиною міжвиросткової вирізки стегнової кістки менш ніж 12 мм та відбитком ПСЗ

на великогомілкової кістці менш ніж 14 мм [35]. На нашу думку, ДР та ОР мають свої переваги і недоліки. Розбіжність поглядів і, відповідно, результативність їх застосування полягає в відсутності індивідуалізації при використанні, тобто, які функціональні вимоги ставить пацієнт перед колінним суглобом (одна справа – активний спортсмен із колосальними навантаженнями на суглоб, інша – пацієнт із низькою фізичною активністю).

Відновлення ПСЗ здійснюється різним чином. Пряме відновлення реалізується 4 способами: динамічна внутрішньолігаментарна стабілізація (Dynamic intraligamentary stabilization (DIS)) за допомогою Ligamys™ [36], мостоподібне відновлення за допомогою посиленого шва (the Bridge-enhanced repair (BEAR)) [37], використання внутрішньої скоби [38] та використання анкерної фіксації [39]. Кожна методика потребує ретельного підходу до вибору “випадок – пацієнт”, однак результатів досліджень недостатньо, щоб розглядати ці способи в контексті стандартизованого підходу. Найбільш вагомими є дослідження S. Kohl, D. Evangelopoulos (2013) та H. Christiaan, W. Neudens (2021) щодо застосування методики DIS як способу відновлення ПСЗ [40, 41]. Ця фіксація передбачає ушивання ушкодженої ділянки ПСЗ полідіоксаноновим шовним матеріалом та стабілізацію колінного суглоба швом, який проходить поряд із ПСЗ та фіксується на великогомілкової кістці за допомогою пружинно-гвинтової системи. Остання забезпечує динамічну біомеханічну стабільність та створює передумови до відновлення [42, 41]. Результати рандомізованих клінічних досліджень демонструють незначні відмінності в оцінках за допомогою суб'єктивних шкал (International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (IKDC), Lysholm+Tegner Activity Scale (TAS)) між реконструкцією ПСЗ та відновленням за методикою DIS [43, 41]. Специфічним ускладненням останньої було утворення гіпертрофічних рубців до 10% випадків та дискомфорт у місці розташування гвинта, що потребували оперативного втручання у 50% випадків [44, 45]. Недостатня кількість спостережень і, відповідно, достовірної об'єктивної оцінки результативності стосовно методики DIS не дозволяють сформулювати власну точку зору.

Найбільш вживаними сьогодні є реконструктивні способи відновлення ПСЗ із використанням аутоотрансплантатів, алотрансплантатів та синтетичних аналогів. Дискусії щодо вибору трансплантату для реконструкції ПСЗ тривають дотепер. Кожний тип трансплантату забезпечує розв'язання певних завдань та має свої недоліки і переваги. Ключовими критеріями при виборі трансплантату для реконструкції ПСЗ є: біомеханічні властивості, біологічна сумісність, термін лігаментизації,

**Біомеханічні параметри трансплантатів**

<b>Характер трансплантату</b>	<b>Міцність на розрив (Н):</b>	<b>Жорсткість (Н/мм):</b>	<b>Джерело літератури</b>
Нативна ПСЗ	2160±157	242±28	[45]
ВРТВ 10 мм	2238±316	455±67	[47]
QТВ 10 мм	2353±495	621±122	[48]
4-пучковий сухожилок тонкого та напівсухожилкового м'яза	4090±295	276±204	[46]
2-пучковий сухожилок тонкого м'яза	1550±369	370±108	[46]
2-пучковий сухожилок напівсухожилкового м'яза	2640±320	534±76	[46]

суб'єктивні відчуття пацієнтів та об'єктивна оцінка стану колінного суглоба.

Основні типи аутоотрансплантатів, що використовуються для реконструкції ПСЗ: частина кісткової маси наколінка – порція власної зв'язки наколінка – частина кісткової маси великогомілкової кістки (ВРТВ), порція сухожилку квадрицепса – частина кісткової маси наколінка (QТВ), сухожилки напівсухожилкового та тонкого м'яза (СНТ) у вигляді двох або чотирьох пучків. Механічні властивості цих аутоотрансплантатів відображені в табл. 1 [46-49].

Різноманітними порівняльними дослідженнями встановлено основні недоліки та переваги застосування цих аутоотрансплантатів [50-54]. Безперечною перевагою ВРТВ аутоотрансплантату є здатність інтеграції донорської кісткової частини в ділянку реципієнта при достатній механічній міцності (міцність на розрив (Н) становить 2238±316) із повноцінною стабілізацією колінного суглоба в порівнянні з СНТ аутоотрансплантатом. Дослідження випадків розриву ВРТВ та СНТ аутоотрансплантатів демонструють неоднозначні результати. К. Freedman, J. D'Amato (2003) вказують, що ці ушкодження зустрічаються в 7,2% та 15,8% при застосуванні ВРТВ та СНТ, відповідно [55]. У свою чергу за результатами інших системних аналізів не продемонстровано достовірної значущої різниці між цими даними [52, 53]. Недоліки використання ВРТВ аутоотрансплантату зумовлені технічними проблемами, збільшенням травматичності оперативного втручання та пов'язані з донорським місцем, особливо в ділянці наколінка. J. Kartus та ін. (2001) констатують, що близько 50% пацієнтів звернулись із проблемами в місці забору трансплантату: біль у колінному суглобі, відчуття дискомфорту в колінному суглобі та болючості при прямому контакті поверхні та місця

забору (стояння на колінах та ін.) [56]. Цей технічний прийом підвищує ризик перелому наколінка на 0,12-1,3% [57, 58]. У пацієнтів із застосуванням ВРТВ для реконструкції ПСЗ спостерігається тривале збереження болювого синдрому, особливо в передній частині колінного суглоба, та обмеження амплітуди рухів [59, 58]. Т. Leys та ін. (2012) за результатами власних досліджень визначили прямо пропорційний зв'язок між використанням ВРТВ аутоотрансплантату та зростанням частки після травматичного остеоартрозу в ранній період [59]. Вище вказані недоліки стали підґрунтям для широко використання СНТ аутоотрансплантату. Методика його застосування є більш косметичною та не супроводжується значними болювими відчуттями у місці забору. Водночас 4-пучковий сухожилок тонкого та напівсухожилкового аутоотрансплантату, а також 2-пучковий сухожилок напівсухожилкового м'яза мають достатню міцність на розрив (Н), відповідно 4090±295 та 2640±320. На нашу думку, така міцність цих аутоотрансплантатів зумовлена не тільки структурними характеристиками, але і синергічною складовою їх функціонування під час різного діапазону рухів у колінному суглобі. Серед недоліків застосування СНТ варто зазначити втрату сили активного згинання колінного суглоба з внутрішньою ротацією великогомілкової кістки, що вимагає виваженого підходу пацієнтів під час занять певними видами спорту [60, 59], а також розширення об'єму стегнового тунелю на 20% відносно ВРТВ до 10% ( $p=0,003$ ) і великогомілкового тунелю 25% відносно ВРТВ 15% ( $p=0,01$ ) [61] та збільшення часу інтеграції трансплантату, що може сповільнити темпи реабілітації [62].

Суттєвими перевагами використання алотрансплантатів є малотравматичність, яка полягає у відсутності потреби у донорській ділянці, зменшення часу оперативного втручання, пришвидшене від-



новлення у післяопераційний період, необмеженість у кількості та виборі типу і розміру трансплантату [63, 64]. Однак порівняльний аналіз їх використання доказово свідчить про більш низький рівень відновлення стабільності суглоба, який пов'язаний із реінтеграцією алотрансплантату. Порівняльний аналіз реінтеграції анатомо-функціональної спроможності між алотрансплантатом та аутогенним трансплантатом свідчить на користь останнього (відповідно 60,5 та 71,5%) [64]. Про можливість усунення цього недоліку свідчать роботи M. Mariscalco, R. Magnussen (2014) та K. Sun, S. Tian (2009), які на підставі власних досліджень доводять суттєве покращення якості алотрансплантату щодо реінтеграції шляхом його обробки, а саме використання опромінення [65, 66]. Променева обробка трансплантату необхідна, щоб запобігти можливій передачі вірусів та пріонів від донора до реципієнта. Однак, згідно з результатами дослідження K. Sun, S. Tian (2009), алотрансплантати, які піддають променевої обробці впливом  $\geq 2,5$  Мрад, не рекомендують застосовувати через зменшення стійкості до розриву [66].

## Висновки

На сучасному етапі розвитку ортопедії та травматології є широкий і доступний вибір методик та інструментального забезпечення ушкоджень ПСЗ колінного суглоба. Аналіз віддалених результатів оперативного методу лікування вказує на достатню ефективність реконструкції ПСЗ із використанням аутогенних трансплантатів, навіть при чіткому усвідомленні їх недоліків. Дискусійні питання порівняльного аналізу результативності різних методик реконструкції можна пояснити тим, що аналіз проводиться у групах пацієнтів із доволі різним ступенем фізичної активності.

Завданням майбутніх досліджень є більш глибоке розуміння недоліків та переваг різноманітних способів, а у практиці, беручи до уваги науковий базис, керуватися індивідуальним підходом при лікуванні.

**Конфлікт інтересів.** Ця публікація не викликає будь-якого конфлікту між авторами, не була і не буде предметом комерційної зацікавленості чи винагороди в жодній формі.

## References

1. Granan LP, Bahr R, Steindal K, Furnes O, Engebretsen L. Development of a national cruciate ligament surgery registry: the Norwegian National Knee Ligament Registry. *Am J Sports Med.* 2008;36(2):308-15. DOI: 10.1177/0363546507308939.
2. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med.* 2017;36(1):1-8. DOI: 10.1016/j.csm.2016.08.001.
3. Risberg M A, Lewek M, Synder-Mackler L. A systematic review of evidence for anterior cruciate ligament rehabilitation: how much and what type? *Phys Ther Sport* 2004; 5(3): 125-45. Available from: [http://www.physicaltherapyinsport.com/article/S1466-853X\(04\)00029-X/abstract](http://www.physicaltherapyinsport.com/article/S1466-853X(04)00029-X/abstract).
4. Bates NA, McPherson AL, Rao MB, Myer GD, Hewett TE. Characteristics of inpatient Anterior cruciate ligament reconstructions and concomitant injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(9):2778-86. DOI: 10.1007/s00167-014-3478-3.
5. Levine JW, Kiapour A.M, Quatman CE, Wordeman SC, Goel VK, Hewett, TE, et al. Clinically relevant injury patterns after an anterior cruciate ligament injury provide insight into injury mechanisms. *Am J Sports Med.* 2013;41(2):385-95. DOI: 10.1177/0363546512465167.
6. Rahnemai-Azar AA, Sabzevari S, Irarrázaval S, Chao T, Fu FH. Anatomical Individualized ACL Reconstruction. *Arch Bone Jt Surg.* 2016;4(4):291-7.
7. Ajuied A, Wong F, Smith C, Norris M, Earnshaw P, Back D, et al. Anterior cruciate ligament injury and radiologic progression of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2014;42(9):2242-52. DOI: 10.1177/0363546513508376.
8. Tengman E, Brax Olofsson L, Stensdotter AK, Nilsson KG, Häger CK. Anterior cruciate ligament injury after more than 20 years. II. Concentric and eccentric knee muscle strength. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(6):501-9. DOI: 10.1111/sms.12215.
9. Bell DR, Pfeiffer KA, Cadmus-Bertram LA, Triggsted SM, Kelly A, Post EG, et al. Objectively Measured Physical Activity in Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2017;45(8):1893-900. DOI: 10.1177/0363546517698940.
10. Murray MM. Current status and potential of primary ACL repair. *Clin Sports Med.* 2009;28(1):51-61. DOI: 10.1016/j.csm.2008.08.005.
11. Lee YS, Lee OS, Lee SH, Hui TS. Effect of the Timing of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Clinical and Stability Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arthroscopy.* 2018;34(2):592-602. DOI: 10.1016/j.arthro.2017.07.023.
12. Smith TO, Davies L, Hing CB. Early versus delayed surgery for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(3):304-11. DOI: 10.1007/s00167-009-0965-z.
13. Andernord D, Karlsson J, Musahl V, Bhandari M, Fu FH, Samuelsson K. Timing of surgery of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 2013;29(11):1863-71. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.07.270.
14. Ferguson D, Palmer A, Khan S, Oduoza U, Atkinson H. Early or delayed anterior cruciate ligament reconstruction: Is one superior? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2019;29(6):1277-89. DOI: 10.1007/s00590-019-02442-2.
15. Krutsch W, Zellner J, Baumann F, Pfeifer C, Nerlich M, Angele P. Timing of anterior cruciate ligament reconstruction within the first year after trauma and its influence on treatment of cartilage and meniscus pathology. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(2):418-25. DOI: 10.1007/s00167-015-3830-2.
16. Granan LP, Bahr R, Lie SA, Engebretsen L. Timing of anterior cruciate ligament reconstructive surgery and risk of cartilage lesions and meniscal tears: a cohort study based on the

- Norwegian National Knee Ligament Registry. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):955-61. DOI: 10.1177/0363546508330136.
17. Kim SH, Han SJ, Park YB, Kim DH, Lee HJ, Pujol N. A systematic review comparing the results of early vs delayed ligament surgeries in single anterior cruciate ligament and multiligament knee injuries. *Knee Surg Relat Res.* 2021;33(1):1. Published 2021 Jan 7. DOI: 10.1186/s43019-020-00086-9.
  18. Frobell RB, Roos HP, Roos EM, Roemer FW, Ranstam J, Lohmander LS. Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial. *BMJ.* 2013;346:f232. Published 2013 Jan 24. DOI: 10.1136/bmj.f232.
  19. Raviraj A, Anand A, Kodikal G, Chandrashekar M, Pai S. A comparison of early and delayed arthroscopically-assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament using hamstring autograft. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(4):521-6. DOI: 10.1302/0301-620X.92B4.22973.
  20. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):204-13. DOI: 10.1007/s00167-005-0679-9.
  21. Ferretti M, Doca D, Ingham SM, Cohen M, Fu FH. Bony and soft tissue landmarks of the ACL tibial insertion site: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(1):62-68. DOI: 10.1007/s00167-011-1592-z.
  22. Sonnery-Cottet B, Chambat P. Arthroscopic identification of the anterior cruciate ligament posterolateral bundle: the figure-of-four position. *Arthroscopy.* 2007;23(10):1128-83. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.11.028.
  23. Fu FH, Jordan SS. The lateral intercondylar ridge--a key to anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2103-4. DOI: 10.2106/JBJS.G.00851.
  24. Zantop T, Herbort M, Raschke MJ, Fu FH, Petersen W. The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. *Am J Sports Med.* 2007;35(2):223-7. DOI: 10.1177/0363546506294571.
  25. Mott HW. Semitendinosus anatomic reconstruction for cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(172):90-2.
  26. Tashman S, Collon D, Anderson K, Kolowich P, Anderst W. Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32(4):975-83. DOI: 10.1177/0363546503261709.
  27. Li X, Xu CP, Song JQ, Jiang N, Yu B. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an up-to-date meta-analysis. *Int Orthop.* 2013;37(2):213-26. DOI: 10.1007/s00264-012-1651-1.
  28. Kong L, Liu Z, Meng F, Shen, Y. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis. 2017;(10):1-15. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/316255150\\_Single-bundle\\_versus\\_double-bundle\\_anterior\\_cruciate\\_ligament\\_reconstruction\\_A\\_systematic\\_review\\_and\\_meta-analysis](https://www.researchgate.net/publication/316255150_Single-bundle_versus_double-bundle_anterior_cruciate_ligament_reconstruction_A_systematic_review_and_meta-analysis).
  29. Kondo E, Merican AM, Yasuda K, Amis AA. Biomechanical comparison of anatomic doublebundle, anatomic single-bundle, and nonanatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2011;39(2):279-88. DOI: 10.1177/0363546510392350.
  30. Lorbach O, Kieb M, Domnick C, Herbort M, Weyers I, Raschke M, et al. Biomechanical evaluation of knee kinematics after anatomic single- and anatomic double-bundle ACL reconstructions with medial meniscal repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(9):2734-41. DOI: 10.1007/s00167-014-3071-9.
  31. Sastre S, Popescu D, Núñez M, Pomes J, Tomas X, Peidro L. Double-bundle versus single-bundle ACL reconstruction using the horizontal femoral position: a prospective, randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(1):32-6. DOI: 10.1007/s00167-009-0844-7.
  32. Misonoo G, Kanamori A, Ida H, Miyakawa S, Ochiai N. Evaluation of tibial rotational stability of single-bundle vs. anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction during a high-demand activity – a quasi-randomized trial. *Knee.* 2012;19(2):87-93. DOI: 10.1016/j.knee.2011.01.003.
  33. Chen G, Wang S. Comparison of single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction after a minimum of 3-year follow-up: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(9):14604-14. Published 2015 Sep 15.
  34. Hussein M, van Eck CF, Cretnik A, Dinevski D, Fu FH. Prospective randomized clinical evaluation of conventional single-bundle, anatomic single-bundle, and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: 281 cases with 3- to 5-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2012;40(3):512-20. DOI: 10.1177/0363546511426416.
  35. Zhou JB. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: a surgical technique more original than traditional. *Chin. J. Sports Med.* 2011;(30): 6.
  36. Bieri KS, Scholz SM, Kohl S, Aghayev E, Staub LP. Dynamic intraligamentary stabilization versus conventional ACL reconstruction: A matched study on return to work. *Injury.* 2017;48(6):1243-8. DOI: 10.1016/j.injury.2017.03.004.
  37. Murray MM, Flutie BM, Kalish LA, Ecklund K, Fleming BC, Proffen BL, et al. The Bridge-Enhanced Anterior Cruciate Ligament Repair (BEAR) Procedure: An Early Feasibility Cohort Study. *Orthop J Sports Med.* 2016;4(11):2325967116672176. Published 2016 Nov 21. DOI: 10.1177/2325967116672176.
  38. Smith JO, Yasen SK, Palmer HC, Lord BR, Britton EM, Wilson AJ. Paediatric ACL repair reinforced with temporary internal bracing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(6):1845-51. DOI: 10.1007/s00167-016-4150-x.
  39. Achtnich A, Herbst E, Forkel P, Metzloff, S, Sprenger F, Imhoff AB, et al. Acute Proximal Anterior Cruciate Ligament Tears: Outcomes After Arthroscopic Suture Anchor Repair Versus Anatomic Single-Bundle Reconstruction. *Arthroscopy.* 2016;32(12):2562-9. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.04.031.
  40. Kohl S, Evangelopoulos DS, Kohlhof H, Hartel M, Bonel H, Henle P, et al. Anterior cruciate ligament rupture: self-healing through dynamic intraligamentary stabilization technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(3):599-605. DOI: 10.1007/s00167-012-1958-x.
  41. Heusdens CHW. ACL Repair: A Game Changer or Will History Repeat Itself? A Critical Appraisal. *J Clin Med.* 2021;10(5):912. Published 2021 Feb 26. DOI: 10.3390/jcm10050912.
  42. Kohl S, Evangelopoulos, DS, Ahmad SS, Kohlhof H, Herrmann G, Bonel H, et al. A novel technique, dynamic intraligamentary stabilization creates optimal conditions for primary ACL healing: a preliminary biomechanical study. *Knee.* 2014;21(2):477-80. DOI: 10.1016/j.knee.2013.11.003.
  43. Kösters C, Glasbrenner J, Spickermann L, Kittl C, Domnick C, Herbort M, et al. Repair With Dynamic Intraligamentary Stabilization Versus Primary Reconstruction of Acute Anterior Cruciate Ligament Tears: 2-Year Results From a Prospective Randomized Study. *Am J Sports Med.* 2020;48(5):1108-16. DOI: 10.1177/0363546520905863.

44. Kohl S, Evangelopoulos DS, Schär MO, Bieri K, Müller T, Ahmad SS. Dynamic intraligamentary stabilisation: initial experience with treatment of acute ACL ruptures. *Bone Joint J.* 2016;98-B(6):793-8. DOI: 10.1302/0301-620X.98B6.35040.8.
45. Mahapatra P, Horriat S, Anand BS. Anterior cruciate ligament repair - past, present and future. *J Exp Orthop.* 2018;5(1):20. Published 2018 Jun 15. DOI: 10.1186/s40634-018-0136-6.
46. Woo SL, Hollis JM, Adams DJ, Lyon RM, Takai S. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med.* 1991;19(3):217-25. DOI: 10.1177/036354659101900303.
47. Hamner DL, Brown CH Jr, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(4):549-57. DOI: 10.2106/00004623-199904000-00013.
48. Cooper DE, Deng XH, Burstein AL, Warren RF. The strength of the central third patellartendon graft. A biomechanical study. *Am J Sports Med.* 1993;21(6):818-24. DOI: 10.1177/036354659302100610.
49. Stäubli HU, Schatzmann L, Brunner P, Rincón L, Nolte LP. Quadriceps tendon and patellar ligament: cryosectional anatomy and structural properties in young adults. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1996;4(2):100-10. DOI: 10.1007/BF01477262.
50. Gifstad T, Sole A, Strand T, Uppheim G, Grøntvedt T, Drogset JO. Long-term follow-up of patellar tendon grafts or hamstring tendon grafts in endoscopic ACL reconstructions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(3):576-83. DOI: 10.1007/s00167-012-1947-0.
51. Magnussen RA, Carey JL, Spindler KP. Does autograft choice determine intermediate-term outcome of ACL reconstruction?. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(3):462-72. DOI: 10.1007/s00167-010-1277-z.
52. Li S, Chen Y, Lin Z, Cui W, Zhao J, Su W. A systematic review of randomized controlled clinical trials comparing hamstring autografts versus bone-patellar tendon-bone autografts for the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132(9):1287-97. DOI: 10.1007/s00402-012-1532-5.
53. Xie X, Liu X, Chen Z, Yu Y, Peng S, Li Q. A meta-analysis of bone-patellar tendon-bone autograft versus four-strand hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2015;22(2):100-10. DOI: 10.1016/j.knee.2014.11.014.
54. Poehling-Monaghan KL, Salem H, Ross KE, Secrist E, Ciccotti MC, Tjoumakaris F, et al. Long-Term Outcomes in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Patellar Tendon Versus Hamstring Autografts. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(6):2325967117709735. Published 2017 Jun 14. DOI: 10.1177/2325967117709735.
55. Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR Jr. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):2-11. DOI: 10.1177/03635465030310011501.
56. Kartus J, Movin T, Karlsson J. Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts. *Arthroscopy.* 2001;17(9):971-80. DOI: 10.1053/jars.2001.28979.
57. Stein DA, Hunt SA, Rosen JE, Sherman OH. The incidence and outcome of patella fractures after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2002;18(6):578-83. DOI: 10.1053/jars.2002.30658.
58. Lee GH, McCulloch P, Cole BJ, Bush-Joseph CA, Bach BR Jr. The incidence of acute patellar tendon harvest complications for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2008;24(2):162-6. DOI: 10.1016/j.arthro.2007.08.020.
59. Leys T, Salmon L, Waller A, Linklater J, Pinczewski L. Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med.* 2012;40(3):595-605. DOI: 10.1177/0363546511430375.
60. Mohtadi NG, Chan DS, Dainty KN, Whelan DB. Patellar tendon versus hamstring tendon 2011;2011(9):CD005960. Published 2011 Sep 7. DOI: 10.1002/14651858.CD005960.pub2.
61. Paschos NK, Howell SM. Anterior cruciate ligament reconstruction: principles oftreatment. *EFORT Open Rev.* 2017;1(11):398-408. Published 2017 Mar 13. DOI: 10.1302/2058-5241.1.160032.
62. Papageorgiou CD, Ma CB, Abramowitch SD, Clineff TD, Woo SL. A multidisciplinary study of the healing of an intraarticular anterior cruciate ligament graft in a goat model. *Am J Sports Med.* 2001;29(5):620-6. DOI: 10.1177/03635465010290051501.
63. Krupa S, Królikowska A, Reichert P. Postoperative Knee Joint Stability Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Ligament Advanced Reinforcement System. *Polim Med.* 2016;46(2):155-61. DOI: 10.17219/pim/68646.
64. Prodromos C, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of stability of autografts compared to allografts after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(7):851-6. DOI: 10.1007/s00167-007-0328-6.
65. Sun K, Tian S, Zhang J, Xia C, Zhang C, Yu T. Anterior cruciate ligament reconstruction with BPTB autograft, irradiated versus non-irradiated allograft: a prospective randomized clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(5):464-74. DOI: 10.1007/s00167-008-0714-8.

## Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries: Modern Strategy of Surgical Treatment (Review)

Skobenko Ye.O.<sup>1</sup>, Kvasba V.P.<sup>2</sup>, Kuprii V.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Scientific Institution "Center for Innovative Medical Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv

<sup>2</sup>Bogomolets National Medical University, Kyiv

**Summary.** *Of all knee injuries, the most common one is the anterior cruciate ligament (ACL) injury. The ACL plays a key role in the stability of the knee joint: it limits the anterior dislocation of the tibia and ensures the stability of rotational movements. In physically active patients, surgical reconstruction of the ACL injury is the gold stan-*

*standard of treatment. The development of biomechanical, biological, clinical research, and tissue engineering provides the basis for disagreement about the methods of reconstruction of ACL injuries. This review outlines modern approaches to the surgical treatment of the ACL.*

**Key words:** *anterior cruciate ligament injuries; anteromedial instability; autograft; reconstruction; recovery.*

### **Повреждения передней крестообразной связки (ПКС): современная стратегия оперативного лечения (Обзор)**

Скобенко Е.А.<sup>1</sup>, Кваша В.П.<sup>2</sup>, Куприй В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Центр инновационных медицинских технологий НАН Украины, г. Киев

<sup>2</sup>Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца МЗ Украины, г. Киев

**Резюме.** Среди всех травм коленного сустава наиболее часто встречается повреждение передней крестообразной связки (ПКС). ПКС играет ключевую роль в стабильности коленного сустава: ограничивает переднюю дислокацию большеберцовой кости и обеспечивает стабильность ротационных движений. У физически активных пациентов хирургическая реконструкция повреждения ПКС является “золотым стандартом” лечения. Развитие биомеханических, биологических, клинических исследований и тканевой инженерии создает основу для разногласий насчет способа реконструкции повреждений ПКС. В этом обзоре кратко рассмотрены современные подходы к оперативному лечению ПКС.

**Ключевые слова:** *травмы передней крестообразной связки; переднемедиальная нестабильность; аутотрансплантат; реконструкция; восстановление.*

## Георгій Васильович ГАЙКО



Святкування ювілею – це важлива нагода озирнутися, оцінити сьогоднішнього і замислитись про майбутнє...

21 грудня 2021 р. виповнилося 85 років від дня народження почесного директора ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, керівника клініки травматології та ортопедії дорослих, Заслуженого діяча науки і техніки України, доктора медичних наук, академіка НАМН України Георгія Васильовича Гайка та водночас 61 рік від початку його практичної, науково-педагогічної і громадської діяльності. “Його історія життя є яскравим взірцем для сьогоднішнього та наступних поколінь лікарів та науковців” (академік В.І. Цимбалюк).

Георгій Васильович народився у с. Волока Вижицького району Чернівецької області в родині селян. Закінчив Чернівецький медичний інститут. “Я щаслива людина! Знаю, хто я і хто подарував мені життя, шаную пращурів та весь Буковинський край. Маю велику, дружню і люблячу родину – мій затишний світ тепла та любові”, – писав ювіляр у книжці “Життя, подароване людям”.

У 1964 р. вступив до аспірантури Київського ІТО, успішно захистив кандидатську (1968), а у 1984 р. – докторську дисертацію з ускладнень гематогенного остеомієліту у дітей та підлітків. Надалі Георгій Васильович працював на посадах завідувача відділів кістково-гнійної хірургії та за-

хворювань суглобів у дітей і підлітків, ученого секретаря інституту, заступника директора з наукової роботи (1983-1989 рр.).

У 1989 році Георгій Васильович Гайко очолив інститут і став першим директором, обраним колективом завдяки особистим рисам характеру: організаторським здібностям, професіоналізму, високій працездатності, культурі спілкування, безмежній відданості своїй справі та служінню людям.

Багатогранні знання й наполегливість, уміння аналізувати й узагальнювати факти дозволили Георгію Васильовичу концептуально розв’язувати широке коло наукових та практичних проблем: розробка методів остеосинтезу, артропластики та ендопротезування великих суглобів; лікування дегенеративно-дистрофічних, диспластичних уражень кісток та суглобів; остеомієліт, організація ортопедо-травматологічної служби в Україні тощо.

За 30-річний період на посаді директора інституту Георгій Васильович виявляв неабиякі організаторські здібності і наполегливо досягав своєї мети – він не шкодував ні часу, ні сил для відкриття поліклініки (на 250 відвідувань) і нових відділів: спортивної і балетної травми; стопи і складного протезування; травматичних пошкоджень ОРА та проблем остеосинтезу; реабілітації; функціональної діагностики; НПЦ тканинної та клітинної терапії; нейроортопедії; лабораторії біомеханіки; біомедичної інженерії.

Маючи багатий життєвий і професійний досвід, Георгій Васильович завжди плідно займався громадською діяльністю: у 1999-2019 рр. був головним редактором фахового журналу “Вісник ортопедії, травматології та протезування”, протягом 17 років – головним ортопедом-травматологом МОЗ України, 12 років – президентом Української асоціації ортопедів-травматологів, а зараз є її почесним президентом.

Наукові досягнення Георгія Васильовича визнані у світі, він є національним делегатом SICOT, членом Американської академії AAOS. Не менш авторитетне й вітчизняне визнання за 60 років плідної праці: голова Проблемної комісії “Ортопедія і травматологія” МОЗ та НАМНУ, заступник академіка-секретаря клінічного відділення НАМНУ, член наукової ради та атестаційної комісії НАМНУ, голова Спеціалізованої вченої ради з захисту докторських дисертацій, член секції медицини Комітету з Державних премій України, член редколегій 9 українських та 2 зарубіжних наукових журналів, заступник голови земляцтва “Буковина” у м. Києві. За досягнення Георгія Васильовича в науковій та громадській діяльності, вагомих внесок у розвиток лікувально-профілактичних заходів у галузі ортопедії-травматології в 2012 р. його обрано академіком НАМН України.

Георгій Васильович – автор понад 600 наукових праць, у тому числі 15 монографій, 16 довідників та посібників, 10 винаходів, 14 патентів на корисну модель та 18 рацпропозицій. Під його керівництвом захищено 10 докторських і 15 кандидатських дисертацій.

Справжній патріот Київського інституту травматології та ортопедії, невгамовний науковий діяч і талановитий організатор Георгій Васильович на найвищому державному рівні провів довгоочікуване святкування 100-ліття інституту, став засновником музею історії установи, за його редакцією вийшло ювілейне видання “Державна установа “Інститут травматології та ортопедії НАМН України – творчий шлях у сто років”. “Все життя я прагнув

розвитку, навчався і працював. Були миті, коли наче хтось із самих небес допомагав, підтримував і наставляв на правильний шлях. Руки не опускалися ніколи, заради того, щоб життя продовжувалося, а сльози на щоках українців були лише сльозами радості” (Г.В. Гайко).

За вагомих особистий внесок у розвиток охорони здоров'я та високий професіоналізм Георгій Васильович нагороджений орденами “За заслуги” III ступеня, князя Ярослава Мудрого V ступеня, М. Пирогова, преподобного Агапіта Печерського; медалями “20 років незалежності України”, Міжнародної Академії МАРТІС “Золота фортуна”, відзнакою НАНУ “За наукові досягнення”, НАМНУ “Прослава”, Почесними грамотами Верховної Ради, Кабінету Міністрів, МОЗ, Президії ЦК профспілки України.

Свій знаменний ювілей професор Георгій Васильович Гайко зустрічає у розквіті наукових пошуків як мудрий учитель, порадник і організатор вітчизняної ортопедо-травматологічної галузі. Через усе життя йому вдалося пронести безцінні перлини своєї душі: відкрите для людей серце і вірність лікарському обов'язку.

Бажаємо Вам, Георгію Васильовичу, як лікарю, керівникові та науковцю з багатим життєвим досвідом і невгамовним оптимізмом, почуттям високої відповідальності та справедливості, успішної діяльності на ниві травматології та ортопедії, результативних наукових досліджень, творчого натхнення і невтомних звершень. Зичимо добра, міцного здоров'я, земного щастя, всіляких гараздів і добробуту у рідній оселі, натхнення та любові!

*Колектив ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”  
Правління ВГО “Українська асоціація ортопедів-травматологів”  
Редакція журналу  
Найщиріші і найтепліші побажання іменинникові надсилають колеги, науковці, друзі та однодумці*





**З глибоким сумом сповіщаємо, що 3 січня 2022 р. на 85-му році пішов із життя заслужений лікар України, доктор медичних наук, професор кафедри ортопедії і травматології № 2**

## **ПОПОВ Василь Антонович**

Дитинство та шкільні роки Василя Антоновича минули на мальовничій Слобожанщині у с. Лебеже Зачепилівського району Харківської області. З 1954 по 1960 р. навчався на лікувальному факультеті Дніпропетровського медичного інституту. Трудову діяльність розпочав лікарем ортопедом-травматологом у Першій міській лікарні Кривого Рога.

Бажання професійного росту привело Василя Антоновича в 1964 р. до Київського інституту удосконалення лікарів (надалі – НМАПО ім. П.Л. Шупика) на кафедру ортопедії і травматології, основною клінічною базою якої був Науково-дослідний інститут травматології та ортопедії.

Подальший творчий шлях Василя Антоновича пов'язаний із цими медичними закладами. Під керівництвом професора Федора Родіоновича

Богданова навчався у клінічній ординатурі та аспірантурі, після закінчення якої в 1968 р. був обраний на посаду асистента кафедри ортопедії і травматології. У цьому ж році він захистив кандидатську дисертацію на тему “Лечение открытых поврежденных кисти”.

Висока працездатність, творча наснага, відданість улюбленій справі сприяли його цілком заслуженому авторитету серед колег.

У 1976 р. Василя Антоновича обрано доцентом кафедри ортопедії і травматології. За порадою Миколи Васильовича Новікова він проводив вивчення проблеми гонартрозу. У 1988 р. захистив докторську дисертацію “Оперативное лечение деформирующего артроза коленного сустава”, в якій представлено нові уявлення про етіопатогенез, клінічні прояви, а також започатковано біомеханічний напрямок у хірургії захворювання.

Запропоновані Василем Антоновичем способи коригувальних остеотомії та вентралізації пагорбка великогомілкової кістки стали класичними у практичній роботі ортопедів-травматологів.

У 1989 р. він очолив кафедру ортопедії і травматології № 2 НМАПО ім. П.Л. Шупика. Наступного року йому надано звання професора. Разом зі своїми учнями та послідовниками він провів різнопланові наукові дослідження, що охоплюють широке поле проблем травматології та ортопедії: оперативне лікування внутрішньосуглобових та діафізарних переломів довгих кісток, зовнішній, внутрішній і малоінвазивний остеосинтез, патологія стопи, ендопротезування колінного і кульшового суглобів.

Значне місце в роботі Василя Антоновича посідала педагогічна діяльність. Як блискучий лектор клініцист і вчений він користувався авторитетом серед лікарів-курсантів ПАЦ і ТУ, лікарів-інтернів, клінічних ординаторів і аспірантів, у тому числі іноземців, які навчалися на контрактній основі. Його учні працюють в усіх куточках України, а також в Африці, Індії, на Близькому Сході.

У період діяльності на посаді декана хірургічного факультету (1992-2005) виявилися притаманні Василю Антоновичу важливі людські риси: справедливість, доброзичливість, принциповість, чуйність. Колектив факультету у цей час утримував перше місце з навчально-методичної, наукової та лікувальної роботи.

Професор Василь Антонович Попов – автор 270 наукових праць, у тому числі 5 навчальних посібників, 21 авторського свідоцтва і патенту України на нові пристрої, методики діагностики та лікування. За вагомих внесок у медичну науку, підготовку фахівців високого професіоналізму

йому надано почесне звання заслуженого лікаря України (2003).

Наукову педагогічну і лікувальну роботу Василь Антонович успішно поєднував з активною громадською діяльністю. Він був членом Вченої ради НМАПО ім. П.Л. Шупика, а також спеціалізованих рад із захисту дисертацій за фахом “Ортопедія і травматологія” та “Судова медицина”. Впродовж багатьох років обирався членом Правління та Президії Української асоціації ортопедів-травматологів, працював у редакційних колегіях і радач чотирьох фахових науково-практичних журналів. Василь Антонович був і дійсним членом Інтернаціональної асоціації ортопедів і травматологів (SICOT), Європейської та Української асоціацій спортивної травматології, хірургії коліна та артроскопії.

Європейська академія природничих наук нагородила Василя Антоновича орденом “Николай Пирогов” за успішну наукову і практичну роботу в галузі медицини.

За багатолітню сумлінну працю, значний особистий внесок у розвиток охорони здоров'я, високий професіоналізм та відданість справі Василя Антоновича Попова нагороджено ме-

далями “У пам'ять 1500-річчя Києва”, “Ветеран праці”, знаком “Відмінник охорони здоров'я”, пам'ятним знаком “Відзнака НМАПО ім. П.Л. Шупика”. Київський патріархат удостоїв Василя Антоновича орденом Святого Архистратига Михаїла.



*Нехай добрий, світлий спомин про  
Василя Антоновича назавжди залишиться  
у серцях рідних, колег, усіх, хто його знав,  
любив та шанував, кому пощастило з ним  
працювати, дружити та спілкуватися.  
Ми не в змозі змінити обставини.  
Лише просимо Бога дати сил рідним і близь-  
ким перенести біль втрати, а душу покій-  
ного прийняти в Царство небесне.  
Вічний спокій його душі...*

## УМОВИ ПУБЛІКАЦІЇ В ЖУРНАЛІ “ВІСНИК ОРТОПЕДІЇ, ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ”

### Шановні автори!

Будь ласка, ознайомтеся з детально викладеними вимогами до оформлення статей для публікації в журналі, які складені з урахуванням вимог Наказу № 112 (“Про публікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”) і вимог до видань, включених до “Переліку наукових фахових видань України” згідно з Наказом № 1021 від 07.10.2015 р. Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Усі матеріали повинні бути оформлені відповідно до таких вимог:

#### 1. Рукопис.

1.1. Формат тексту. Рукопис надсилається до редакції в електронному вигляді в форматі MS Word (розширення .doc, .docx, .rtf), гарнітура Times New Roman, кегль 12, інтервал 1,5, поля 2 см по обидві сторони. Виділення в тексті можна проводити тільки курсивом, але не підкресленням. З тексту необхідно видалити всі повторювані пропуски і зайві розриви рядків (в автоматичному режимі через сервіс Microsoft Word “Знайти і замінити”).

1.2. Обсяг тексту рукопису, включаючи список літератури, таблиці, ілюстрації, підписи до них, повинен складати для оригінальних статей 10-12 сторінок формату А4 (до 5000 слів), огляду літератури – 15-18 сторінок, повідомлень про спостереження з практики – 4-6 сторінок, рецензій – 4 сторінки.

**Увага!** Питання про публікацію в журналі великої за обсягом інформації вирішується індивідуально, якщо, на думку редколегії, вона становить особливий інтерес для читачів.

1.3. Крім наукових статей, журнал публікує матеріали з історії медицини, біографічні нариси і ювілеї, некрологи, дискусійні статті з різних проблем спеціальності, статті про з'їзди, конференції, статті з обміну досвідом, рекламні матеріали, рецензії та ін.

1.4. Мова публікації. До публікації в журналі приймаються рукописи українською, англійською, російською мовами. Метадані статті публікуються трьома мовами (українською, англійською, російською). При наборі тексту латиницею важливо відповідно встановлювати її на клавіатурі.

Наприклад, неприпустимо замінювати латинську букву “i” українською літерою “і”, незважаючи на візуальну ідентичність.

2. До обов'язкових структурних елементів статті належать:

- титульна сторінка;
- резюме;
- ключові слова;
- текст статті (включаючи таблиці, малюнки);
- додаткова інформація;
- література.

2.1. Титульний лист повинен містити подану українською, російською та англійською мовами наступну інформацію: УДК статті; назва статті має повноцінно відображати предмет і тему статті, не бути надмірно короткою, але і не містити більше 100 символів. Назва пишеться рядковими літерами, крім великої літери першого слова та власних назв.

2.2. **Резюме (реферат) складається трьома мовами (українською, англійською, російською).** Авторське резюме до статті є основним джерелом інформації у вітчизняних і зарубіжних інформаційних системах і наукометричних базах даних, в яких індексується журнал. Обсяг резюме має становити близько 250 слів або 2000 тисячі знаків. Резюме повинно бути структурованим і включати обов'язкові рубрики: “Актуальність”; “Мета дослідження”; “Матеріали і методи”; “Результати”; “Висновки”. Обсяг розділу “Результати” повинен становити не менше 50% від загального обсягу. Резюме оглядів, лекцій, дискусійних статей складаються у довільній формі.

Текст повинен бути зв'язним, із використанням слів “отже”, “більше”, “наприклад”, “у результаті” тощо. Реферат англійською повинен бути складений грамотно, не перекладайте його дослівно з допомогою електронного перекладача! В англомовному резюме слід використовувати активні форми дієслова. Резюме не повинне містити аббревіатур, за винятком загальноприйнятих (наприклад, ДНК), виносок, посилань на літературні джерела.

2.3. **Ключові слова (Key words).** Необхідно вказати 3-6 слів або словосполучень, відповідних змісту роботи, які сприятимуть індексуванню статті.

ті в пошукових системах. У ключові слова оглядових статей слід включати слово “огляд”. Ключові слова повинні бути ідентичні українською, російською та англійською мовами, їх слід писати через крапку з комою.

2.4. **Таблиці** мають бути виконані гарнітурою Times New Roman, 10 кеглем, без службових символів усередині. Публікації, що містять таблиці, виконані за допомогою табулятора, розглядатися не будуть. Таблиці повинні бути побудовані наочно, мати назву, їх заголовок має точно відповідати змісту граф. У тексті необхідно вказати місце таблиці та її порядковий номер.

2.5. **Текст статті.** Структура повного тексту рукопису, присвяченого опису результатів оригінальних досліджень, повинна відповідати загальноприйнятим шаблонам і містити обов'язкові розділи: “Вступ”; “Мета”; “Матеріали і методи”; “Результати”; “Обговорення”; “Висновки”.

2.6. **Пристатейний список літератури – “Література”.** Оптимальна кількість цитованих робіт в оригінальних статтях і лекціях становить 20-30 джерел, в оглядах – 40-60 джерел. Бажано цитувати оригінальні роботи, опубліковані протягом останніх 5-7 років у зарубіжних періодичних виданнях. Також намагайтеся звести до мінімуму посилання на тези конференцій, монографії. У список літератури не включаються неопубліковані роботи, офіційні документи, рукописи дисертацій, підручники і довідники. Повинна бути представлена додаткова інформація про статті – DOI, PubMed ID та ін. Якщо в списку менше половини джерел мають індекси DOI, стаття не може бути опублікована в міжнародному науковому журналі. Посилання повинні перевірятися перед комплектацією списку використаних джерел через сайт <http://www.crossref.org/guestquery> або <https://scholar.google.com.ua>.

Кожне джерело слід поміщати з нового рядка під порядковим номером, який вказується в тексті статті арабськими цифрами в квадратних дужках.

Джерела з кириличним написанням необхідно дублювати англійським варіантом; наводять офіційну назву видання латиницею або транслітеровану, якщо немає офіційної.

У списку всі роботи перераховуються в порядку цитування, а не в алфавітному порядку. Список літератури **оформляється відповідно до Vancouver style, ознайомитись з яким можна за посиланням ([https://ula.org.ua/images/uba\\_document/programs/academ\\_integrety/Academ\\_4\\_12\\_red1.pdf](https://ula.org.ua/images/uba_document/programs/academ_integrety/Academ_4_12_red1.pdf)).**

Автор несе відповідальність за правильність даних, наведених у списку літератури.

2.7. **Відправка рукопису.** До розгляду приймаються рукописи, раніше ніде не опубліковані і не спрямовані для публікації в інші видання. Стаття відправляється на електронну адресу редакції у вигляді єдиного файлу, що містить усі необхідні елементи (титольний лист, резюме, ключові слова, текстова частина, таблиці, список використаної літератури, відомості про авторів). Окремими файлами в цьому ж листі висилаються супровідні документи і копії ілюстрацій (малюнків, схем, діаграм) у форматах тієї програми, в якій вони були створені. Якщо ілюстрації в статті представлені у вигляді фотографій або растрових зображень, необхідно подати їх копію в форматі \*JPG або \*TIF, оригінальним розміром, із роздільною здатністю 300 точок на дюйм. Фізичний розмір у сантиметрах повинен бути достатнім для однозначного сприйняття і легкого прочитання змісту ілюстрації. Колірна палітра RGB або CMYK, без компресії. Ілюстрації повинні бути контрастними і чіткими.

**Супровідна документація.** До оригінальної статті додаються: супровідний лист від керівництва установи, в якому проводилося дослідження; декларація про наявність або відсутність конфлікту інтересів; авторська угода. Ці документи в електронному (відсканованому) вигляді надсилаються на електронну адресу редакції разом зі статтею, яка подається до публікації.

На окремій сторінці подають інформацію трьома мовами (українська, англійська, російська): прізвище, ім'я, по батькові кожного автора; наукові ступінь та звання, посаду, місце роботи з офіційною адресою установи, e-mail, телефон, реєстраційний номер ORCID (якщо є). Вказати автора для листування.

3. Усі статті обов'язково рецензуються. Стаття може бути повернена автору для виправлення або скорочення.

4. **Плагіат і вторинні публікації.** До публікації в журналі не приймаються рукописи з недобросовісним текстовим запозиченням і привласненням результатів досліджень, які не належать авторам цього матеріалу. Щоб перевірити статтю на оригінальність, можна скористатися програмою Advego plagiatus. Редакція зберігає за собою право перевірки поданих рукописів на наявність плагіату. Текстова схожість в об'ємі понад 20% вважається неприйнятною.

Статті, що раніше були опубліковані або направлені в інші журнали чи збірники, не приймаються.

Стаття має бути ретельно відредагована і вивірена автором. Перед відправкою рукопису ретельно

но перевірте і переконайтеся, що усі вищезгадані вимоги виконані.

Автори несуть відповідальність за наукове та літературне редагування поданого матеріалу, цитат і посилань, але редакція залишає за собою право на власне редагування статті (наукового і літературного характеру, а також на скорочення статті, що не перекручує її зміст) чи відмову авторові у публікації, якщо поданий матеріал не відповідає за формою або змістом вищезгаданим вимогам. Матеріали, що не відповідають наведеним стандартам публікацій у журналі “Вісник ортопедії, травматології та протезування”, не розглядаються та не повертаються. Дискети, диски, рукописи, рисунки, фотографії та інші матеріали, надіслані в редакцію, не повертаються. Статті, автори яких є передплатниками журналу, публіку-

ються позачергово (при наданні копії квитанції про передплату).

Порядок прийому матеріалів для публікації:

**формальна експертиза** (відповідність тексту Вимогам, викладеним вище) та експертиза на наявність плагіату. Автор отримує повідомлення на електронну пошту про відповідність / невідповідність надісланого матеріалу Вимогам.

Якщо матеріал статті відповідає Вимогам, його рецензують за процедурою double-blind і автор в тритижневий термін отримує лист-повідомлення про можливість / неможливість включення статті до публікації у журналі. Негативна рецензія, зауваження та пропозиції рецензента надсилаються автору.

**Матеріали для публікації надсилайте на електронну адресу: [atou@ukr.net](mailto:atou@ukr.net).**

---

Адреса редакції: 01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.

Тел.: (044) 486-42-49, 486-60-65, тел./факс: (044) 486-66-28, e-mail: [atou@ukr.net](mailto:atou@ukr.net).

Засновники та їх адреса: ВГО “Українська асоціація ортопедів-травматологів”,

ВГО “Українська асоціація спортивної травматології,

хірургії коліна та артроскопії”, ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”,

01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.

Видається 4 рази на рік. Мова видання: українська, російська, англійська.

Сфера розповсюдження — загальнодержавна.

Мед. коректор Грабар Н. М. Літ. редактор — Ковальова Г. О. Технічний секретар — Полякова М. Б.

Переклад англійською — Кравченко О. М.

Підписано до друку 28.01.2022 р. Наклад 1000 прим. Ціна договірна.

Верстка та друк: ТОВ “Видавнича компанія “Наш формат”, (067) 235-22-56.