

Ukrainian association of orthopaedists
and traumatologists
Ukrainian association of sport traumatology,
knee surgery and arthroscopy
State Institution "Institute of Traumatology
and Orthopaedics of National Academy
of Medical Sciences of Ukraine"

HERALD OF ORTHOPAEDICS, TRAUMATOLOGY AND PROSTHETICS

Scientific Medical Journal
Est. in October 1999

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)
V.A. Filipenko (Kharkiv, Ukraine)
I.V. Fishchenko (Kyiv, Ukraine)
G.V. Gayko (Kyiv, Ukraine)
S.I. Gerasymenko (Kyiv, Ukraine)
G.I. Gertsen (Kyiv, Ukraine)
M.L. Golovakha (Zaporizhzhia, Ukraine)
M.P. Grytsay (Kyiv, Ukraine)
Y.M. Guk (Kyiv, Ukraine)
O.G. Haiko (Kyiv, Ukraine)
A.V. Kalashnikov (Kyiv, Ukraine)
V.G. Klymovitskiy (Donetsk, Ukraine)
M.O. Korzh (Kharkiv, Ukraine)
O.E. Loskutov (Dnipro, Ukraine)
S. Magomedov (Kyiv, Ukraine)
I.V. Poliachenko (Kyiv, Ukraine)
V.V. Povoroznyuk (Kyiv, Ukraine)
V.O. Radchenko (Kharkiv, Ukraine)
A.T. Stashkevych (Kyiv, Ukraine)
I.V. Roy (Kyiv, Ukraine)

SCIENTIFIC EDITORIAL BOARD

R.I. Blonskiy (Kyiv, Ukraine)
O.V. Dolhopolov (Kyiv, Ukraine)
V.V. Filipchuk (Kyiv, Ukraine)
V.O. Fishchenko (Vynnytsya, Ukraine)
M.O. Gerasimenko (Minsk, Belarus)
V.V. Hryhorovskiy (Kyiv, Ukraine)
M.S. Kabatsiy (Kyiv, Ukraine)
O.A. Kostogryz (Kyiv, Ukraine)
I.M. Kurinnyi (Kyiv, Ukraine)
B.Y. Mardynsky (Warsaw, Poland)
M.V. Polulyakh (Kyiv, Ukraine)
A.V. Samokhin (Kyiv, Ukraine)
V.S. Sulyma (Ivano-Frankivsk, Ukraine)
V.P. Torchynskiy (Kyiv, Ukraine)
I.M. Zazirnyi (Kyiv, Ukraine)

Journal of "Herald of Orthopaedics,
Traumatology and Prosthetics"

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

Bulvarno-Kudryavska str., 27,
Kyiv, Ukraine 01054
Tel/Fax: +38 (044) 486-66-28
atou@ukr.net

ВГО "Українська асоціація ортопедів-травматологів"
ВГО "Українська асоціація спортивної травматології,
хірургії колінного суглоба 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

2 (105) – 2020

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

M. Л. Анкін (Київ)
O. А. Бур'янов (Київ)
O. Г. Гайко (Київ)
Г.В. Гайко (Київ)
С. І. Герасименко (Київ)
Г. І. Герцен (Київ)
М. Л. Головаха (Запоріжжя)
М. П. Грицай (Київ)
Ю. М. Гук (Київ)
А. В. Калашніков (Київ)
В. Г. Климовицький (Донецьк)
М. О. Корж (Харків)
O. Є. Лоскутов (Дніпро)
С. Магомедов (Київ)
В. В. Поворознюк (Київ)
Ю. В. Поляченко (Київ)
В. О. Радченко (Харків)
І. В. Рой (Київ)
А. Т. Сташкевич (Київ)
В. А. Філіпенко (Харків)
Я. В. Фіщенко (Київ)

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Р. І. Блонський (Київ)
М. О. Герасименко (Мінськ, Білорусь)
В. В. Григоровський (Київ)
O. В. Долгополов (Київ)
І. М. Зазірний (Київ)
М. С. Кабацій (Київ)
O. А. Костоґриз (Київ)
І. М. Курінний (Київ)
В. Й. Марчинський (Варшава, Польща)
М. В. Полулях (Київ)
А. В. Самохін (Київ)
В. С. Сулима (Івано-Франківськ)
В. П. Торчинський (Київ)
В. В. Філіпчук (Київ)
В. О. Фіщенко (Вінниця)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:
серія КВ № 21234-11034 ПР від 04.03.2015 р. ISSN O132-2486
Журнал внесено до переліку наукових фахових видань України,
в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт в галузі медичних наук (Наказ
Міністерства освіти і науки України № 1021 від 07.10.2015 р.).
Адреса редакції: 01054, 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
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. 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 № 19 від 17.12.2019 р.)

ЗМІСТ

Коструб О.О., Поляченко Ю.В., Котюк В.В., Засаднюк І.А., Блонський Р.І., Смірнов Д.О. Визначення участі аутологічних мезенхімальних стовбурових клітин кісткового мозку в репаративному хондрогенезі	4	Kostrub O.O., Poliachenko Yu.V., Kotiuk V.V., Zasadniuk I.A., Blonskyi R.I., Smirnov D.O. Determination of the Involvement of Autologous Mesenchymal Bone Marrow Stem Cells in Reparative Chondrogenesis	4
Liabakh A.P., Lazarenko H.M., Piatkovskiy V.M. Surgical Treatment of Symptomatic Neuromas After Lower Limb Amputations	11	Лябах А.П., Лазаренко Г.М., Пятковський В.М. Хірургічне лікування симптоматичних невром після ампутацій нижньої кінцівки	11
Zazirnyi I.M., Kostrub O.O. ACL Reconstruction: Problems, History and Future. Part 1	17	Зазірний І.М., Коструб О.О. Відновлення передньої хрестоподібної зв'язки: проблеми, історія та майбутнє. Частина I	17
Коструб О.О., Котюк В.В., Подік В.А., Мазевич В.Б., Третяков Р.А., Смірнов Д.О., Засаднюк І.А. Додаткові протоколи МРТ-обстеження передньої хрестоподібної зв'язки – стандарт діагностики чи примха дослідників? (Огляд)	26	Kostrub O.O., Kotiuk V.V., Podik V.A., Mazevych V.B., Tretiakov R.A., Smirnov D.O., Zasadniuk I.A. Additional Anterior Cruciate Ligament MRI Examination Protocols: a Standard of Diagnosis or a Whim of Researchers? (Review)	26
Мансиров А.Б., Литовченко В.О., Гарячий Є.В. Ускладнення інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу кісток кінцівок та шляхи їх попередження	35	Mansyrov A.B., Lytovchenko V.O., Gariachyi Ye.V. Complications of Intramedullary Blocking Osteosynthesis of Bones of Limbs and Ways to Prevent Them	35
ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ		REVIEWS	
Радченко К.А., Гайко О.Г. МРТ-діагностика травм та захворювань над'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи (Огляд літератури)	43	Radchenko K.A., Gayko O.G. MRI-Diagnostics of Injuries and Diseases of the Ankle Joint and Foot (Review of Literature)	43

Зазірний І.М., Кравченко Д.Д., Андреев А. Лікування ран при негативному тиску (VAC) в ортопедичній хірургії (Огляд)	Zazirnyi I.M., Kravchenko D.D., Andreev A. Negative Pressure Wound Therapy in Orthopedic Surgery (Review)	52	52
Гук Ю.М., Зима А.М., Кінча-Поліщук Т.А., Чеверда А.І., Видерко Р.В., Скуратов О.Ю. Судинна мальформація як ортопедична проблема (Огляд)	Huk Yu.M., Zyma A.M., Kinch-Polishchuk T.A., Cheverda A.I., Vyderko R.V., Skuratov O.Yu. Vascular Malformation as an Orthopedic Problem (Review)	60	60
Солоніцин Є.О., Проценко В.В. Передопераційна трансартеріальна емболізація злоякісних пухлин кінцівок (сучасний стан проблеми) (Огляд)	Solonitsyn Ye.O., Protsenko V.V. Preoperative Transarterial Embolization of Malignant Tumors of the Extremities (Current State of the Problem) (Review)	68	68
ІСТОРИЯ МЕДИЦИНИ	HISTORY OF MEDICINE		
Strafun S.S., Borzykh O.V., Kurinni I.M., Ivchenko D.V., Bilyi S.I., Tymoshenko S.V., Lieskov V.H., Yarova M.L., Lysak A.S. Development of Hand Surgery in Ukraine	Страфун С.С., Борзих О.В., Курінний І.М., Івченко Д.В., Білий С.І., Тимошенко С.В., Лєсков В.Г., Ярова М.Л., Лисак А.С. Розвиток хірургії кисті в Україні	75	75
ІНФОРМАЦІЯ	INFORMATION		
(Переклад підготували Зазірний І.М., Коструб О.О.) COVID-19. Вказівки та рекомендації Європейської асоціації спортивної травми, артроскопії та хірургії колінного суглоба (ESSKA) щодо відновлення ортопедичної хірургії	(Translation by Zazirnyi I.M., Kostrub O.O.) COVID-19. ESSKA Guidelines and Recommendations for Resuming Elective Surgery	83	83

Визначення участі аутологічних мезенхімальних стовбурових клітин кісткового мозку в репаративному хондрогенезі

*Коструб О.О., Поляченко Ю.В., Котюк В.В., Засаднюк І.А., Блонський Р.І., Смірнов Д.О.
ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ*

Резюме. Ушкодження суглобового хряща спостерігають у 60% оперованих артроскопічно хворих. Дегенеративні ушкодження (артроз) є найчастішим захворюванням усіх суглобів, що вражає не менше 10-13% населення у віці понад 60 років. Значних успіхів досягнуто у лікуванні больового синдрому та запального процесу, проте доказова база методів покращення репарації суглобового хряща лишається слабкою. Незважаючи на, здавалося б, позитивні результати ряду досліджень із застосування мезенхімальних стовбурових клітин (МСК) для відновлення суглобового хряща, питання характеру їх участі у цьому процесі лишається суперечливим і дотепер. **Мета дослідження.** Визначення участі аутологічних мезенхімальних стовбурових клітин кісткового мозку в репаративному хондрогенезі. **Матеріали і методи.** Експериментально-морфологічне визначення участі недиференційованих аутологічних МСК кісткового мозку в репаративному хондрогенезі проведено на 15 кролях, яким вводили на 3-й день після нанесення дефекту суглобового хряща в порожнину травмованого суглоба мічені червоним флуоресцентним зондом РКН-26 (Sigma, США) МСК кісткового мозку. У тварин, яким були трансплантовані мічені аутологічні МСК, досліджували присутність останніх на кріостатних зрізах на 7-му, 14-ту та 21-шу добу після імплантації із застосуванням флуоресцентної мікроскопії. За наявності мічених клітин у регенераті хрящової тканини спостерігалось характерне червоне світіння даних клітин. **Результати.** Присутність трансплантованих мічених аутологічних МСК на кріостатних зрізах визначалась у всіх досліджуваних тварин. На 7-й день клітини були розташовані дифузно, без помітних скупчень. На 14-й день мічені клітини, що флуоресціювали в червоній зоні спектру, створювали компактні конгломерати переважно біля зони дефекту. На 21-й день мічені клітини вдалося виявити лише в зоні регенерату. Отримані дані свідчать про безпосередню участь аутологічних МСК у процесах хондрорепації при їх екзогенному введенні в порожнину суглоба. **Висновки.** Методом мічення аутологічних МСК кісткового мозку за допомогою флуоресцентних зондів РКН-26 доведено, що аутологічні МСК кісткового мозку безпосередньо беруть участь у процесах хондрорепації при їх внутрішньосуглобовому введенні.

Ключові слова: мезенхімальні стовбурові клітини; суглобовий хрящ; хондрогенез; репарація хряща.

Вступ

Справжня частота ушкоджень суглобового хряща невідома, адже симптоматичні вони лише з певної стадії. У колінному суглобі такі ушкодження спостерігають у 60% хворих, яким проведена артроскопічна операція [1]. Дегенеративні ж ушкодження (артроз) є найчастішим захворюванням усіх суглобів, що вражає не менше 10-13% населення у віці понад 60 років [2]. Значних успіхів досягнуто у лікуванні больового синдрому та запального процесу, що супроводжують ці ушкодження, розроблено досконалі моделі ендпротезів, проте доказова база методів покращення репарації суглобо-

вого хряща продовжує лишатись слабкою. Дедалі більше досліджень вказують на ефективність застосування різних методів, у тому числі мезенхімальних стовбурових клітин (МСК), для покращення регенерації суглобового хряща [3-12]. Проте більшість способів та методів, спрямованих на регенерацію суглобового хряща, сьогодні не знайшли свого відбиття у національних та міжнародних рекомендаціях або у рекомендаціях ортопедичних чи ревматологічних асоціацій ані з лікування артрозу [13, 14], ані з лікування локальних ушкоджень суглобового хряща [15]. Щороку кількість досліджень із цього питання збільшується, що вказує на його актуальність. Утім, незважаючи на, здавалося

б, позитивні результати ряду досліджень із застосування МСК для відновлення суглобового хряща, питання характеру їх участі у цьому процесі регулярно порушується і дотепер [16].

Мета дослідження – визначення участі аутологічних мезенхімальних стовбурових клітин кісткового мозку в репаративному хондрогенезі.

Матеріали і методи

Експериментально-морфологічне визначення участі недиференційованих аутологічних МСК кісткового мозку в репаративному хондрогенезі проведено на 15 лабораторних тваринах (дорослих кролях-самцях, масою 3000 ± 250 г). У всіх тварин під кетаміновим наркозом в умовах операційної парапателлярно розтнали капсулу колінного суглоба та скальпелем у фронтальній площині по надколінковій поверхні стегнової кістки наносили з використанням шаблону стандартне повношарове пошкодження суглобового хряща розміром 6×3 мм зі збереженням цілісності підхрящової кісткової пластинки (рис. 1). Після цього рану промивали водним розчином хлоргексидину та шарово зашивали м'які тканини. Усі маніпуляції з тваринами проводили згідно з міжнародними правилами про гуманне ставлення до тварин (ETS 123, 1986).

Усі тварини до початку та в процесі дослідження перебували в умовах віварію на звичайному харчовому раціоні. У період акліматизації (два тижні) і під час експерименту тварини перебували у віварії за температури $18-22$ °С, вологості 50-60%, природному світловому режимі "день-ніч". Підбір тварин та формування груп проводили за методом випадкових чисел.

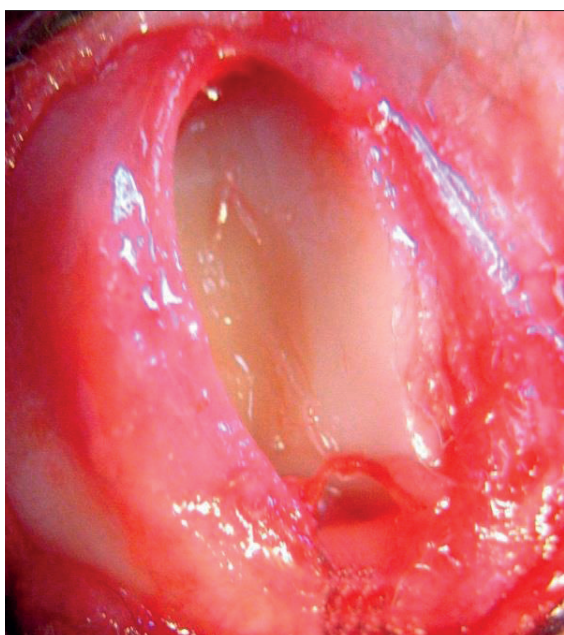


Рис. 1. Надколінкова поверхня стегнової кістки після механічного нанесення дефекту суглобового хряща

Проводили мічення МСК кісткового мозку червоним флуоресцентним зондом РКН-26 (Sigma, США) та вводили їх на 3-й день після нанесення ефекту в порожнину травмованого суглоба 15 тваринам.

Для цього МСК знімали 0,25% розчином трипсину та 1 мм розчином ЕДТА протягом 5 хвилин за температури 37 °С, триразово відмивали у середовищі без вмісту сироватки та ресуспендували в середовищі у відношенні 1:2. Потім змішували з рівним об'ємом розчину РКН-26 (Sigma) та витримували 5 хвилин за кімнатної температури. Для зупинки реакції застосовували середовище з вмістом сироватки. Після інгібіції реакції клітини знову відмивали від фарбника шляхом триразового центрифугування. Відмиті та ресуспендовані клітини застосовували для введення у місце пошкодження.

За всіма тваринами проводили клінічне спостереження. З досліду кролів виводили шляхом застосування летальних доз ефіру для наркозу по п'ять кролів на 7-му, 14-ту та 21-шу добу після введення мічених недиференційованих МСК кісткового мозку в порожнину суглоба.

Для відстеження в процесі репаративного хондрогенезу недиференційованих МСК кісткового мозку, мічених за допомогою барвника РКН-26, готували криостатні зрізи та застосовували флуоресцентну мікроскопію. За наявності мічених клітин у регенераті хрящової тканини спостерігалось характерне червоне світіння даних клітин.

Мічення *in vitro* аутологічних МСК кісткового мозку червоним флуоресцентним зондом РКН-26 приводило до рівномірного дифузного забарвлення клітин (рис. 2).

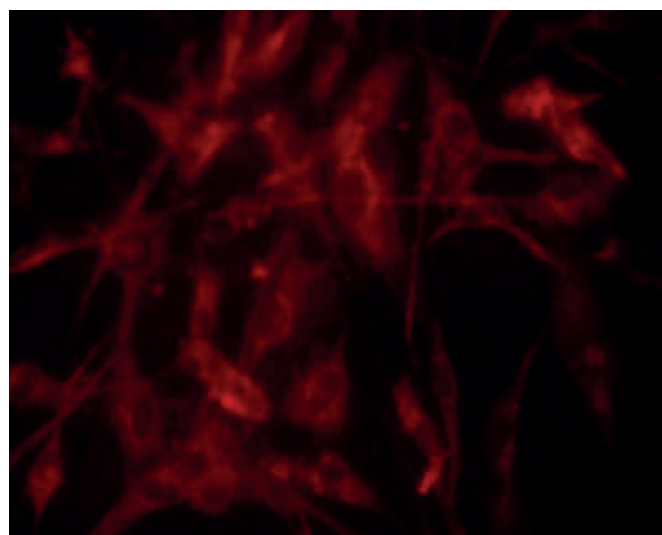


Рис. 2. Культура аутологічних МСК, мічених флуоресцентними зондами РКН-26. Люмінесцентна мікроскопія $\times 400$

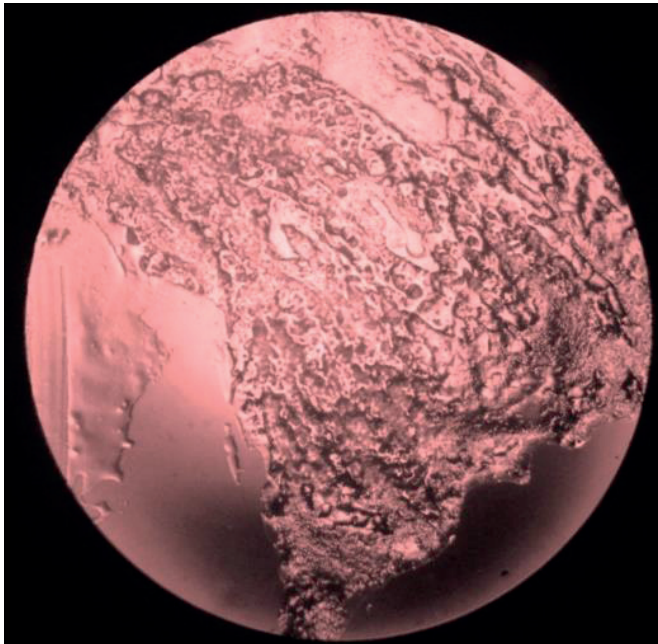
У тварин, яким були трансплантовані мічені аутологічні МСК, досліджували їх присутність на криостатних зрізах на 7-му, 14-ту та 21-шу добу після імплантації.

Результати

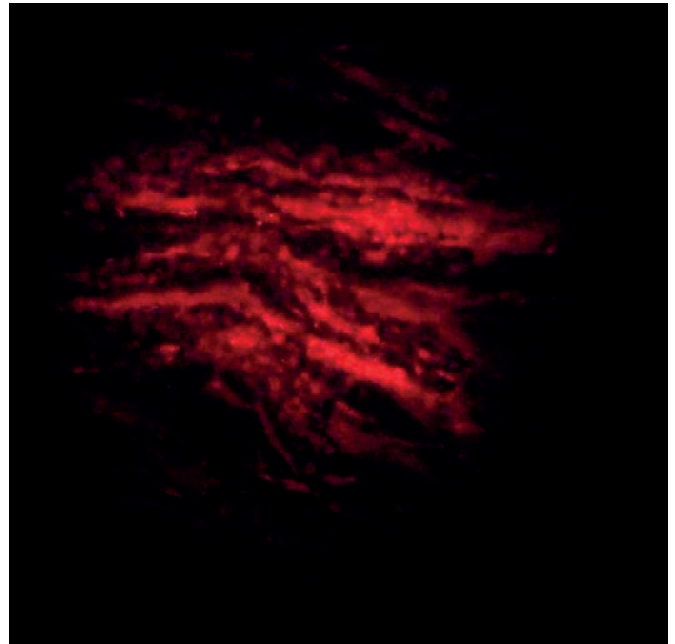
Присутність трансплантованих мічених аутологічних МСК на криостатних зрізах визначалась в усіх досліджуваних тварин. На 7-й день клітини були розташовані дифузно, без помітних скупчень (рис. 3).

На 14-й день мічені клітини, що флуоресціювали в червоній зоні спектру, створювали компактні конгломерати переважно біля зони дефекту (рис. 4). На 21-й день мічені клітини вдалося виявити лише в зоні регенерату (рис. 5).

Отримані дані свідчать про безпосередню участь аутологічних МСК у процесах хондрорепації при їх екзогенному введенні в порожнину суглоба.

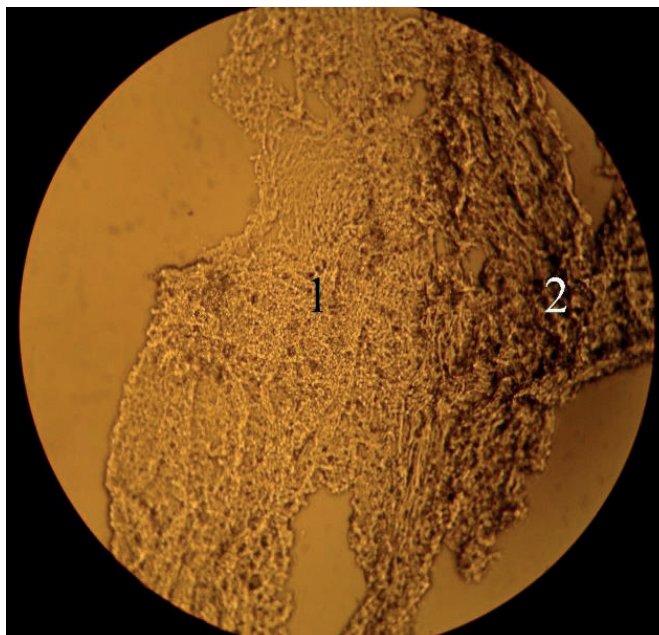


А

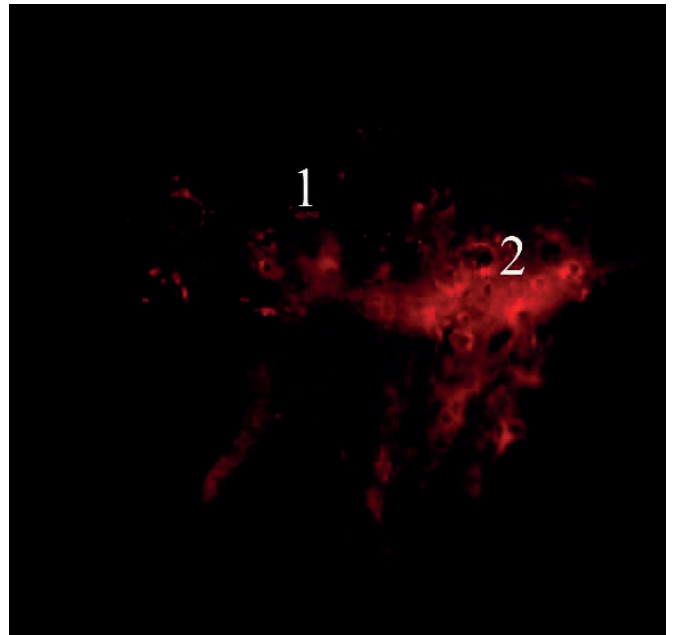


В

Рис. 3. Світлова (А) та люмінесцентна (В) мікроскопія криостатного зрізу суглобового хряща кроля міченими РКН-26 МСК –150, 7-ма доба

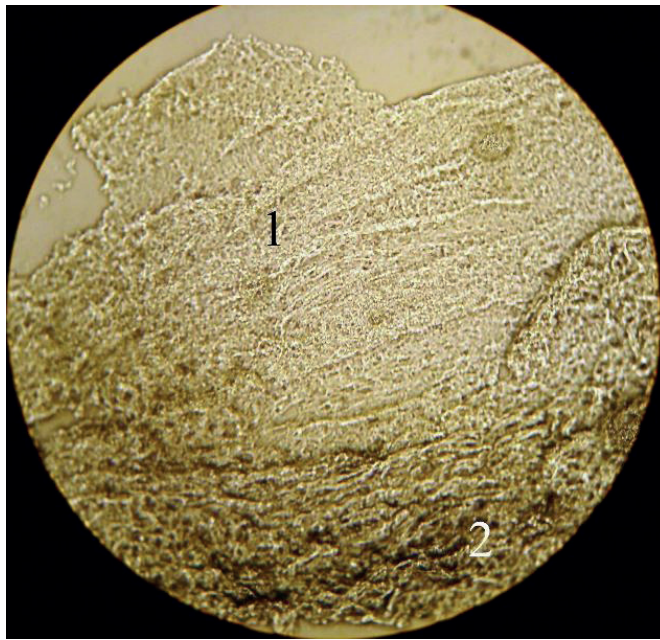


А

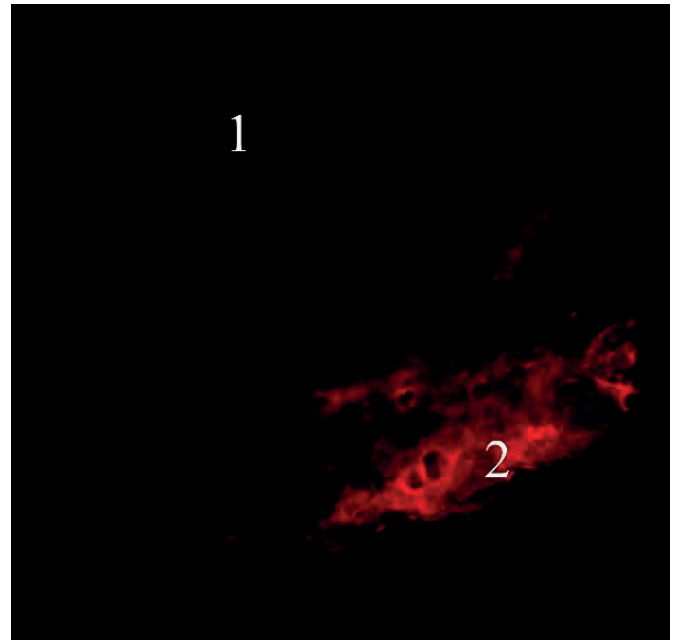


В

Рис. 4. Світлова (А) та люмінесцентна (В) мікроскопія криостатного зрізу суглобового хряща кроля з міченими РКН-26 МСК –150, 14-та доба. 1 – материнський хрящ, 2 – зона регенерату



А



В

Рис. 5. Світлова (А) та люмінесцентна (В) мікроскопія криостатного зрізу суглобового хряща кроля з міченими РКН-26 МСК –150, 21-ша доба. 1 – материнський хрящ, 2 – зона регенерату

Висновки

Підсумовуючи наведені вище результати, слід відзначити, що після ізольованого механічного ушкодження суглобового хряща процеси хондрорепарації в ділянці дефекту не є достатніми для якісного відновлення хрящової тканини. У місці пошкодження формується фіброзна тканина з ділянками дистрофії та некрозу. У навколишньому суглобовому хрящі також виникають прояви дегенеративно-дистрофічного процесу, які можна кваліфікувати як типову картину початку розвитку посттравматичного остеоартрозу. Внутрішньосуглобове введення культури аутологічних МСК кісткового мозку дозволяє оптимізувати процеси хондрорепарації, що приводить до формування в ділянці дефекту гіаліноподібної тканини, яка повністю заповнює травматичний дефект при обмежених або відсутніх дистрофічних і некротичних змінах у навколишньому суглобовому хрящі. Методом мічення аутологічних МСК кісткового мозку за допомогою флуоресцентних зондів РКН-26 доведено, що аутологічні МСК кісткового мозку безпосередньо беруть участь у процесах хондрорепарації при їх внутрішньосуглобовому введенні.

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

References

1. Widuchowski W, Widuchowski J, Trzaska T. Articular cartilage defects: study of 25,124 knee arthroscopies. *Knee*. 2007;14(3):177-182. doi:10.1016/j.knee.2007.02.001.

2. Zhang Y, Joanne M, Jordan. Epidemiology of Osteoarthritis. *Clin Geriatr Med*. 2010;26(3):355–369. doi: 10.1016/j.cger.2010.03.001.
3. Buda R, Vannini F, Cavallo M, Grigolo B, Cenacchi A, Giannini S. Osteochondral lesions of the knee: a new one-step repair technique with bone-marrow-derived cells. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:2–11. doi: 10.2106/JBJS.J.00813.
4. Enea D, Ceccconi S, Calcagno S, Busilacchi A, Manzotti S, Kaps C, Gigante A. Single-stage cartilage repair in the knee with microfracture covered with a resorbable polymer-based matrix and autologous bone marrow concentrate. *Knee*. 2013;20:562–569. doi: 10.1016/j.knee.2013.04.003.
5. Gigante A, Ceccconi S, Calcagno S, Busilacchi A, Enea D. Arthroscopic knee cartilage repair with covered microfracture and bone marrow concentrate. *Arthrosc Tech*. 2012;1:e175–e180. doi: 10.1016/j.eats.2012.07.001.
6. Giannini S, Buda R, Cavallo M, Ruffilli A, Cenacchi A, Cavallo C, Vannini F. Cartilage repair evolution in post-traumatic osteochondral lesions of the talus: from open field autologous chondrocyte to bone-marrow-derived cells transplantation. *Injury*. 2010;41:1196–1203. doi: 10.1016/j.injury.2010.09.028.
7. Gobbi A, Karnatzikos G, Scotti C, Mahajan M, Mazzucco L, Grigolo B. One-step cartilage repair with bone marrow aspirate concentrated cells and collagen matrix in full-thickness knee cartilage lesions: results at 2-year follow-up. *Cartilage*. 2011;2:286–299. doi: 10.1177/1947603510392023.
8. Haleem AM, Singergy AA, Sabry D, Atta HM, Rashed LA, Chu CR, El Shewy MT, Azzam A, Abdel Aziz MT. The clinical use of human culture-expanded autologous bone marrow mesenchymal stem cells transplanted on platelet-rich fibrin glue in the treatment of articular cartilage defects: a pilot study and preliminary results. *Cartilage*. 2010;1:253–261. doi: 10.1177/1947603510366027.
9. Kasemkijwattana C, Hongeng S, Kesprayura S, Rungsinaporn V, Chaipinyo K, Chansiri K. Autologous bone marrow mesenchymal stem cells implantation for cartilage defects: two cases report. *J Med Assoc Thai*. 2011;94:395–400.
10. Kuroda R, Ishida K, Matsumoto T, Akisue T, Fujioka H, Mizuno K, Ohgushi H, Wakitani S, Kurosaka M. Treatment of a full-thickness

articular cartilage defect in the femoral condyle of an athlete with autologous bone-marrow stromal cells. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007;15:226–231. doi: 10.1016/j.joca.2006.08.008.

11. Nejadnik H, Hui JH, Feng Choong EP, Tai BC, Lee EH. Autologous bone marrow-derived mesenchymal stem cells versus autologous chondrocyte implantation: an observational cohort study. *Am J Sports Med*. 2010;38:1110–1116. doi: 10.1177/0363546509359067.
12. Wakitani S, Nawata M, Tensho K, Okabe T, Machida H, Ohgushi H. Repair of articular cartilage defects in the patello-femoral joint with autologous bone marrow mesenchymal cell transplantation: three case reports involving nine defects in five knees. *J Tissue Eng Regen Med*. 2007;1:74–79. doi: 10.1002/term.8.
13. McAlindon TE, Bannuru RR, Sullivan MC, et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis.

Osteoarthritis Cartilage. 2014;22(3):363-388. doi:10.1016/j.joca.2014.01.003.

14. Brown GA. AAOS clinical practice guideline: treatment of osteoarthritis of the knee: evidence-based guideline, 2nd edition. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(9):577-579. doi:10.5435/JAAOS-21-09-577.
15. Chambers HG, Shea KG, Anderson AF, et al. Diagnosis and treatment of osteochondritis dissecans. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19(5):297-306. doi:10.5435/00124635-201105000-00007.
16. Zwolanek D, Satué M, Proell V, Godoy JR, Odörfer KI, Flicker M, Hoffmann SC, Rüllicke T, Erben RG. Tracking mesenchymal stem cell contributions to regeneration in an immunocompetent cartilage regeneration model. *JCI Insight*. 2017 Oct 19;2(20):e87322. doi: 10.1172/jci.insight.87322.

Determination of the Involvement of Autologous Mesenchymal Bone Marrow Stem Cells in Reparative Chondrogenesis

Kostrub O.O., Poliachenko I.V., Kotiuk V.V., Zasadniuk I.A., Blonskyi R.I., Smirnov D.O. SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

Summary. Articular cartilage injuries are observed in 60% of arthroscopies. Degenerative changes of the articular cartilage (osteoarthritis) is the most common disease of all the joints, which affects at least 10-13% of the population over the age of 60 years. Significant progress has been made in the treatment of pain and inflammation, but the evidence base for improving the articular cartilage repair remains weak. Despite the seemingly positive results of a number of studies on the use of mesenchymal stem cells (MSCs) for the articular cartilage restoration, the question of the nature of their participation in this process remains controversial. **Objective.** The objective of the study was to determine the involvement of autologous mesenchymal bone marrow stem cells in reparative chondrogenesis. **Materials and Methods.** Experimental and morphological determination of the participation of undifferentiated autologous bone marrow MSCs in reparative chondrogenesis was carried out on fifteen rabbits. MSCs of bone marrow marked with a red fluorescent dye PKH-26 (Sigma, USA) was injected into the cavity of the injured joint on the 3rd day after the articular cartilage defect formation. The presence of the transplanted labeled autologous MSCs was examined in these animals on cryostat sections on the seventh, fourteenth and twenty-first days after implantation with fluorescence microscopy. The characteristic red glow was observed in case of the presence of labeled cells in the regenerated cartilage tissue. **Results.** The presence of transplanted labeled autologous MSCs on cryostat sections was determined in all studied animals. On the 7th day, the cells were arranged diffusely, without noticeable accumulations. On the 14th day, the labeled cells fluoresced in the red zone of the spectrum and created compact conglomerates mainly at the defect zone. On the 21th day, the labeled cells were found only in the regenerate zone. The data obtained indicate the direct participation of autologous MSCs in the processes of chondroreparation after the exogenous implantation into the joint cavity. **Conclusions.** The method of autologous bone marrow MSCs labeling using PKH-26 fluorescent dyes has shown that autologous bone marrow MSCs are directly involved in the processes of chondroreparation when they are injected intraarticularly.

Key words: mesenchymal stem cells; articular cartilage; chondrogenesis; cartilage repair.

Определение участия аутологических мезенхимальных стволовых клеток костного мозга в репаративном хондрогенезе

Коструб А.А., Поляченко Ю.В., Котюк В.В., Засаднюк И.А., Блонский Р.И., Смирнов Д.А. ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

Резюме. Повреждения суставного хряща наблюдают у 60% оперированных артроскопически пациентов. Дегенеративные же повреждения (артроз) являются наиболее частым заболеванием всех суставов, которое поражает не меньше 10-13% населения в возрасте старше 60 лет. Значительные успехи достигнуты в лечении

болевого синдрому і запального процесу, однак доказальна база методів удосконалення репарації сугавного хряща залишається слабкою. Незважаючи на, казалось б, позитивні результати ряду досліджень по використанню мезенхімальних стоволових кліток (МСК) для відновлення сугавного хряща, питання характеру їх участю в цьому процесі залишається суперечливим до сих пор. **Цель дослідження.** Визначення участю аутологічних мезенхімальних стоволових кліток кісткового мозку в репаративному хондрогенезі. **Матеріали і методи.** Експериментально-морфологічне визначення участю недиференційованих аутологічних МСК кісткового мозку в репаративному хондрогенезі проведено на 15 кролях, котрим на 3-й день після нанесення дефекту сугавного хряща в порожнину травмированого сугаву вводили мечені червоним флуоресцентним зондом РКН-26 (Sigma, США) МСК кісткового мозку. У тварин, котрим були трансплантовані мечені аутологічні МСК, досліджували наявність останніх на криостатних срезах на 7-й, 14-й і 21-й день після імплантації з використанням флуоресцентної мікроскопії. При наявності мечених кліток в регенераті хрящової тканини спостерігалося їх характерне червоне свічення. **Результати.** Наявність трансплантованих мечених аутологічних МСК на криостатних срезах визначалася у всіх досліджуваних тварин. На 7-й день клітки були розподілені дифузно, без помітних скоплень. На 14-й день мечені клітки флуоресцивали в червоній зоні спектру і створювали компактні конгломерати переважно у зоні дефекту. На 21-й день мечені клітки вдалося виявити тільки в зоні регенерату. Отримані дані свідчать про безпосередню участь аутологічних МСК в процесах хондрорепації при їх екзогенному введенні в порожнину сугаву. **Висновки.** Методом мечення аутологічних МСК кісткового мозку з використанням флуоресцентних зондів РКН-26 доведено, що аутологічні МСК кісткового мозку безпосередню участь беруть в процесах хондрорепації при їх внутрисугавному введенні.

Ключові слова: мезенхімальні стоволові клітки; сугавний хрящ; хондрогенез; репарація хряща.

Відомості про авторів:

Коструб Олександр Олександрович – доктор медичних наук, професор, завідувач відділом спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Поляченко Юрій Володимирович – доктор медичних наук, професор, в. о. директора ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: poliach.yu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1814-4240>.

Котюк Віктор Володимирович – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: kotyuk_v@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8837-8603>.

Засаднюк Іван Андрійович – кандидат медичних наук, науковий співробітник відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: zasadnyuk@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-4454>.

Блонський Роман Іванович – доктор медичних наук, провідний науковий співробітник відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: drblonskiy@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2310-6345>.

Смірнов Дмитро Олександрович – кандидат медичних наук, лікар ортопед-травматолог відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: sporttrauma@gmail.com.

Information about the authors:

Kostrub Oleksandr Oleksiiovych – D.Med.Sc., professor, head of the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Poliachenko Iuriy Volodymirovich – D.Med.Sc., professor, acting director of the SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: poliach.yv@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1814-4240>.

Kotiuk Viktor Volodymyrovych – Ph.D. in Medicine, senior researcher at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: kotyuk_v@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8837-8603>.

Zasadniuk Ivan Andriiovych – Ph.D. in Medicine, researcher at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: zasadnyuk@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-4454>.

Blonskyi Roman Ivanovych – D.Med.Sc., leading researcher at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: drblonskiy@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2310-6345>.

Smirnov Dmytro Oleksiiovych – Ph.D. in Medicine, orthopedic surgeon at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: sporttrauma@gmail.com.

Сведения об авторах:

Коструб Александр Алексеевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Поляченко Юрий Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, и. о. директора ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: poliach.yv@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1814-4240>.

Котюк Виктор Владимирович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: kotyuk_v@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8837-8603>.

Засаднюк Иван Андреевич – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: zasadnyuk@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-4454>.

Блонский Роман Иванович – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: drblonskiy@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2310-6345>.

Смирнов Дмитрий Алексеевич – кандидат медицинских наук, врач ортопед-травматолог отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: sporttrauma@gmail.com.

Для кореспонденції: Котюк Віктор Володимирович, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, відділ спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

For correspondence: Kotiuk Viktor V., Ph.D. in Medicine, senior researcher, the Department of Sports and Ballet Injuries, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

Для корреспонденции: Котюк Виктор Владимирович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, отдел спортивной и балетной травмы ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

УДК: 617.58-089.873.4-06:616-006.385:616-089.8

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-11-17

Surgical Treatment of Symptomatic Neuromas After Lower Limb Amputations

Liabakh A.P., Lazarenko H.M., Piatkovskyi V.M.

SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

Summary. *The pain after amputations is a global problem of modern medicine. There are three distinct clinical entities that can form the postamputation pain: phantom limb pain (PLP), phantom sensations (PSs), and residual limb pain (RLP). PLP and PSs are pathophysiological phenomena, which need complex conservative treatment. RLP is a local condition that arises from neuroma, excessive scarring, osteophytes, etc. and can be resolved by surgery. Objective:* to analyze the results of surgical treatment of patients with symptomatic neuromas after lower limb amputations (LLA). **Materials and Methods.** *The study included 43 patients with symptomatic neuromas 3–10 years after LLA. There were 40 male and 3 female patients (mean age 33.9±3 years). Amputations were caused by trauma (33 cases), mine-blast injury (7 cases), diabetes (1 case), and oncology (2 cases). The level of amputation was thigh (3 cases), knee (1 case), and ankle (39 cases). The pain intensity was measured by the VAS (Visually Analog Scale) and prosthesis using by the ALAC (Artificial Limb and Appliance Centre, USA) scale. Results.* RLP had 43 patients (100%), PLP – 8 (8.6%), and PSs – 35 (81.4%) patients. The average level of pain was 7.4±0.9. Prosthesis was used in 74.4% (32 patients), but 11 of them used prosthesis for cosmetic or transportation reasons (levels I and II by the ALAC scale). Complications after surgery were presented by hematoma (3 cases), marginal skin necrosis (2 cases), and tearing of m. gastrocnemius from the tibia after the fall on the stump (1 case). The results were assessed in 35 patients in terms from 1 to 15 years. The pain severity decreased from 7.4±0.9 to 3.2±0.6 ($p<0.05$; two-sample *t*-test). The number of RLP cases decreased to 11 (31.4%), but the number of PLP and PSs cases did not significantly change (PLP – 5 cases or 14.3%; PSs – 27 cases or 77.1%). The prosthesis using risen to 100% due to functionality (III–VI levels by the ALAC scale). **Conclusions.** *Surgical method is the main treatment of symptomatic neuromas after LLA. The surgery must expect proximal neurotomy and, if need, reamputation and stump reconstruction. This approach helps to reduce pain and improves the functional ability of persons with LLA.*

Key words: *pain; residual limb pain; lower limb amputation; surgery.*

Introduction

Limb amputation is a severe somatic and psychological trauma followed by no complete recovery. One of the important factors of the reduced quality of life of a person who has undergone amputation is phantom

limb syndrome, which includes three distinct clinical conditions: phantom limb pain (PLP), phantom sensations (PSs), and stump pain (residual limb pain, RLP). Almost all patients who underwent limb amputation experience each of the described disorders in the certain periods of time. The part of the patients who need

For correspondence: Kotiuk Viktor V., Ph.D. in Medicine, senior researcher, the Department of Sports and Ballet Injuries, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

Для корреспонденции: Котюк Виктор Владимирович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, отдел спортивной и балетной травмы ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

УДК: 617.58-089.873.4-06:616-006.385:616-089.8

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-11-17

Surgical Treatment of Symptomatic Neuromas After Lower Limb Amputations

Liabakh A.P., Lazarenko H.M., Piatkovskyi V.M.

SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

Summary. *The pain after amputations is a global problem of modern medicine. There are three distinct clinical entities that can form the postamputation pain: phantom limb pain (PLP), phantom sensations (PSs), and residual limb pain (RLP). PLP and PSs are pathophysiological phenomena, which need complex conservative treatment. RLP is a local condition that arises from neuroma, excessive scarring, osteophytes, etc. and can be resolved by surgery. Objective:* to analyze the results of surgical treatment of patients with symptomatic neuromas after lower limb amputations (LLA). **Materials and Methods.** *The study included 43 patients with symptomatic neuromas 3–10 years after LLA. There were 40 male and 3 female patients (mean age 33.9±3 years). Amputations were caused by trauma (33 cases), mine-blast injury (7 cases), diabetes (1 case), and oncology (2 cases). The level of amputation was thigh (3 cases), knee (1 case), and ankle (39 cases). The pain intensity was measured by the VAS (Visually Analog Scale) and prosthesis using by the ALAC (Artificial Limb and Appliance Centre, USA) scale. Results.* RLP had 43 patients (100%), PLP – 8 (8.6%), and PSs – 35 (81.4%) patients. The average level of pain was 7.4±0.9. Prosthesis was used in 74.4% (32 patients), but 11 of them used prosthesis for cosmetic or transportation reasons (levels I and II by the ALAC scale). Complications after surgery were presented by hematoma (3 cases), marginal skin necrosis (2 cases), and tearing of m. gastrocnemius from the tibia after the fall on the stump (1 case). The results were assessed in 35 patients in terms from 1 to 15 years. The pain severity decreased from 7.4±0.9 to 3.2±0.6 ($p<0.05$; two-sample *t*-test). The number of RLP cases decreased to 11 (31.4%), but the number of PLP and PSs cases did not significantly change (PLP – 5 cases or 14.3%; PSs – 27 cases or 77.1%). The prosthesis using rised to 100% due to functionality (III–VI levels by the ALAC scale). **Conclusions.** *Surgical method is the main treatment of symptomatic neuromas after LLA. The surgery must expect proximal neurotomy and, if need, reamputation and stump reconstruction. This approach helps to reduce pain and improves the functional ability of persons with LLA.*

Key words: *pain; residual limb pain; lower limb amputation; surgery.*

Introduction

Limb amputation is a severe somatic and psychological trauma followed by no complete recovery. One of the important factors of the reduced quality of life of a person who has undergone amputation is phantom

limb syndrome, which includes three distinct clinical conditions: phantom limb pain (PLP), phantom sensations (PSs), and stump pain (residual limb pain, RLP). Almost all patients who underwent limb amputation experience each of the described disorders in the certain periods of time. The part of the patients who need

the constant medical support for phantom limb syndrome reaches 60% [1].

Another factor that determines the considerable social relevance of the problem is the number of people with limb defects in the population. According to the official data, 1.6 million people with limb defects lived in the United States in 2005, and their number is predicted to increase to 3.6 million by 2050 [2].

More than 90% of this group is represented by patients with defects of the lower limb with the following etiological structure: vascular diseases (82%), consequences of injuries (16.4%), oncology (0.9%), and congenital anomalies (0.8%) [3].

The lack of national registries does not allow us to understand the situation in Ukraine, but by calculations as of 2010 we have shown that only for diabetes in Ukraine surgeons had to perform annually 9000 amputations of the lower limb, of which 5000 were high ones [4].

PSs are described as painless perceptions that arise from a lost or deafferented part of the body. PSs are common in the postoperative period; about a one third of patients experience it within 24 hours, three quarters – within 4 days, and 90% - within 6 months after surgery [5].

PLP (phantom pain, phantom pain syndrome) is painful or unpleasant sensations in the missing or deafferented limb or its part. PLP usually occurs within the first 6 months after limb amputation, but its presence may be registered later in a significant number of cases. PLP differs from pain in the residual limb (stump), which is localized in the remaining part of the limb. RLP persists for many years and exceeds 70% of cases. Although PLP and RLP often coexist, the stump pain occurs immediately after amputation; however, PLP is characterized by the onset of 1 to 12 months [6].

RLP can be caused by stump ischemia, ossification, widespread muscle fibrosis, or neuroma. In the structure of these factors, symptomatic neuroma reaches almost 50% [1] and usually requires surgical treatment. In some cases, neuroma resection is a separate surgery; in some cases, it is combined with reamputation and reconstruction of the stump. Attempts to optimize the process of neuroma formation after neurotomy have been reflected in numerous techniques: injections of chemicals and drugs, closing the cutting nerve with a cap made of autogenous tissues and synthetic materials, implantation into a muscle or bone canal, etc. [7, 8]. However, it should be noted that the best and practically the only reliable method today is a more proximal neurotomy [9].

There are only few publications on the topic of surgical treatment of stump neuroma [10].

The objective of our work is to analyze the results of surgical treatment of patients with stump pain caused by neuroma, and to enlighten on the important points of surgical technique.

Materials and Methods

The material for the work was the results of observation and treatment of 43 patients with pain in the stump of the lower limb, who were treated at the clinic of the SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine” during 1997–2019. The use of data from medical cards of the patients was carried out according to local bioethics committee.

The criterion for inclusion into the research was stump pain caused by neuroma, which prevented the use of the prosthesis and reduced the function of the residual limb. The main clinical and diagnostic criterion was the positive Tinnel-Hoffman phenomenon for the nerve concerned on palpation of the stump.

The study included 40 male and 3 female patients aged 12-59 years (mean age 33.9±3 years). The causes of amputation were: trauma (33 patients), mine-blast injury (7 patients), diabetes (1 patient), and tumors (2 patients). The duration of observation before going to the clinic ranged from 3 to 10 years. The distribution of cases by the level of amputation and affected nerves is presented in Table 1.

Table 1

Distribution of patients by location, level of amputation, and number of affected nerves

	Amputation rate and number of cases		
	Thigh (hip)	Knee-joint	Leg
	3	1	39
Etiology of amputation:			
Injury	3		31
Mine-blast injury			6
Diabetes		1	
Tumors			2
Affected nerve	<i>n. ischiadicus</i> – 2 <i>n. femoralis</i> – 1	<i>n. tibialis</i> , <i>n. peroneus communis</i>	<i>n. tibialis</i> – 35 <i>n. peroneus superficialis</i> – 11 <i>n. saphenus</i> – 5

The characteristics of the main component of the pain syndrome in all cases corresponded to RLP (stump pain), which was caused by the presence of symptomatic neuromas. The level of pain was defined as severe (by the VAS [Visually Analog Scale] – 7.4; 5–9), which created problems with prosthetics and/or prevented the prosthesis using. Conservative treatment of pain was unsuccessful, which was crucial for the choice of surgical method. A total of 37 patients underwent from 2 to 7 surgeries after the first surgery (3.5 on average); all cases were traumatic ones. The lower limb prosthesis was used by 32 patients (74.4%); the level of prosthesis using (the ALAC [Artificial Limb and Appliance Centre, USA] scale) is shown in Table 3. RLP was combined with PLP in 8 cases; 35 patients felt PSs.

X-ray examination consisted of radiography of the stump in two projections; detailing the anatomy of the re-

sidual limb in 8 cases required CT, in 11 – MRI (2 – with intravenous contrast), and in 13 – ultrasound.

The method of surgery depended on the anatomical features of the residual limb, postoperative scars and neuromas location, as well as on the condition of the skin and bone of the stump. In all cases, a tourniquet was applied. In cases requiring reamputation, myo- or tenodesis were performed. Nerve treatment included neuroma exploration, epiperineural administration of 1% lidocaine solution, and nerve cutting more proximally to a level sufficient for the nerve stump location in the soft tissues outside the area of the future skin scar or in the area of the bony prominence.

The first bandaging was performed 24 hours after surgery and subsequently according to indications. Sutures were removed on the 14th day. In cases where only neurotomy was performed, the use of the prosthesis was allowed 4 weeks after surgery; after reamputation, stitch bandaging or elastic compression cover was applied during a month. Prosthetics or modification of the prosthesis socket was the next step.

Evaluation of treatment results was performed according to the following criteria: qualitative and quantitative dynamics of pain syndrome (clinical types of phantom limb, the level of pain according to the VAS), and the level of prosthesis using by the ALAC scale [11].

The ALAC scale:

- I Cosmetic only
- II Transfer only
- III Indoor walking*
- IV Outdoor walking*
- V Independent
- VI Normal

* items III and IV include the use of a stick, crutches, or walkers.

The difference between the average values was assessed using the two-sample t-test, where $p < 0.05$ was considered significant. Calculations was done using a software package Excel 16.

Results and Discussion

Primary wound healing occurred in 37 cases. Complications were represented by deep hematoma (3 cases),

marginal skin necrosis (2 cases), and tearing of *m. gastrocnemius* from the fixation point to the end of the tibia due to a fall on the stump (1 case). Hematoma was treated by drainage; there was a need for secondary sutures in 1 case. Marginal skin necrosis due to small size did not require surgery; healing and epithelialization occurred under the scab. In the case of detachment of the *m. gastrocnemius* from the fixation point to the end of the tibia, the refixation of the muscle-aponeurotic flap was performed.

During the first 3 days after surgery, patients suffered the pain caused by the intervention; PSs were in all cases. Medicamentous support included evening injections of opioids for 2 to 3 days and enteral or parenteral using of nonsteroidal anti-inflammatory medicines. Subsequently, the pain syndrome tended to decrease in intensity, which generally determined positive direct effect of surgery in 40 cases. In 2 cases where PLP had occurred before surgery (both cases were presented by TFA; these patients underwent resection of *n. ischiadicus* neuro- ma), the increasing of pain after the surgery was noted. The prolonged local bupivacaine block of *n. ischiadicus* was applied for reducing the pain.

The results of operative explorations showed a rather typical picture of massive fibrosis, which spread from the skin scar in the proximal direction in the form of an unstructured conglomerate. Identification of nerves was performed outside the fibrosis zone among the tissues with relatively preserved topography. Typical neuroma in the form of a bulbous extension of the nerve ending was observed in 10 cases (*n. peroneus superficialis*); *n. tibialis* was ligated together with the vascular bundle in 12 cases. In all other cases, the end of the severed nerve was lost in the dense scar, and the nerve trunk itself with dense thickened membranes gradually became normal in the proximal direction. In 1 patient with a stump of the thigh of medium length, *n. ischiadicus* restored relatively normal structure at the level of the buttock.

Long-term outcomes were observed in 35 patients over a period of 1 to 15 years. The dynamics of the distribution of clinical forms of phantom limb syndrome and the level of pain according to the VAS are presented in Table 2.

Long-term results indicate a significant reduction in the number of cases of pain associated with neuroma (almost

Table 2

Distribution of clinical forms of phantom limb syndrome and pain dynamics by terms of observation

Clinical form of phantom limb	Before surgery (n=43)	After 2 weeks (n=43)	After 6 months (n=40)	After 1 year and more (n=35)
RLP	43 (100%)	41 (95.3%)	19 (47.5%)	11 (31.4%)
PLP	8 (8.6%)	4 (9.3%)	5 (12.5%)	5 (14.3%)
PSs	35 (81.4%)	29 (67.4%)	25 (62.5%)	27 (77.1%)
Level of pain (VAS)	7.4±0.9* 5–9			3.2±0.6* 2–7

Note: * - $p < 0.05$ ($\alpha = 0.05$), two-sample t-test with different dispersions

by two thirds). Instead, the number of cases of PLP and PSS did not experience significant dynamics. Quantitative assessment of the level of pain before surgery (7.4) and 1 year after it (3.2) showed a significant difference between the mean values ($p < 0.05$), which also indicates a positive effect of surgical treatment.

The average time from the surgery to the beginning of the prosthesis using was 3 months. The dynamics of the level of the prosthesis using by the ALAC scale is presented in Table 3.

Table 3

Dynamics of the level of the prosthesis using (the ALAC scale)

The level of use of the prosthesis	Number of cases	
	Before the surgery	After the surgery
I	7	
II	4	
III	9	4
IV	19	10
V	4	15
VI		6
Total	43	35

As can be seen from the table, resection of symptomatic neuroma significantly improved the function of the residual lower extremity and the use of prostheses. Thus, the number of patients capable of independent locomotion (level V) increased more than 3 times. Six patients gained the possibility of locomotion that did not differ from normal (level VI).

The term neuroma (literally – traumatic tumor of the nerve) does not accurately reflect the morphological nature of this formation represented by non-tumor proliferation of the cutted proximal end of the peripheral nerve, which is formed within 1–12 months after amputation. Neuroma formation is a normal reparative process; several surgical manipulations during amputation should be done to prevent the neuroma-related pain. It is necessary to anesthetize the nerve with a local anesthetic and cut it with a fresh blade as proximally as possible, so that the contraction of the nerve ensures that its end is located outside the area of scarring of the skin and cutted muscles.

Neuroma-related pain is not always easy to differentiate from PLP due to a lack of clear topography in the study of the Tinnel-Hoffman phenomenon. In such cases, an injection of a local anesthetic into the affected area may be helpful. The possibilities of visualization methods are limited by the size of the neuroma – according to the literature, the detection of a neuroma on MRI is possible with its size of at least 1 cm [12, 13].

Phantom pain is a reaction of the nervous system to deafferentation associated with the loss of a limb that involves areas of the segmental and central levels. According to the literature, PLP occurs in about 85% cases of limb

amputations; it requires comprehensive treatment, which, however, has a temporary effect.

RLP or stump pain can be caused by a number of factors, such as dermatoses, osteophytes, maladapted prosthesis, and neuroma. Symptomatic neuroma is usually a neuroma fused to the postoperative scar. This is the cause of constant pain symptoms, which significantly reduces the functional properties of the stump and prevents the use of the prosthesis. In some cases, such symptomatic neuroma coexists with PLP and also increases the frequency, duration and severity of PLP.

The most significant influence on the reparative processes in the stump has the etiology and severity of the injury. Severe limb injury associated with high traumatic energy, which causes massive tissue damages far proximal from the level of amputation, determines the mosaic morphological changes of the residual limb. Thus, ischemically altered muscles and areas of traction damage to nerve trunks can be localized tens of centimeters proximal from the end of the stump. In some cases, these unidentified areas of the damaged nerve can be a source of pain in the residual limb. Diagnosis and treatment of such traction injury of the peripheral nerve is an extremely difficult and unresolved clinical task.

Symptomatic neuroma is treated by surgical intervention. The goal of the surgery is to cut the observed nerve so proximally that it is possible to ensure the formation of neuroma outside the area of the postoperative scar. In some cases, concomitant problems with the stump require reconstructive surgery, which needs a specialist familiar with this section of orthopedics.

Among several publications on the topic of surgical treatment of neuromas after amputations, the work of Sehirlıoglu A. et al. [10] should be noted. They reported the results of resections of symptomatic neuromas in 75 patients who underwent amputation of the lower limb after mine-blast injuries. The median follow-up was 2.8 years; all the patients were satisfied with the outcome and had no complaints. Unfortunately, we cannot boast of such excellent results. Among our patients, RLP dependent on neuroma was remained in one third, but its severity decreased significantly. This contributed to better prosthesis using, as detected by the positive dynamics for the ALAC scale (Table 3).

Conclusions

Symptomatic neuromas after amputations of the lower extremity significantly worsen the quality of life of the patient, require constant medical correction, and make the use of prostheses problematic. The most common cause of stump pain associated with neuroma is the severity of the primary injury, as well as mistakes in amputation. Diagnosis of symptomatic neuroma is simple and includes the study of the Tinnel-Hoffman phenomenon, and the identification of the concerned nerve. Surgical

method is the main treatment, which involves proximal neurotomy to remove the end of the cutted nerve proximal to the postoperative scar for further formation of asymptomatic neuroma. This surgical tactics help to reduce pain and increase the level of use of the prosthesis.

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. Buchheit T, Hsia HJ, Cooter M, Shortell C, Kent M, McDuffie M et al. The impact of surgical amputation and valproic acid on pain and functional trajectory: results from the Veterans Integrated Pain Evaluation Research (VIPER). Randomized, double-blinded placebo-controlled trial. *Pain Med.* 2019; 20(10):2004-2017. doi: 10.1093/pm/pnz067.
2. Owings MF, Kozak LJ. Ambulatory and inpatient procedures in the United States, 1996. *Vital Health Stat 13.* 1998; (139): 1-119. PMID: 9866429.
3. Dillingham T, Pezzin L, MacKenzie E. Limb amputation and limb deficiencies: epidemiology and recent trends in the United States. *South Med J.* 2002; 95:875-883. doi: 10.1097 / 00007611-200208000-00018.
4. Облітеруючі ангиопатії та розстройства трофіки стопи. Под редакцією професора А.П.Лябаха – К.: Стило, 2010. – С.137 – 138. Obliterative angiopathies and disturbances of foot trophic. Edited by professor A.P. Liabakh. Kyiv, Stylos. 2010:137-138. In Russian.

5. Jensen TS, Krebs B, Nielsen J, Rasmussen P. Phantom limb, phantom pain and stump pain in amputees during the first 6 months following limb amputation. *Pain.* 1983; 17(3):243-256.
6. Ehde DM, Czerniecki JM, Smith DG, Campbell KM, Edwards WT, Jensen MP, Robinson LR. Chronic phantom sensations, phantom pain, residual limb pain, and other regional pain after lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000; 81(8):1039-1044. doi: 10.1053 / apmr.2000.7583.
7. Vernadakis AJ, Koch H, Mackinnon SE. Management of neuromas. *Clin Plast Surg.* 2003; 30(2):247-68, vii. doi: 10.1016 / s0094-1298 (02) 00104-9.
8. Lewin-Kovalik J, Marcol W, Kotulska K, Mandera M, Klimczak A. Prevention and management of painful neuroma. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2006; 46(2):62-68. doi: 10.2176 / nmc.46.62.
9. Koch H, Haas F, Humber M, Rappl T, Scharnagl E. Treatment of painful neuroma by resection and nerve stump transplantation into a vein. *Ann Plast Surg.* 2003; 51:45-51. doi: 10.1097 / 01.SAP.0000054187.72439.57.
10. Schirlioglu A, Ozturk C, Yazicioglu K, Tugcu I, Yilmaz B, Goktepe AC. Painful neuroma requiring surgical excision after lower limb amputation caused by landmine explosions. *Int Orthop (SICOT).* 2009; 33:533-36. Doi: 10.1007 / s00264-007-0466-y.
11. Campbell WB, Johnston JAS, Kernick VFM, Rutter EA. Lower limb amputation: striking the balance. *Ann R Coll Surg Engl.* 1994; 76(2):205-209.
11. Donnal JF, Blinder RA, Coblenz CL, Moylan JA, Fitzpatrick KP. MR imaging of stump neuroma. *J Comput Assist Tomogr.* 1990; 14(4):656-657. PMID: 2120992.
12. Subedi N, Parmer V, Beardmore S, Jepson F, Ali SI. Multimodality imaging review of the post-amputation stump pain. *Br J Radiol;* 20160572. doi: 10.1259 / bjr.20160572.

Хірургічне лікування симптоматичних невром після ампутацій нижньої кінцівки

Лябах А.П., Лазаренко Г.М., Пятковський В.М.

ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

Резюме. Біль після ампутації є значною проблемою сучасної медицини. Цей біль формують три клінічні стани: фантомний біль (ФБ), фантомні відчуття (ФВ), біль у резидуальній кінцівці (БРК). ФБ та ФВ є патофізіологічними феноменами, що потребують комплексного консервативного лікування. БРК є локальним розладом, обумовленим невромом, надмірним рубцюванням, остеофітами та ін., що підлягає хірургічному лікуванню. **Мета.** Аналіз результатів хірургічного лікування пацієнтів із симптоматичними невромами після ампутації нижньої кінцівки (АНК). **Матеріали і методи.** До дослідження залучені 43 пацієнти із симптоматичними невромами через 3-10 років після АНК. Середній вік пацієнтів становив 33,9±3 роки; чоловіків було 40, жінок – 3. Причиною ампутації була травма (33 випадки), мінно-вибухове ушкодження (7 випадків), цукровий діабет (1 випадок), онкологія (2 випадки). Рівень ампутації був представлений стегном (3 випадки), колінним суглобом (1 випадок), гомілкою (39 випадків). Інтенсивність болю визначали за ВАШ, використання протезу – за шкалою ALAC (Artificial Limb and Appliance Centre, США). **Результати.** БРК відмічений у 43 пацієнтів (100%), ФБ – у 8 (8,6%), ФВ – у 35 (81,4%). 32 пацієнти (74,4%) використовували протез, але 11 із них користувались протезом для косметики або транспортування (рівні I та II за шкалою ALAC). Ускладнення після операції були представлені гематомою (3 випадки), крайовим некрозом шкіри (2 випадки), відривом т. gastrocnemius від великогомілкової кістки після падіння на куксу (1 випадок). Результати оцінені у 35 пацієнтів у строки 1-15 років. Вираженість болю зменшилась із 7,4±0,9 до 3,2±0,6 (p<0,05; двовибірковий t-тест). Кількість випадків БРК зменшилась до 11 (31,4%), зате кількість випадків ФБ та ФВ не

заявила суттєвої динаміки (ФБ – 5 випадків або 14,3%; ФВ – 27 випадків або 77,1%). Користування протезом виросло до 100% за рахунок функціональності (III-VI рівні за шкалою ALAC). **Висновок.** Хірургічний метод є основним під час лікування симптоматичних невром після АНК. Операція повинна передбачати проксимальну невротомію та, за необхідності, реампутацію та реконструкцію кукси. Такий підхід забезпечує зменшення болю та покращує функціональну здатність осіб із АНК.

Ключові слова: біль; біль у резидуальній кінцівці; ампутація нижньої кінцівки; хірургія.

Хирургическое лечение симптоматических невром после ампутаций нижней конечности

Лябах А.П., Лазаренко Г.Н., Пятковский В.М.

ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

Резюме. Боль после ампутации представляет существенную проблему для современной медицины. Эту боль формируют три клинических состояния: фантомная боль (ФБ), фантомные ощущения (ФО), боль в резидуальной конечности (БРК). ФБ и ФО являются патофизиологическими феноменами, требующими комплексного консервативного лечения. БРК является локальным расстройством, обусловленным невромой, чрезмерным рубцеванием, остеофитами и пр., что подлежит хирургическому лечению. **Цель.** Анализ результатов хирургического лечения пациентов с симптоматическими невромами после ампутаций нижней конечности (АНК). **Материалы и методы.** В исследование вошли 43 пациента с симптоматическими невромами через 3-10 лет после АНК. Средний возраст пациентов составил $33,9 \pm 3$ года; мужчин было 40, женщин – 3. Причиной ампутаций была травма (33 случая), минно-взрывная травма (7 случаев), сахарный диабет (1 случай), онкология (2 случая). Уровень ампутации был представлен бедром (3 случая), коленным суставом (1 случай), голенью (39 случаев). Интенсивность боли определяли по ВАШ, использование протеза – по шкале ALAC (Artificial Limb and Appliance Centre, США). **Результаты.** БРК отмечена у 43 пациентов (100%), ФБ – у 8 (8,6%), ФО – у 35 (81,4%). 32 пациента (74,4%) использовали протез, но 11 из них пользовались протезом для косметики или транспортирования (уровни I и II по шкале ALAC). Осложнения после операции были представлены гематомой (3 случая), краевым некрозом кожи (2 случая), отрывом т. gastrocnemius от большеберцовой кости после падения на культю (1 случай). Результаты оценены у 35 пациентов в сроки 1-15 лет. Выраженность боли уменьшилась от $7,4 \pm 0,9$ до $3,2 \pm 0,6$ ($p < 0,05$; двухвыборочный t-тест). Количество случаев БРК уменьшилось до 11 (31,4%), однако количество случаев ФБ и ФО не претерпело существенной динамики (ФБ – 5 случаев или 14,3%; ФО – 27 случаев или 77,1%). Использование протеза возросло 100% за счет функциональности (III-VI уровни по шкале ALAC). **Выводы.** Хирургический метод является основным при лечении симптоматических невром после АНК. Операция должна предполагать проксимальную невротомію и, при необходимости, реампутацію и реконструкцію культи. Такой подход обеспечивает уменьшение боли и улучшает функциональную способность лиц с АНК.

Ключевые слова: боль; боль в резидуальной конечности; ампутація нижньої кінцівки; хірургія.

Відомості про авторів:

Лябах Андрій Петрович – доктор медичних наук, професор, завідувач відділу патології стопи та складного протезування ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. ORCID: 0000 0001 5734 2392.

Лазаренко Галина Миколаївна – кандидат медичних наук, співробітник відділу патології стопи та складного протезування ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна.

Пятковский Володимир Михайлович – кандидат медичних наук, співробітник відділу патології стопи та складного протезування ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна.

Information about authors:

Liabakh Andrii Petrovych – D.Med.Sc., professor, head of the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. ORCID: 0000 0001 5734 2392.

Lazarenko Halyna Mykolaivna – Ph.D. in Medicine, the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine.

Piatkovskiy Volodymyr Mykhailovych – Ph.D. in Medicine, the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine.

Сведения об авторах:

Лябах Андрей Петрович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. ORCID: 0000 0001 5734 2392.

Лазаренко Галина Николаевна – кандидат медицинских наук, сотрудник отдела патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина.

Пятковский Владимир Михайлович – кандидат медицинских наук, сотрудник отдела патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина.

Для кореспонденції: Лябах Андрій Петрович, доктор медичних наук, професор, завідувач відділу патології стопи та складного протезування ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(097)9010364. E-mail: anliabakh@gmail.com.

For correspondence: Liabakh Andrii P., D.Med.Sc., professor, head of the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(097)9010364. E-mail: anliabakh@gmail.com.

Для корреспонденции: Лябах Андрей Петрович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(097)9010364. E-mail: anliabakh@gmail.com.

УДК: 616.728.3-018.38-001.5-089.844(048.83)(091)

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-17-25

ACL Reconstruction: Problems, History and Future. Part 1

Zazirnyi I.M.¹, Kostrub O.O.²

¹*Clinical Hospital “Feofaniya” of the Agency of State Affairs, Kyiv*

²*SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, Kyiv*

Summary. *Damage to the anterior cruciate ligament (ACL) of the knee joint is a common injury in sports medicine. Before advances in arthroscopy and surgical techniques, an ACL damage was considered a career ending injury for many athletes. Since the 1990s, there has been a rapid*

Information about authors:

Liabakh Andrii Petrovych – D.Med.Sc., professor, head of the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. ORCID: 0000 0001 5734 2392.

Lazarenko Halyna Mykolaivna – Ph.D. in Medicine, the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine.

Piatkovskiy Volodymyr Mykhailovych – Ph.D. in Medicine, the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine.

Сведения об авторах:

Лябах Андрей Петрович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. ORCID: 0000 0001 5734 2392.

Лазаренко Галина Николаевна – кандидат медицинских наук, сотрудник отдела патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина.

Пятковский Владимир Михайлович – кандидат медицинских наук, сотрудник отдела патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина.

Для кореспонденції: Лябах Андрій Петрович, доктор медичних наук, професор, завідувач відділу патології стопи та складного протезування ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(097)9010364. E-mail: anliabakh@gmail.com.

For correspondence: Liabakh Andrii P., D.Med.Sc., professor, head of the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(097)9010364. E-mail: anliabakh@gmail.com.

Для корреспонденции: Лябах Андрей Петрович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом патологии стопы и сложного протезирования ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(097)9010364. E-mail: anliabakh@gmail.com.

УДК: 616.728.3-018.38-001.5-089.844(048.83)(091)

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-17-25

ACL Reconstruction: Problems, History and Future. Part 1

Zazirnyi I.M.¹, Kostrub O.O.²

¹Clinical Hospital “Feofaniya” of the Agency of State Affairs, Kyiv

²SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, Kyiv

Summary. *Damage to the anterior cruciate ligament (ACL) of the knee joint is a common injury in sports medicine. Before advances in arthroscopy and surgical techniques, an ACL damage was considered a career ending injury for many athletes. Since the 1990s, there has been a rapid*

development of arthroscopic surgery for ACL and continuous improvement of these techniques. Today's athletes can expect a pre-injury level of stability and function after an ACL reconstruction. Modern surgical interventions have come a long way, having studied both the successes and failures of previous surgical techniques. In the United States, an ACL damage is diagnosed annually from 100,000 to 200,000 cases, making this the most common ligament injury [9, 10]. This number continues to increase in both the general population and in individuals who play sports. Football players sustain the greatest number of ACL injuries (53% of the total), with skiers and gymnasts also at high risk. The history of ACL reconstruction can be traced as far back as the Egyptians times. Research and innovation are constantly evolving, and this leads to improved clinical results. The knowledge of the evolution of ACL reconstruction is invaluable to those who continue to try to improve the outcomes of the procedure and reduce the risks of repeating mistakes of the past.

Key words: ACL; reconstruction; anatomy; biomechanics; arthroscopy.

Introduction

Damage to the ACL of the knee joint is a common injury in sports medicine. Before advances in arthroscopy and surgical techniques, an ACL damage was considered a career ending injury for many athletes. Since the 1990s, there has been a rapid development of arthroscopic surgery for ACL and continuous improvement of these techniques. Today's athletes can expect a pre-injury level of stability and function after an ACL reconstruction. Modern surgical interventions have come a long way, having studied both the successes and failures of previous surgical techniques. An ACL injury is one of the most commonly seen injuries in sport and has a devastating influence on activity levels of patients and quality of life.

ACL injuries account for anywhere between 25 and 50% of ligamentous knee injuries [1] and pose unique clinical problems because of their poor capacity to undergo biological healing due to the local intra-articular conditions.

Gottlob et al. [2] estimated that approximately 175,000 primary ACL reconstruction surgeries were performed annually in the USA with an estimated cost of over US \$2 billion. Complete ACL rupture can induce other pathological knee conditions including knee instability, damage to menisci and the chondral surface, and osteoarthritis. Studies have repeatedly shown that patients with complete ACL rupture have chronic knee instability and secondary damage to menisci and chondral surfaces [3].

Approximately 70% of ACL injuries are noncontact injuries, and the remaining 30% are contact injuries [4]. A deceleration event and a sudden change in direction with a planted foot (i.e. cutting maneuver) is the most common mechanism of non-contact ACL injury [5].

ACL injuries that occur without physical contact between athletes, are referred to as non-contact ACL injuries, and occur through a non-contact mechanism of injury in sports in which sudden deceleration, landing and pivoting maneuvers are repeatedly performed [6].

Female athletes had a higher incidence of ACL injuries compared with their male counterparts. Studies have

shown that the incidence in female athletes is two to eight times higher than in males in soccer, basketball, and volleyball [7, 8].

In the United States, an ACL damage is diagnosed annually from 100,000 to 200,000 cases, making this the most common ligament injury [9, 10]. This number continues to increase in both the general population and in individuals who play sports. Football players receive the greatest number of ACL injuries (53% of the total); skiers and gymnasts are also at high risk [11].

Anatomy

The ACL is attached medially to the anterior intercondylar area of the tibia, partially connecting to the anterior horn of the lateral meniscus; it ascends posterolaterally, twisting on itself and fanning out to attach to the posteromedial surface of the lateral femoral condyle. It is anterolateral to the posterior cruciate ligament [12].

It is suggested that the ACL can be divided into two functional and anatomic separate bundles: the anteromedial (AM) and the posterolateral (PL) bundles. This classification is based on their tibial insertion sites, and this division can be achieved by the varying orientation and tensioning patterns of the fibers during knee range of motion [13, 14].

Cruciate ligaments consist of a highly organized collagen matrix, which accounts for approximately three fourths of their dry weight. Collagen type I (90%), type III (10%). In the ACL, the collagen is organized into multiple fiber bundles 20 µm that are grouped into groups 20–400 µm in diameter. Occasional fibroblasts and other substances, such as elastin (5%) and proteoglycans (1%), compose dry weight. Water makes 60% of the net weight under physiologic conditions. At the microscopic level, ligament and tendon insertions into bone have a distinct structure consisting of collagen fibrils directly continuous with fibrils within the bone. A calcified facade, similar to that seen between osteoid and mineralized bone, can be distinguished.

The cruciate ligaments are named for their attachments on the tibia and are important to the function of the knee joint. The cruciate ligaments stabilize the knee joint and prevent anteroposterior displacement of the tibia on the femur. The existence of many sensory endings also implies a proprioceptive function. These ligaments are intra-articular; however, because they are covered by synovium, they are considered extrasynovial. They receive their blood supply from branches of the middle genicular and both inferior genicular arteries [15].

The ACL originates from the medial surface of the lateral femoral condyle posteriorly in the intercondylar notch in the form of the segment of a circle. The anterior side of the attachment is nearly straight, and the posterior side is convex. The ligament courses anteriorly, distally, and medially toward the tibia. Over the length of its course, the fibers of the ligament undergo slight external rotation. The average length of the ligament is 38 mm and the average width 11 mm. About 10 mm beneath the femoral attachment, the ligament stands out, as it proceeds distally to the tibial attachment, which is a wide, depressed area localized anterior and lateral to the medial tibial tubercle in the intercondylar fossa. The tibial attachment is oriented in an oblique direction and is wider than the femoral attachment. There is a well-marked slip to the anterior horn of the lateral meniscus [15]. In summary, proximal to distal, the anatomic centrum of the ACL femoral footprint, as a whole, is 43% of the distance from the proximal articular cartilage margin to the distal articular margin. Such a line can be identified and quantitated arthroscopically [16].

On MRI, the ACL is best visualized on sagittal images. Because of its oblique course, the ACL should routinely be imaged on two or three sagittal sections. A normal ACL has a relatively low signal, but toward the distal insertion, the ACL may appear linear. The specificity of the examination is higher in the sagittal level compared to that in the coronal level, and it is better imaged in the T2 sequence. A rupture in the fibers or a soft tissue mass in the notch with high-signal characteristics resulting from edema and hemorrhage indicates an ACL tear. Partial ACL tears may be imaged by increased signal, thickening or redundancy in the ligament. However, accurate diagnosis of partial injuries remains challenging. Arthroscopic evaluation of the ACL remains the gold standard for assessing suspected partial and complete tears [14, 15].

Biomechanics

The ACL is the main static stabilizer against anterior translation of the tibia on the femur and accounts for up to 86% of the total force resisting anterior draw. At different stages of knee motion, distinct parts of the ACL appear to differently stabilize the knee joint. Clinical studies have not revealed distinct bundles, so that the bundles seem to be more functional, rather than anatomical structures. The anteromedial bundle becomes strained at 90 de-

grees of flexion, and the posterolateral bundle becomes strained as full extension of the knee joint is approached. The ACL also plays a lesser role in resisting internal and external rotation. The maximum tensile strength of the ACL is approximately 1.725 ± 270 N, which is less than the maximum force that occurs in vigorous athletic activities. Stability is enhanced by dynamic stabilizers, such as the muscles that apply a force across the knee joint. For the muscles to aid in protective stabilization of the knee, effective proprioceptive feedback regarding joint position is crucial. It appears that the ACL plays an important proprioceptive function because a variety of mechanoreceptors and free nerve endings have been identified. In humans with ACL-deficient knees, a significantly higher threshold for detecting passive motion of the involved knee has been suggested. The afferent and efferent signals concerning the ACL are carried by branches of the posterior tibial nerve [14].

These complex anatomies make the ACL particularly efficient for limiting excessive anterior tibial translation as well as axial tibial and valgus knee rotations. Laboratory studies have determined load-elongation curve of a bone-ligament-bone complex by a uniaxial tensile test. The stiffness and ultimate loads are appropriate to represent the structural properties. In the same test, a stress-strain relationship can also be obtained, from which the modulus, tensile strength, ultimate strain, and strain energy density can be measured to represent the mechanical properties [15].

The ultimate aim of an ACL reconstruction is to restore the function of the intact ACL. Laboratory studies on human cadaveric knee designed to test the effectiveness of an ACL reconstruction under clinical maneuvers, that is, anterior drawer and Lachman test, reveal that most of the current reconstruction procedures are satisfactory during anterior tibial loads. However, they fail to restore both the kinematics and the *in situ* forces in the ACL under rotatory loads and muscle loads [14, 15, 17, 19].

The Early Years History

The cruciate ligaments have been known about since old Egyptian times, and their anatomy was described in the famous Smith Papyrus (3000 BC). Hippocrates (460–370 BC) also mentioned the subluxation of the knee joint with ligament pathology, but Claudius Galen, a Greek physician in the Roman Empire, was the first to describe the true nature of the ACL.

Prior to Galen's description, it was believed that the cruciate ligaments were part of the nervous system, but Galen was the first to describe the ACL as being a structure that supports the joint and prevents abnormal knee motion. He called the cruciate ligaments *genu cruciata*, but he did not describe in detail their function [19].

In 1836, the Weber brothers from Goettingen in Germany noted an abnormal anterior-posterior movement of the tibia after transection of the ACL. They also described

the roll and glide mechanism of the knee and the tension pattern of the different bundles of the cruciate ligaments and, to our knowledge, were the first to describe that each bundle of the ACL was tensioned in different degrees of flexion of the knee joint [19].

In 1845, Amade Bonnet (1809–1858) of Lyon, France, published his first cadaveric studies for the mechanism of knee ligament injuries in his treatise on the treatment of joint diseases. The first recorded description of rupture of the ACL, however, was done by Stark in 1850 [19].

In 1875, the Greek Georgios C. Noulis [6] described the technique of the Lachman test for the first time. He wrote: “Fix the thigh with one hand, while with the other hand hold the lower leg just below the knee with the thumb in front and the fingers behind. Then, try to shift the tibia forward and backward. When only the anterior cruciate ligament is transected, this forward movement is seen when the knee is barely flexed, whereas a backward movement is noted in 110 degrees of flexion when the posterior cruciate ligament is transected.” His 110 degrees of flexion would translate into 70 degrees of flexion today, since at that time they used 180 degrees as full extension.

In 1879, Paul Segond described an avulsion fracture of the anterolateral margin of the *tibial plateau*. This is routinely associated with an ACL disruption. This fracture is now known universally as the Segond fracture and is considered pathognomonic for an ACL tears.

In 1900, Battle first reported an ACL repair. It was done two years earlier during treatment for dislocation of the knee. The results were satisfactory. No further description was made [19]. Battle published the first report and Mayo-Robson performed the first repair.

In 1903, he reported the repair of both cruciate ligaments of the knee in a 41-year-old miner. A diagnosis of rupture of the anterior and posterior cruciate ligaments was made. Further arthrotomy revealed that the ligaments had been avulsed from their femoral attachments, and they were duly repaired with catgut sutures. After some weeks of cast immobilisation, the knee was allowed to move; six years postoperatively, the patient reported the knee to be “perfectly strong” [9].

Mayo-Robson felt that this case should be published and that surgical repair was both “feasible and hopeful.” Yet later in 1903, Fritz Lange of Munich attempted to replace an ACL using braided silk attached to the semitendinosus as a ligament substitute. This ultimately failed. The importance of the ACL was recognized by Fick as early as 1911 [20].

In 1913, Goetjes produced a detailed study of ruptures of the cruciate ligaments. He discussed ligament function and mechanisms of rupture, as determined by cadaver studies. He advocated repair for the acute injury and conservative treatment for chronic ruptures. By 1916, Jones had remarked that stitching the ligaments is absolutely futile: “Natural cicatricial tissue is the only reliable means of

repair.” Jones’ early observation was confirmed 60 years later by Feagin and Curl [21] when they published their long-term follow-up of West Point cadets who had had ACL repair during their college years.

They concluded: “Long-term follow-up evaluations do not justify the hope that anatomic repositioning of the residual ligament would result in healing”. Such views led to a trend away from primary ACL repair (without augmentation) and instead towards the concept of immediate reconstruction of the ACL.

Autologous Fascia Lata and Meniscal Grafts

In 1912, K. H. Giertz operated on a 13-year-old girl with a totally unstable knee. She had septic arthritis of her knee when she was one year old. First, he corrected the fixed flexion deformity of 45 degrees by an osteotomy. Two weeks later, he stabilised the knee with free transplanted strips of *fascia lata*, sutured on the medial side to the medial femoral epicondyle and to the tibial tubercle, and on the lateral side from the lateral epicondyle to the fibular head. Postoperatively, the girl was asymptomatic and did not attend for follow-up for 6 months. For all practical purposes the knee was stable [13].

In 1917, Hey Groves published a short case report on reconstruction of the ACL [22]. He detached a strip of *fascia lata* from its insertion and directed it through a tunnel in the tibia. In the following year (1918), Smith published a paper reporting on nine cases he had treated with Hey Groves’ technique. Smith was critical of the incomplete nature of the construct, which failed to strengthen the medial collateral ligament. One year later, Hey Groves presented fourteen further cases in which he modified his technique by leaving the graft attached to the tibia and detaching it superiorly, following the same route as in the previous cases. In 1920, Hey Groves was the first to state clearly that flexion and extension of the knee affect tension within the ACL [22].

The Hamstring Graft

In 1934, the Italian orthopedic surgeon Riccardo Galeazzi described a technique for the ACL reconstruction using the semitendinosus tendon. The tendon was released from its musculotendinous junction and placed intraarticularly through a 5 mm diameter bone tunnel drilled in the tibial epiphysis and a tunnel drilled through the lateral femoral condyle, where it was fixed to the periosteum. Galeazzi used three incisions: one for harvesting of the semitendinosus tendon, another for arthrotomy, and a third laterally for fixation. He used a cast for 4 weeks and partially weight bearing for 6 weeks. He reported on three cases. One patient, operated on in 1932, had a follow-up of 18 months, and the final outcome was a stable knee with full extension and only a mild reduction of flexion. Galeazzi was the first that ever published the usage of hamstrings tendon autograft in an ACL reconstruction.

In 1939 Macey reported on using the semitendinosus tendon for the reconstruction of the ACL. Only the tendinous portion of the semitendinosus muscle was harvested. During harvesting, Macey stopped short of the musculotendinous junction and attached the graft with the knee held in full extension. For many years it was believed that Macey was the first one to ever use hamstrings in an ACL reconstruction. The Orthopedic community had failed to take into consideration Galeazzi's publication 5 years earlier [19].

In 1950, Lindemann used the semitendinosus tendon as dynamic stabilizer of ACL deficient knees. Augustine reported a similar procedure [23]. In 1974, McMaster et al. used the gracilis tendon alone [24]. It was left attached distally, pulled through the tibial and femoral tunnels, and fixed to the lateral condyle using a staple.

Patellar Tendon Grafts

In 1935, Campbell reported the first use of a tibia-based graft of the medial one third of the patellar tendon, the prepatellar retinaculum, and a portion of the quadriceps tendon [25].

Campbell's technique involved the drilling of two tunnels, one in the tibia and one in the femur. The graft was sutured to the periosteum at the proximal end of the femoral tunnel. The procedure did not achieve widespread approval immediately. It was reintroduced by MacIntosh a few years later.

In 1944, Abbott noted that, in the absence of a fracture, examination of the knee joint was all too often superficial and cursory, with many ligamentous injury patterns grouped together as "internal derangements of the knee" and treated inadequately [26]. He advised that to avoid the later development of a painful, unstable joint with recurrent effusions, subsequent arthritic changes, and the attendant permanent disability, "a far greater precision in diagnosis and therapy is a necessity in a joint of such manifold complexity".

Bone-Patellar Tendon-Bone Grafts

In 1963, Jones published a new surgical technique for the reconstruction of an irreparably damaged ACL [27]. Jones commented that while the need for surgical reconstruction of an irreparably torn ACL had long been appreciated, there was a need for a satisfactory technique to address the problem. The technique described was considered simpler and more "nearly physiological" than previous techniques. Jones described his technique as having the greatest application to old injuries, whilst suggesting that surgical repair was still the procedure of choice for acute injuries. The Jones' procedure uses a medial parapatellar incision extending from one inch distal to

the patella to just distal to the tibial tubercle. After drilling of a femoral tunnel, the middle third of the patellar tendon is incised throughout its length, with the incisions continuing proximally across the patella and

into the quadriceps tendon. A saw is then used to cut a triangular block of bone from the superficial cortex of the patella in line with the longitudinal incisions. The articular surface of the patella is not breached. In this manner, a graft consisting of a bone block from the patella and the central one third of the patellar tendon is created, which is still in continuity with the tibia through the tibial insertion of the patellar tendon. This graft is then passed through the femoral tunnel, embedding the patellar component of the graft within the femoral tunnel, when pulled taut patellar tendon and the skin incision are then closed. Jones reported on 11 patients who underwent this procedure with excellent clinical outcomes.

Criticism of the technique centered around the fact that because the graft was so short, the femoral tunnel had to be drilled at the anterior margin of the notch and not at the insertion of the native ACL. However, the technique was simple and caused minimal surgical trauma, and so gained widespread acceptance.

Bruckner described a similar technique in 1966, using the medial one third of the patellar tendon [28]. The graft, harvested with a patellar bone block, was left attached to the tibia and then passed through a tibial tunnel, giving the graft more working length than in Jones' technique. After being passed through the joint, the graft was then placed in a socket in the femur and secured to the lateral aspect of the lateral femoral condyle of the femur with sutures passing through a button.

By 1969, Franke had further developed the techniques described by Jones and Bruckner. Franke pioneered the use of free bone-patellar tendon-bone graft consisting of one quarter of the patellar tendon with blocks of bone derived from the patella and proximal tibia at opposite ends of the graft [29]. His graft was fixed with a wedge-like piece of bone anchored in the tibial plateau and a shell-like piece of bone implanted into the femoral condyle. Although very similar to the Jones and Bruckner techniques, this was the first description of a free graft used in this manner.

In 1979, Marshall et al. also used the central third of the patellar tendon but left it distally attached, and they added for length a strip of the quadriceps tendon, which was secured in the over-the-top position to the lateral condyle [30].

By the 1990s, the technique of using a free bone-patellar tendon-bone graft harvested from the central one third of the patella became the "Gold Standard" of treatment. This technique was broadly termed the Jones Procedure in reference to the pioneering work done by Kenneth Jones in the 1960s [27]. It was popular because it was relatively simple and because it yielded consistently good results. During this period, researchers devised the metal interference screw as a form of tibial and femoral graft fixation. Bioabsorbable interference screws soon followed.

Synthetic Grafts

Benson suggested the potential biological and biomechanical significance of pure carbon in 1971 [31]. During the 1970s and early 1980s, a group from Cardiff experimented extensively with the use of carbon implants as an agent for the induction of new tendon synthesis in animal models [32]. Jenkins argued that "since a high proportion of the tissues of living organisms is composed of carbon compounds, it would not perhaps be surprising that implants of the pure element should be well tolerated by these tissues" [32]. Initial results were promising with new tendon being formed around the carbon grafts at three months after implantation and no obvious clinical dysfunction in an ovine model [32]. Jenkins et al. concluded that filamentous carbon is accepted in living tissues with virtually no adverse reaction and that it can be used to induce the formation of new tendon or ligament with a physical strength equal to that of the normal structure [32]. The implants were extremely well tolerated in the ovine model with regard to foreign body response, and this encouraged the Cardiff group to progress to clinical trials in the human lower limb [33]. This study included two ACL reconstructions in isolation and thirty-one combined knee ligament procedures. The two ACL reconstructions were reviewed yearly postoperatively (maximum three years), and both reported a significant improvement in the function of their knees. The only complication documented in this preliminary report was of sinus formation overlying graft material in two ankles where the graft was considered too superficial. No complications were reported in the knee group.

In 1983, Rushton et al. reported the clinical, arthroscopic, and histological findings in ten knees that had undergone an ACL reconstruction using a carbon-fibre graft [34]. Carbon-fibre ACL grafts had been implanted into thirty-nine patients; ten patients had experienced pain and discomfort postoperatively. All ten patients had synovitis with evidence of carbon fibre in the joint. Occasionally, the fibre stained the articular surface and menisci. The femoral notch of some patients contained inflamed synovium. Such synovium was stained black. In some patients a "new ligament" appeared to have formed, but gentle probing with a blunt hook revealed this to be a thin, fibrous sheath covering unchanged carbon-fibre graft. Histologically two patients demonstrated a fibroblastic response to the carbon fibre. Five patients showed evidence of chronic synovial inflammation, and papillary proliferation of the synovium was present in all ten knees. A mild foreign-body giant-cell reaction to the carbon-fibre filaments and hemosiderin was seen in surface cells of the synovium, in macrophages, and around some fragments of carbon fibre. Other complications included ulceration of the skin over subcutaneous carbon-fibre knots used to secure the graft, similar to the findings of the Jenkins study three years earlier [33].

The Use of an Allograft

During the 1980s, a remarkable interest developed in the use of allograft tissue for an ACL reconstruction. The first experimental published studies concerning the mechanical, biological, and functional properties [35–37] were compensatory, and this led sports medicine surgeons to adopt allografts in an ACL reconstruction in humans.

In 1983, Webster and Werner conducted a study on dogs where they harvested flexor tendons from the forepaws and hind-paws of mongrel dogs [35]. These tendons were freeze-dried and then thawed, rehydrated, and implanted in recipient dogs as an ACL substitute graft. The purpose of the study was to ascertain whether or not freeze-dried grafts functioned as well as autografts over time. The use of allografts in theory would decrease the surgical morbidity associated with autograft harvest and would also allow for more precise graft size, shape, and quantity to be implanted than would an autograft. Webster and Werner reported preliminary results similar to those for patellar tendon graft for graft strength and similar to normal the ACL for mode of failure.

In 1985, Curtis et al. reported on a similar study, where freeze-dried fascia lata grafts were implanted in dogs as an ACL substitute graft [36]. All grafts were found to be intact at sacrifice with no overt evidence of biological incompatibility. The knees displayed only mild instability to clinical testing without evidence of arthrosis. Histologically, the grafts appeared to function as collagenous scaffolding for revascularization and fibrovascular creeping substitution. Shino et al. echoed these findings. They found no significant differences between the mechanical properties of allografts and autografts and also reported no evidence of implant rejection.

In 1986, Nikolaou et al. seemed so sure of the future of freeze-dried allografts that they attempted to design and implement an experimental model for testing the feasibility of cryopreserved an ACL allotransplantation. Groups of dogs were used to evaluate the effect of cryopreservation on ligament strength and to compare the relative performance of both autograft and allograft ACL transplants up to 18 months after implantation. The ligaments were examined mechanically, histologically, and microangiographically. They reported that the cryopreservation process and duration of storage had no effect on the biomechanical or structural properties of the ligament. The mechanical integrity of the allografts was similar to that of the autografts, with both achieving nearly 90% of control ligament strength by 36 weeks.

Revascularization approached normal by 24 weeks in both autograft and allograft. No evidence of structural degradation or immunological reaction was seen. Based on these results, Nikolaou et al. believed that a cryopreserved ACL allograft could provide the ideal material for an ACL reconstruction and so outlined a surgical technique for harvesting and implanting this graft clinically.

In 1987, Jackson et al. reported disappointing results of implanted freeze-dried bone-ACL-bone graft in goats [37].

By 1991, however, the same group reported much better results in a similar trial whereby the graft material was frozen *in situ* and then subjected to a freeze-thaw process whereby the graft material was devitalized and devascularized prior to harvesting [38]. This resulted in a significant increase in graft strength and a decrease in knee laxity at six weeks and six months. The authors deduced that the loss of strength seen in allografts postoperatively was not a result of the freezing and revascularization process, but rather the consequence of improper orientation and tensioning of the graft. They concluded that techniques of implantation that precisely provide proper orientation and tensioning of the graft might minimize the loss of strength.

During the 1980s, techniques for arthroscopic ACL reconstruction were becoming increasingly popular. There were two distinct schools of thought with regard to this. Some surgeons preferred the outside-in method, where the ligament is routed into the joint through a femoral tunnel [39, 39]. Yet other surgeons preferred the inside-out technique, where the ligament is routed from inside the joint into a femoral socket [41]. Despite the differing techniques, the 1980s were a time when arthroscopic ACL reconstruction became popularized, leading to a much better understanding of the ligament and its sites of attachment.

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. Risberg MA, Lewek M, Snyder-Mackler L (2004) A systematic review of evidence for anterior cruciate ligament rehabilitation: how much and what type? *Phys Ther Sport* 5:125–145. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2004.02.003>.
2. Gottlob CA, Baker CL Jr, Pellissier JM, et al. Cost effectiveness of anterior cruciate ligament reconstruction in young adults. *Clin Orthop Relat Res* 1999;(367):272–82.
3. Irvine GB, Glasgow MM. The natural history of the meniscus in anterior cruciate insufficiency. *Arthroscopic analysis. J Bone Joint Surg Br* 1992;74(3):403–5.
4. Hewett TE, Myer GD, Ford KR: Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1. Mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med* 2006; 34(2): 299–311.
5. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, et al: Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med* 2008;42(6):394-412.
6. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 2000;23:573–8.
7. Harmon KG, Ireland ML. Gender differences in non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med* 2000;19(2):287–302.
8. Huston LJ, Greenfield ML, Wojtys EM. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. Potential risk factors. *Clin Orthop Relat Res* 2000;(372):50–63.
9. Buoncristiani AM, Tjoumakaris FP, Starman JS, et al. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2006;22: 1000–1006.
10. Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, et al. Arthroscopic anterior cruciate Ligament reconstruction: a meta-analysis comparing patellar tendon and hamstring autografts. *Am J Sports Med* 2003; 31:2–11.
11. Pujol N, Bianchi MP, Chambat P. The incidence of anterior cruciate ligament injuries among competitive alpine skiers: a 25-year investigation. *Am J Sports Med* 2007;35:1070–1074.
12. Arnoczky SP (1983) Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res* 172:19–25.
13. Buoncristiani AM, Tjoumakaris FP, Starman JS, Ferretti M, Fu FH (2006) Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 22(9):1000–1006.
14. Reidler B, Marshall JL, Koslin B et al (1981) The anterior aspect of the knee joint: an anatomical study. *J Bone Joint Surg Am* 63:351
15. Woo SL, Wu C, Dede O, Vercillo F, Noorani S (2006) Biomechanics and anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Surg Res* 1:2.
16. Piefer JW, Pflugner TR, Michael D, Hwang MD, Lubowitz JH (2012) Anterior Cruciate ligament femoral footprint anatomy: systematic review of the 21st century literature. *J Arthrosc Relat Surg* (article in press).
17. Woo SL, Gomez MA, Seguchi Y, Endo CM, Akeson WH (1983) Measurement of mechanical properties of ligament substance from a bone-ligament-bone preparation. *J Orthop Res* 1:22–29.
18. Tallay A, Lim MH, Bartlett J (2008) Anatomical study of the human anterior cruciate ligament stump's tibial insertion footprint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16:741–746.
19. G. A. Snook, "A short history of the anterior cruciate ligament and the treatment of tears," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 172, pp. 11–13, 1983.
20. H. E. Cabaud, "Biomechanics of the anterior cruciate ligament," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 172, pp. 26–31, 1983.
21. J. A. Feagin Jr., W. W. Curl "Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5 year follow up study," *American Journal of Sports Medicine*, vol. 4, no. 3, pp. 95–100, 1976.
22. "The classic. Operation for repair of the crucial ligaments Ernest W. Hey Groves, MD., F.R.C.S.," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 147, pp. 4–6, 1980.
23. R. W. Augustine, "The unstable knee," *The American Journal of Surgery*, vol. 92, no.3, pp. 380–388, 1956.
24. J. H. McMaster, C. R. Weinert Jr., P. Scranton Jr., "Diagnosis and management of isolated anterior cruciate ligament tears: a preliminary report on reconstruction with the gracilis tendon," *Journal of Trauma*, vol. 14, no. 3, pp. 230–235, 1974.
25. W. Campbell, "Repair of the ligaments of the knee: report of a new operation for the repair of the anterior cruciate ligament," *Surgery, Gynecology & Obstetrics*, vol. 62, pp. 964–968, 1936.
26. L. C. Abbott, J. B. M. Saunders, F. C. Bost, and C. E. Anderson, "Injuries to the ligaments of the knee joints," *The Journal of Bone and Joint Surgery. American*, vol. 26, pp. 503–521, 1944.
27. K. G. Jones, "Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the central one-third of the patellar ligament," *Journal of Bone and Joint Surgery. American*, vol. 52, no. 4, pp. 838–839, 1970.
28. H. Bruckner, "A new method for plastic surgery of cruciate ligaments," *Chirurg*, vol. 37, no. 9, pp. 413–414, 1966.
29. K. Franke, "Clinical experience in 130 cruciate ligament reconstructions," *Orthopedic Clinics of North America*, vol. 7, no. 1, pp. 191–193, 1976.
30. J. L. Marshall, R. F. Warren, T. L. Wickiewicz, and B. Reider, "The anterior cruciate ligament: a technique of repair and reconstruction," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 143, pp. 97–106, 1979.

31. B. J. Benson, "Elemental carbon as a biomaterial," *Journal of Biomedical Materials Research*, vol. 5, no. 6, pp. 41-47, 1972.
32. D. H. R. Jenkins, I. W. Forster, B. McKibbin, and Z. A. Ralis, "Induction of tendon and ligament formation by carbon implants," *Journal of Bone and Joint Surgery. British*, vol. 59, no. 1, pp. 53-57, 1977.
33. D. H. R. Jenkins and B. McKibbin, "The role of flexible carbon-fibre implants as tendon and ligament substitutes in clinical practice. A preliminary report," *Journal of Bone and Joint Surgery. British*, vol. 62, no. 4, pp. 497-499, 1980.
34. N. Rushton, D. J. Dandy, and C. P. E. Naylor, "The clinical, arthroscopic and histological findings after replacement of the anterior cruciate ligament with carbon-fibre," *Journal of Bone and Joint Surgery. British*, vol. 65, no. 3, pp. 308-309, 1983.
35. D. A. Webster and F. W. Werner, "Freeze-dried flexor tendons in anterior cruciate ligament reconstruction," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 181, pp. 238-243, 1983.
36. R. J. Curtis, J. C. Delee, and D. J. Drez Jr., "Reconstruction of the anterior cruciate ligament with freeze dried fascia lata allografts in dogs. A preliminary report," *American Journal of Sports Medicine*, vol. 13, no. 6, pp. 408-414, 1985.
37. D. W. Jackson, E. S. Grood, B. T. Cohn, S. P. Arnoczky, T. M. Simon, and J. F. Cummings, "The effects of in situ freezing on the anterior cruciate ligament: an experimental study in goats," *Journal of Bone and Joint Surgery. American*, vol. 73, no. 2, pp. 201-213, 1991.
38. S. M. Howell, M. P. Wallace, M. L. Hull, and M. L. Deutsch, "Evaluation of the single-incision arthroscopic technique for anterior cruciate ligament replacement: a study of tibial tunnel placement, intraoperative graft tension, and stability," *American Journal of Sports Medicine*, vol. 27, no. 3, pp. 284-293, 1999.
39. F. R. Noyes, D. S. Matthews, P. A. Mooar, and E. S. Grood, "The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II. The results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability," *Journal of Bone and Joint Surgery. American*, 1983, vol. 65, no. 2, pp. 163-174.

Відновлення передньої хрестоподібної зв'язки: проблеми, історія та майбутнє. Частина I

Зазірний І.М.¹, Коструб О.О.²

¹Клінічна лікарня "Феофанія" Державного управління справами, м. Київ

²ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

Резюме. Пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) колінного суглоба – поширена травма в спортивній медицині. До появи артроскопії та ендоскопічних хірургічних методик пошкодження ПХЗ вважалися травмою, яка спричиняла закінчення кар'єри для багатьох спортсменів. З 1990-х років спостерігається бурхливий розвиток артроскопічної хірургії ПХЗ та постійне вдосконалення цих методик. Сьогоднішні ж спортсмени можуть очікувати відновлення стійкості та функціонування після реконструкції ПХЗ до того рівня, який вони мали до травми. Теперішні хірургічні втручання пройшли довгий шлях, вивчивши як успіхи, так і невдачі попередніх хірургічних методів. У США травми ПХЗ щорічно становлять від 100 000 до 200 000 випадків, що робить їх найпоширенішою травмою зв'язок. Ця кількість продовжує зростати як в цілому, так і серед осіб, які займаються спортом. Футболісти зазнають найбільшої кількості травм ПХЗ (53% від загальної кількості), лижники та гімнасти також мають високий ризик отримати її пошкодження. Історія реконструкції ПХЗ простежується ще з часів давніх єгиптян. Дослідження та інновації в цій галузі розвиваються безперервно, тому клінічні результати постійно покращуються. Знання еволюції реконструкції ПХЗ безцінні для тих, хто намагається полішити результати процедури і зменшити ризик повторення помилки минулого.

Ключові слова: ПХЗ; реконструкція; анатомія; біомеханіка; артроскопія.

Восстановление передней крестообразной связки: проблемы, история и будущее. Часть I

Зазирный И.М.¹, Коструб А.А.²

¹Клиническая больница "Феофания" Государственного управления делами, г. Киев

²ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

Резюме. Повреждения передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава – распространенная травма в спортивной медицине. До появления артроскопии и эндоскопических хирургических методик повреждения ПКС считались травмой, которая приводит к окончанию карьеры для многих спортсменов. С 1990-х годов наблюдается бурное развитие артроскопической хирургии ПКС и постоянное усовершенствование этих методик. Современные спортсмены могут ожидать вос-

становлення стабільності и функции после реконструкции ПКС до того уровня, который они имели до травмы. Современные оперативные вмешательства прошли длительный путь, изучив как успехи, так и неудачи предыдущих хирургических методов. В США повреждения ПКС ежегодно диагностируются от 100 000 до 200 000 случаев, что делает их самой распространенной травмой связок. Это количество продолжает увеличиваться как в целом, так и среди лиц, которые занимаются спортом. Футболисты получают наибольшее количество травм ПКС (53% от общего числа), лыжники и гимнасты также имеют большой риск получить ее повреждение. История реконструкции ПКС прослеживается еще со времен древних египтян. Исследования и инновации в этой области развиваются непрерывно, поэтому клинические результаты постоянно улучшаются. Знания эволюции реконструкции ПКС бесценны для тех, кто стремится улучшить результаты процедуры и уменьшит риск повторения ошибок прошлого.

Ключевые слова: ПКС; реконструкция; анатомия; биомеханика; артроскопия.

Відомості про авторів:

Зазірний Ігор Михайлович – доктор медичних наук, керівник Центру ортопедії, травматології і спортивної медицини клінічної лікарні “Феофанія” Державного управління правами, вул. акад. Заболотного, 21, Київ, 03143, Україна. E-mail: zazirny@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7890-1499>.

Коструб Олександр Олексійович – доктор медичних наук, професор, завідувач відділом спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Information about authors:

Zazirnyi Ihor Mykhailovych – D.Med.Sc., head of the Center of Orthopedics, Traumatology and Sports Medicine of Clinical Hospital “Feofaniya” of the Agency of State Affairs, 21 Zabolotnobo akademika St., Kyiv, 03143, Ukraine. E-mail: zazirny@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7890-1499>.

Kostrub Olexandr Oleksiiovych – D.Med.Sc., professor, head of the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Сведения об авторах:

Зазірний Ігорь Михайлович – доктор медицинских наук, руководитель Центра ортопедии, травматологии и спортивной медицины клинической больницы “Феофанія” Государственного управления делами, ул. акад. Заболотного, 21, Киев, 03143, Украина. E-mail: zazirny@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7890-1499>.

Коструб Александр Алексеевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Для кореспонденції: Зазірний Ігор Михайлович, вул. Дашавська, 25, кв. 14, 03056, Київ, Україна. Тел. +38(067)7563247. Факс: +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

For correspondence: Zazirnyi Ihor M., Apt. 14, 25 Dashavska St., 03056, Kyiv, Ukraine. Tel. +38(067)7563247. Fax. +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

Для корреспонденции: Зазирный Игорь Михайлович, ул. Дашавская, 25, кв. 14, 03056, Киев, Украина. Тел. +38(067)7563247. Факс: +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

Додаткові протоколи МРТ-обстеження передньої хрестоподібної зв'язки – стандарт діагностики чи примха дослідників? (Огляд)

Коструб О.О., Котюк В.В., Подік В.А., Мазевич В.Б.,
Третьяков Р.А., Смірнов Д.О., Засаднюк І.А.
ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, м. Київ

Резюме. Стандартні протоколи МРТ-дослідження колінного суглоба при підозрі на ушкодження передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) передбачають проведення томографії у трьох взаємно перпендикулярних площинах – корональній, сагітальній, аксіальній. Сучасні методи лікування (особливо рефіксація ПХЗ, пластика окремих пучків ПХЗ) та реабілітації потребують більш точної діагностики не лише самого факту ушкодження, але і його чіткої локалізації, ступеня та давності. Особливо важко оцінити характер та ступінь ушкодження ПХЗ у гострий період та при часткових її ушкодженнях. Для покращення діагностики ушкоджень ПХЗ ми пропонуємо ввести у стандарт її МРТ-дослідження додаткове застосування косих сагітальних (кососагітальних) та косих корональних (косокорональних) зрізів, орієнтованих під кутом нахилу волокон ПХЗ зі зменшенням до 0-2 мм міжзрізовим інтервалом на зону власне передньої хрестоподібної зв'язки. З метою зменшення тривалості дослідження можна обмежитись невеликою кількістю зрізів у додаткових проекціях лише на область власне ПХЗ.

Ключові слова: огляд; МРТ; додаткові проекції; додаткові зрізи; косі зрізи; передня хрестоподібна зв'язка.

Вступ

Ушкодження передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) – одна з провідних травм спортсменів. Цю травму діагностують щороку у близько 68,6 осіб на 100 000 населення [1]. Традиційно вважається, що вирішальну крапку може поставити МРТ-дослідження. Однак, незважаючи на розвиток та удосконалення методів та способів як інструментальної, так і мануальної діагностики, їхня точність щодо ушкоджень ПХЗ сьогодні часто не задовольняє ортопедів-травматологів та пацієнтів. Чому ми досі не завжди можемо чітко прогнозувати об'єм хірургічного втручання (дебридмент, пластика ПХЗ, пластика окремих пучків ПХЗ, рефіксація ПХЗ)? Особливо важко оцінити характер та ступінь ушкодження ПХЗ у гострому періоді після травми та при часткових її ушкодженнях. Ортопеди-травматологи знайомі з тим, що інформативність МРТ у різних діагностичних центрах відрізняється і, на жаль, МРТ часто не ставить вирішальну крапку у встановленні діагнозу, як цього очікують пацієнти. Це пов'язано з тим, що МРТ-діагностика має низку особливостей та залежить як від технічних факторів – обладнання, програмного забезпечення, так і від людського фактору – укладка пацієнта, вибір оптимального протоколу дослідження, аналіз отриманих зображень тощо. Високі

цифри чутливості (86,79%) та специфічності (73,68%) МРТ (що, втім, усе ще далекі від 100%) у порівнянні з даними артроскопії [2] досягаються не у всіх медичних центрах, і лише за цілої низки умов. До того ж вони стосуються лише самого факту правильності діагнозу, а не деталей та особливостей ушкодження, які можуть впливати на тактику лікування. Це можна порівняти з комп'ютерною томографією при складних переломах, коли вона виконується не з метою діагностики, а з метою вибору оптимальних хірургічних доступів, фіксаторів і т. ін. Так, за даними Р. Ben-Galin та ін. (2006), частота хибно позитивних діагнозів ушкодження ПХЗ за результатами МРТ може сягати 47% випадків [3], а за даними К.І. Tsai та ін. (2004), – 33% [4]. Це спричиняє високу кількість непотрібних операцій, при яких виявляється, що діагноз “ушкодження ПХЗ” за висновками МРТ-дослідження був хибним [3]. А за даними деяких мета-аналізів, на фоні незначного зростання чутливості МРТ його специфічність щодо ушкоджень ПХЗ зменшується, що може бути пов'язано саме з вимогами щодо необхідності більш деталізованих даних про ушкодження, а не лише констатування цього факту. На жаль, сьогодні і в Україні МРТ-дослідження рідко є вирішальним у діагностиці внутрішньосуглобової патології, тому, окрім удосконалення вміння ортопедів-травматологів аналізувати власне МРТ-зображення, ви-

никає потреба в удосконаленні як самої техніки проведення МРТ-досліджень, так і методів оцінки отриманих МРТ-зображень.

Артроскопія – “золотий стандарт” діагностики ушкодження ПХЗ [5, 6]. Але чи так це має бути в XXI сторіччі? Артроскопія – це інвазивна та досить економічно затратна процедура. МРТ-діагностика разом із клінічним оглядом пацієнта за певних умов за інформативністю може дуже наблизитись до чутливості та специфічності артроскопії. Пацієнти та лікарі покладають великі надії на МРТ-дослідження, особливо у сумнівних випадках, зокрема при гострих або часткових ушкодженнях як на “золотий стандарт” неінвазивного методу обстеження. Але часто результати МРТ-дослідження все одно не є вирішальними та не дозволяють зробити остаточний висновок щодо стану ПХЗ. Чому так відбувається? Адже, за даними досліджень, чутливість та специфічність МРТ-діагностики мали б наближатись до таких показників при артроскопії.

Обговорення

Традиційно ПХЗ оцінюють за трьома зрізами – сагітальним, корональним та фронтальним. Чутливість та специфічність навіть такого дослідження може значною мірою коливатись залежно не лише від якості апарату МРТ, але й від обраного режиму томографії, міжзрізових інтервалів і т. ін. Але й сьогодні частина ортопедів-травматологів продовжує оцінювати ПХЗ на МРТ лише за сагітальними зрізами, що значно зменшує точність діагностики [7]. Так, на сагітальних зрізах зв'язка видається довшою і здається, що оцінити її цілісність за ними легше. Але ПХЗ потрібно оцінювати за всіма трьома стандартними зрізами завжди! Відносно високий відсоток виявлення повних ушкоджень ПХЗ за даними стандартних МРТ-досліджень стосується оцінки цієї зв'язки лише за всіма трьома проекціями.

Чому ще 10-15 років тому питання МРТ-діагностики розривів ПХЗ здавалося вирішеним, а сьогодні ми знову не задоволені його результатами? По-перше, покращились наші знання про анатомію ПХЗ та роль різних її структурних елементів. Так з'явилась концепція ПХЗ у вигляді стрічки [8, 9], була уточнена кількість та роль її пучків [10, 11, 12] та роль ПХЗ взагалі [13, 14]. Покращилось розуміння значення ПХЗ для різних видів спорту, тому при лікуванні спортсменів високого рівня з підвищеними вимогами до стабільності колінного суглоба вже недостатньо знати про “часткове” ушкодження ПХЗ. З метою планування лікування нам потрібно чітко розуміти об'єм ушкодження, в якому пучку локалізується, точну локалізацію по довжині зв'язки, давність травми. Це своєю чергою стимулюється ще більше розвитком нових технологій та інструментарію для пластики чи шва ПХЗ. Тому дослідження минулих років уже

не задовольняють сучасних ортопедів. Стандартні протоколи МРТ-дослідження, на жаль, у багатьох випадках лишають сумніви щодо ступеня пошкодження ПХЗ, а особливо при її справді часткових розривах, і можуть потребувати уточнення діагнозу під час лікувально-діагностичної артроскопії. Утім, як лікарі, так і пацієнти очікують від МРТ більшої точності та вирішальної ролі у постановці діагнозу.

За даними опублікованих досліджень, частота часткових розривів ПХЗ становить від 10 до 43% всіх ушкоджень ПХЗ. Однак аналізуючи висновки МРТ в Україні, ми можемо припускати гіпердіагностику часткових розривів у пацієнтів з інтактними ПХЗ та з повними її розривами. Так, залежно від діагностичного центру частота часткових розривів ПХЗ за висновками МРТ коливається від 30 до 83% всіх її ушкоджень, що дуже часто не відповідає дійсності та спростовується під час артроскопії. Часткові ушкодження ПХЗ також мають неабияку важливість. Так, вони з часом призводять до повних розривів у більш ніж 50% випадків та можуть спричинити нестабільність колінного суглоба у частини спортсменів [15]. У спортсменів високого класу, особливо тих, що займаються видами спорту з різкою зміною напрямку руху та ротаційними рухами, навіть часткові незначні розриви ПХЗ нерідко призводять до зниження функціональних можливостей та спортивних результатів.

При стандартних МРТ-дослідженнях у трьох взаємно перпендикулярних площинах відносно непогано можна діагностувати повні розриви ПХЗ за умови суворого дотримання техніки дослідження, якості магнітно-резонансного томографа та програмного забезпечення. Хоча за результатами частини досліджень клінічне обстеження виявилось настільки ж інформативним щодо ушкоджень ПХЗ, як і МРТ у традиційних стандартних режимах та протоколах [6], або навіть більш інформативним [16, 17]. Тому є потреба в удосконаленні способів візуалізації ПХЗ на МРТ. Точність стандартного МРТ-дослідження у виявленні часткових розривів ПХЗ, а особливо визначення їх ступеня, ще більш обмежена [18-29].

Додаткові спеціальні протоколи МРТ-дослідження ПХЗ покликані покращити діагностику ушкоджень ПХЗ. Вони не є надбанням сьогодення та були запропоновані давно. Але раніше у більшості випадків могло вистачати і стандартних зрізів, тому дуже мало які діагностичні центри рутинно використовували додаткові зрізи. Сьогодні ж, враховуючи сучасні вимоги щодо деталізації ушкодження ПХЗ, ці додаткові зрізи, що до цього застосовувались поодинокими центрами та у наукових дослідженнях, мають стати стандартом діагностики, принаймні для пацієнтів, у попередньому діагнозі яких значиться “ушкодження ПХЗ”. Адже сьогодні є можливість проводити високорезольвентне хірургічне лікування залежно від характеру та точної локалізації ушкодження ПХЗ.

Серед наявних варіантів додаткових спеціальних протоколів МРТ-дослідження ПХЗ ми хочемо виділити та запропонувати як найбільш оптимальні наступні.

1. Флексійна техніка – дослідження ПХЗ зі згинанням травмованого колінного суглоба під кутом близько 17° та сагітальними зрізами вздовж ПХЗ [30-33] (рис. 1). Перевагами флексійної техніки є розширен-

ня ненапруженої у згинанні ПХЗ із можливістю оцінки більшої кількості волокон [32] та усунення перетискання ПХЗ дахом міжвиросткової западини (вирізки), що є однією з основних проблем у діагностиці часткових розривів ПХЗ за стандартними зрізами.

2. Косі корональні (косокорональні, паракорональні) зрізи – спеціалізоване дослідження ПХЗ із зображеннями, отриманими уздовж ходу волокон ПХЗ із ко-

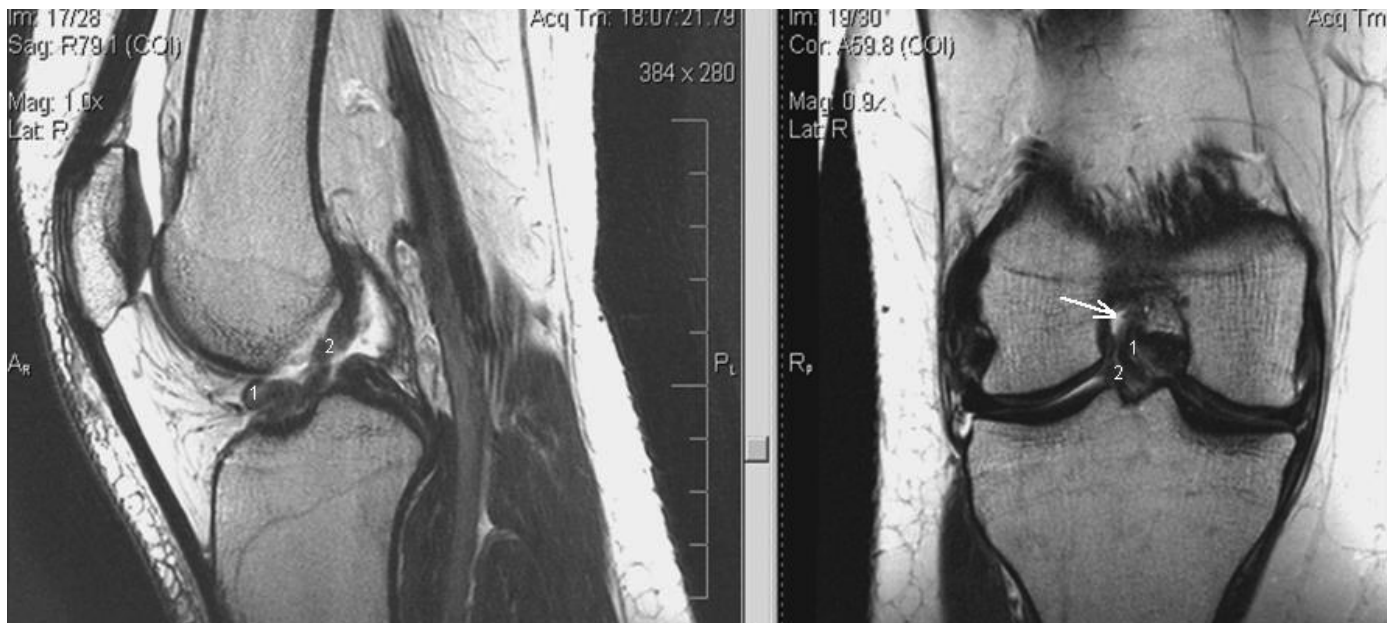


Рис. 1. Часткове ушкодження ПХЗ на томографі 3 Тесла. Флексійна техніка. Ушкоджений антеромедіальний пучок ПХЗ, що завернувся вперед. Цілий постеролатеральний пучок ПХЗ. Стрілкою відзначено гіперінтенсивну ділянку рідини між латеральним виростком стегна та надірваним пучком ПХЗ

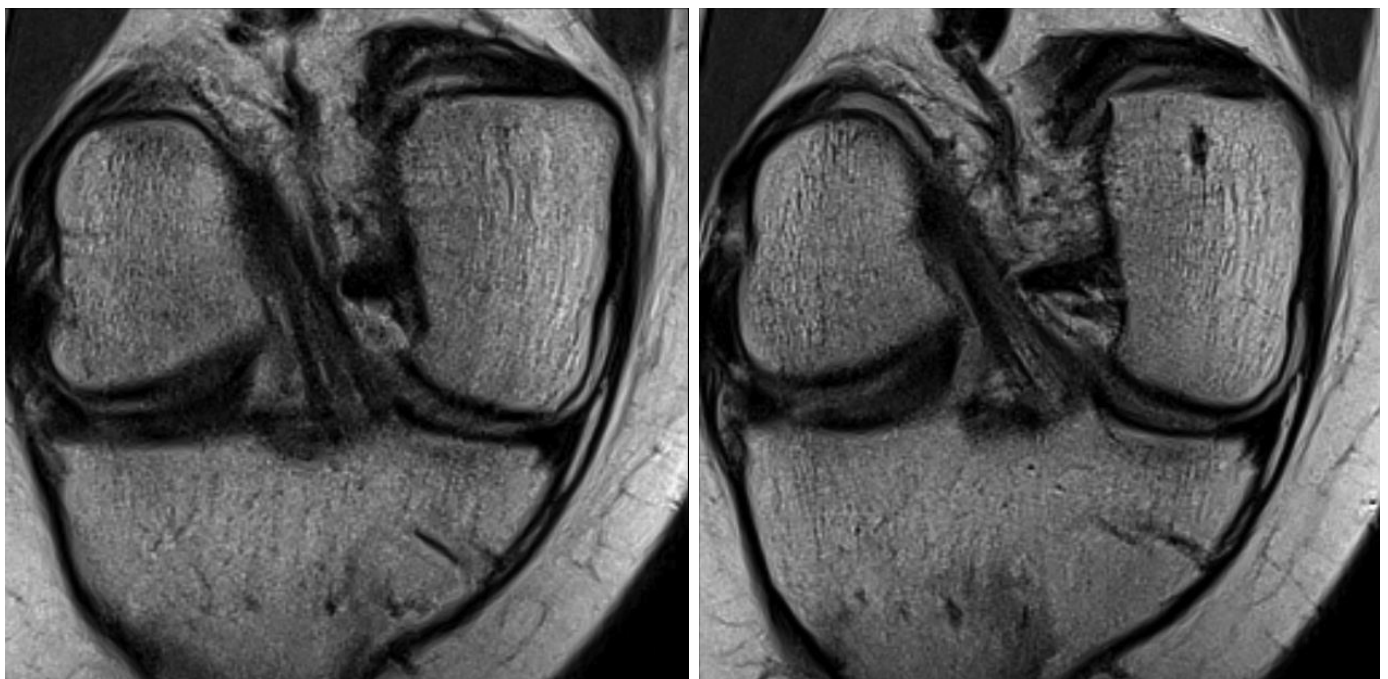


Рис. 2. Нормальна ПХЗ на косих корональних (косокорональних) зрізах. Візуалізуються окремо антеромедіальний та постеролатеральний пучки. Томограф 1,5 Тесла

рональними зрізами (томограмами), одержаними під кутом нахилу ПХЗ (рис. 2) [34-36].

3. Косі сагітальні (кососагітальні, парасагітальні) зрізи – спеціалізоване дослідження ПХЗ із зображеннями, отриманими уздовж ходу волокон ПХЗ із сагітальними зрізами (томограмами), одержаними під кутом нахилу ПХЗ (рис. 3) [37]. Таке сагітальне косе дослідження добре показує часткові розриви завдяки його подвійній ангуляції, що дозволяє розташувати площину дослідження уздовж ходу волокон ПХЗ.



Рис. 3. Відрив проксимальної частини ПХЗ на косих сагітальних (кососагітальних) зрізах на низькопольному томографі 0,4 Тесла. Правильна орієнтація зрізів робить більш інформативною МРТ навіть на низькопольних томографах

4. Застосування більш тонких зрізів 2 мм (а ще ліпше 1 мм) [34] у спеціальних проекціях або хоча б у стандартних. Це важко назвати спеціальним протоколом дослідження, але параметри товщини зрізів і міжзрізових інтервалів дуже важливі при діагностиці ушкоджень ПХЗ та можуть бути корисні навіть у стандартних проекціях. Утім, із точки зору раціонального співвідношення тривалості дослідження та його інформативності більш доцільно робити більш часті зрізи саме на зону інтересу – у нашому випадку на ПХЗ. На рис. 4 представлено детальну МРТ-візуалізацію нормальної ПХЗ у стандартній сагітальній проекції зі зменшеним до 0,5 мм міжзрізовим інтервалом на високопольному томографі 3 Тесла.

За нашими даними, найбільш інформативними були косі паракорональні зрізи, хоча, за результатами інших

досліджень, вони не засвідчили переваг перед стандартними корональними [38]. З одного боку, це вимагає проведення більш детальних досліджень із різними дослідниками, що проводять МРТ та оцінюють МРТ-знімки (адже точність може залежати як від правильного вибору кутів дослідження, так і від адекватності оцінки зображень). З іншого боку, це може вказувати на те, що косі паракорональні зрізи мають не заміняти собою стандартні корональні, а доповнювати їх за найменшої підозри на розрив ПХЗ. Іншими причинами різниці результатів можуть бути обрані досліджувані параметри та суб'єктивна оцінка МРТ діагностом МРТ-центра чи ортопедом-травматологом. Адже для діагноста МРТ-центра для встановлення діагнозу може бути достатньо стандартного МРТ-дослідження, а для ортопеда-травматолога більш точна візуалізація ушкодження при одному і тому ж діагнозі може змінити тактику лікування. Так, і на стандартних зрізах, і на додаткових діагност МРТ-центру може правильно встановити часткове ушкодження ПХЗ, у той час як розуміння розміру, точної локалізації, давності та інших параметрів цього ушкодження дозволяє ортопеду-травматологу більш раціонально спланувати подальше лікування. Навіть два розриви 50% волокон ПХЗ можуть мати різний ступінь стабільності та різний прогноз залежно від їх локалізації (за довжиною зв'язки та за шириною, за окремими пучками), термінів відновлення після травми та характеру проведеного лікування, анатомічних особливостей пацієнта (нахил суглобової поверхні великогомілкової кістки та інші), характеру навантажень, що очікується, тощо. Потрібно правильно розуміти роль МРТ та інших методів діагностики. Так, метою МРТ є не тільки і не стільки діагностика розриву ПХЗ, а часто саме виключення можливості її ушкодження або встановлення діагнозу в сумнівних випадках, якими саме і є часткові розриви, адже при повному розриві ПХЗ у багатьох випадках це можна встановити і за результатами мануальних тестів під час клінічного огляду. Ортопед-травматолог, окрім точного діагнозу, має добре бачити всі характеристики ушкодження, адже при частковому розриві ПХЗ залежно від його локалізації та відсотку ушкоджених волокон, а також від виду спорту пацієнта та його рівня підготовки тактика лікування може принципово відрізнятись. Косі парасагітальні зрізи незначно поступались за інформативністю (чутливістю та специфічністю) косим паракорональним, утім, у майже 70% випадків ортопедам-травматологам легше було оцінювати стан ПХЗ саме за такими зрізами. Звісно, коріння цього може бути й у хибній традиції оцінювати ПХЗ лише за сагітальними зрізами, якої потрібно позбуватись. Але враховуючи додаткову інформативність від косих парасагітальних зрізів, а також те, що лікувати пацієнтів доведеться саме ортопедам-травматологам, ми вбачаємо необхідність у дослідженні цих зрізів.

В ідеальній ситуації хотілося б рутинно застосовувати всі наведені вище додаткові протоколи, робити

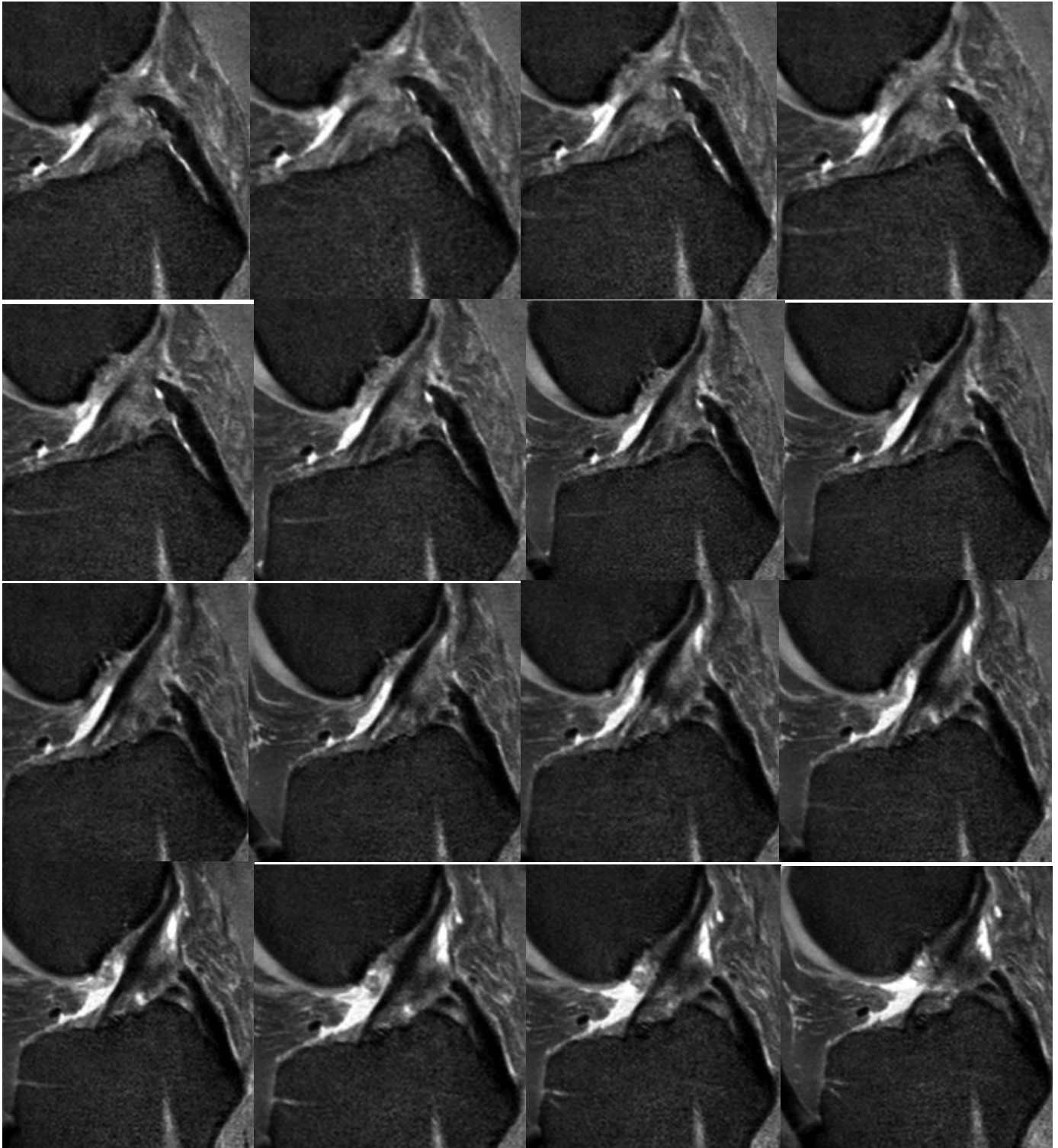


Рис. 4. Детальна МРТ візуалізація нормальної ПХЗ у стандартній сагітальній проекції із зменшеним до 0,5 мм міжзрізовим інтервалом на високопольному томографі 3 Тесла

мінімальні міжзрізові інтервали в усіх площинах та на всю ширину суглоба, але, враховуючи економічну складову питання та час обстеження, це тягне за собою суттєве збільшення тривалості та, відповідно, вартості дослідження. З одного боку, нерационально заради економії на дослідженні проводити непотрібну операцію, а з іншого – значне подорожчання дослідження може

привести до зменшення відсотку пацієнтів, які на нього погодяться, а особливо тих, хто зможе провести його вчасно. Тому ми пропонуємо включити до стандартного МРТ-дослідження при підозрі на ушкодження ПХЗ кососагітальні та косокорональні зрізи з орієнтацією площини зрізу паралельно ходу волокон ПХЗ та з малим міжзрізовим інтервалом – 0-2 мм. Для змен-

шення тривалості дослідження можна обмежитись невеликою кількістю зрізів у додаткових проекціях лише в ділянці власне ПХЗ. Флексійна техніка також має свої переваги, але з економічних міркувань ми пропонуємо лишити її як додатковий метод дослідження у сумнівних випадках, адже вона передбачає зміну укладки пацієнта та повторне проведення стандартного дослідження, що потребує суттєво більше часу, а переваг щодо чутливості та інформативності перед косокорональними та кососагітальними зрізами не має.

Висновки

Ми рекомендуємо включати до стандартного обстеження пацієнтів з ушкодженням або підозрою на ушкодження ПХЗ косокорональні та кососагітальні зрізи з малим міжзрізовим інтервалом (0-2 мм) та кількістю зрізів, достатньою для покриття зони ПХЗ. Ми рекомендуємо застосовувати косокорональні та кососагітальні зрізи з малим міжзрізовим інтервалом як стандартне МРТ-дослідження ПХЗ на додаток до трьох стандартних взаємно перпендикулярних зрізів. Це лише незначно збільшує тривалість дослідження, але дозволяє ортопеду-травматологу та діагносту МРТ-центру краще оцінити ступінь та характер ушкодження ПХЗ.

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

References

- Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, Stuart MJ, Krych AJ. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-7. doi: 10.1177/0363546516629944.
- Orlando Júnior N, de Souza Leão MG, de Oliveira NH. Diagnosis of knee injuries: comparison of the physical examination and magnetic resonance imaging with the findings from arthroscopy. *Rev Bras Ortop.* 2015;50(6):712-719. doi:10.1016/j.rboe.2015.10.007.
- Ben-Galim P, Steinberg EL, Amir H, Ash N, Dekel S, Arbel R. Accuracy of magnetic resonance imaging of the knee and unjustified surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;447:100-104. doi:10.1097/01.blo.0000203471.50808.b7.
- Tsai KJ, Chiang H, Jiang CC. Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament rupture. *BMC Musculoskelet Disord.* 2004;5:21. Published 2004 Jul 8. doi:10.1186/1471-2474-5-21.
- Vaz CE, Camargo OP, Santana PJ, Valezi AC. Accuracy of magnetic resonance in identifying traumatic intraarticular knee lesions. *Clinics (Sao Paulo).* 2005;60(6):445-450. doi:10.1590/S1807-59322005000600003.
- Siddiqui MA, Ahmad I, Sabir AB, Ullah E, Rizvi SA, Rizvi SW. Clinical examination vs. MRI: evaluation of diagnostic accuracy in detecting ACL and meniscal injuries in comparison to arthroscopy. *Pol Orthop Traumatol.* 2013;78:59-63.
- Fitzgerald SW, Remer EM, Friedman H, Rogers LE, Hendrix RW, Schafer ME. MR evaluation of the anterior cruciate ligament: value of supplementing sagittal images with coronal and axial images. *AJR Am J Roentgenol.* 1993;160(6):1233-1237. doi:10.2214/ajr.160.6.8498224.
- Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwiega M, Ciszek B, Ciszowska-Lyson B, Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3143-3150. doi:10.1007/s00167-014-3146-7.
- Siebold R. Flat ACL anatomy: fact no fiction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3133-3135. doi:10.1007/s00167-015-3818-y.
- Tran TD, Tran QL. A cadaveric study on the anatomy of anterior cruciate ligament in Vietnamese adults. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2018;14:22-25. doi:10.1016/j.asmart.2018.05.001.
- Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;454:35-47. doi:10.1097/BLO.0b013e31802b4a59.
- Otsubo H, Akatsuka Y, Takashima H, Suzuki T, Suzuki D, Kamiya T, Ikeda Y, Matsumura T, Yamashita T, Shino K. MRI depiction and 3D visualization of three anterior cruciate ligament bundles. *Clin Anat.* 2017;30(2):276-283. doi: 10.1002/ca.22810.
- Chen T, Wang H, Warren R, Maher S. Loss of ACL function leads to alterations in tibial plateau common dynamic contact stress profiles. *J Biomech.* 2017;61:275-279. doi:10.1016/j.jbiomech.2017.07.024.
- Prado M, Nazario S, Bergamima JSP, Nasralla MLS, Neto EN, Felipe LA, Pletsch AHM. Anterior Cruciate Ligament: Anatomy and Biomechanics. *J Health Sci.* 2019;21(2):166-169.
- Noyes FR, Moar LA, Moorman CT 3rd, McGinniss GH. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71(5):825-833.
- Kostov H, Arsovski O, Kostova E, Nikolov V. Diagnostic assessment in anterior cruciate ligament (ACL) tears. *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki).* 2014;35(1):209-218.
- Navali AM, Bazavar M, Mohseni MA, Safari B, Tabrizi A. Arthroscopic evaluation of the accuracy of clinical examination versus MRI in diagnosing meniscus tears and cruciate ligament ruptures. *Arch Iran Med.* 2013;16(4):229-232.
- Gentili A, Seeger LL, Yao L, Do HM. Anterior cruciate ligament tear: indirect signs at MR imaging. *Radiology.* 1994;193(3):835-840. doi:10.1148/radiology.193.3.7972834.
- Lawrance JA, Ostlere SJ, Dodd CA. MRI diagnosis of partial tears of the anterior cruciate ligament. *Injury.* 1996;27(3):153-155. doi:10.1016/0020-1383(95)00220-0.
- Borić I, Pecina M, Bojanić I, Haspl M, Roić G. Comparison of conventional spin-echo and fast spin-echo magnetic resonance imaging with fat suppression [correction for suppression] in cruciate ligament injury. *Croat Med J.* 2004;45(2):195-201.
- Tung GA, Davis LM, Wiggins ME, Fadale PD. Tears of the anterior cruciate ligament: primary and secondary signs at MR imaging. *Radiology.* 1993;188(3):661-667. doi:10.1148/radiology.188.3.8351329.
- Miller TT, Gladden P, Staron RB, Henry JH, Feldman F. Posterolateral stabilizers of the knee: anatomy and injuries assessed with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 1997;169(6):1641-1647. doi:10.2214/ajr.169.6.9393184.
- Johnson DL, Warner JJ. Diagnosis for anterior cruciate ligament surgery. *Clin Sports Med.* 1993;12(4):671-684.
- Ha TP, Li KC, Beaulieu CF, Bergman G, Ch'en IY, Eller DJ, Cheung LP, Herfkens RJ. Anterior cruciate ligament injury: fast spin-echo MR imaging with arthroscopic correlation in 217 examinations. *AJR Am J Roentgenol.* 1998 May;170(5):1215-9. doi: 10.2214/ajr.170.5.9574587.

25. Roychowdhury S, Fitzgerald SW, Sonin AH et al. Normal and abnormal anatomy of the anterior cruciate ligament at axial MR imaging of the knee. *Radiol.* 1996;201(Suppl S):1633.
26. Roychowdhury S, Fitzgerald SW, Sonin AH, Peduto AJ, Miller FH, Hoff FL. Using MR imaging to diagnose partial tears of the anterior cruciate ligament: value of axial images. *AJR Am J Roentgenol.* 1997;168(6):1487-1491. doi:10.2214/ajr.168.6.9168712.
27. Ng AW, Griffith JF, Hung EH, Law KY, Yung PS. MRI diagnosis of ACL bundle tears: value of oblique axial imaging. *Skeletal Radiol.* 2013;42(2):209-217. doi:10.1007/s00256-012-1372-y.
28. Irizarry JM, Recht MP. MR imaging of the knee ligaments and the postoperative knee. *Radiol Clin North Am.* 1997;35(1):45-76.
29. Murakami Y, Sumen Y, Ochi M, Fujimoto E, Adachi N, Ikuta Y. MR evaluation of human anterior cruciate ligament autograft on oblique axial imaging. *J Comput Assist Tomogr.* 1998;22(2):270-275. doi:10.1097/00004728-199803000-00021.
30. Nakanishi K, Horibe S, Shiozaki Y, Ishida T, Narumi Y, Ikezoe J, Nakamura H. MRI of normal anterior cruciate ligament (ACL) and reconstructed ACL: comparison of when the knee is extended with when the knee is flexed. *Eur Radiol.* 1997;7(7):1020-4. doi:10.1007/s003300050244.
31. Niitsu M, Ikeda K, Fukubayashi T, Anno I, Itai Y. Knee extension and flexion: MR delineation of normal and torn anterior cruciate ligaments. *J Comput Assist Tomogr.* 1996;20(2):322-327. doi:10.1097/00004728-199603000-00030.
32. Niitsu M, Ikeda K, Itai Y. Slightly flexed knee position within a standard knee coil: MR delineation of the anterior cruciate ligament. *Eur Radiol.* 1998;8:113-115. <https://doi.org/10.1007/s003300050349>.
33. Pereira ER, Ryu KN, Ahn JM, Kayser F, Bielecki D, Resnick D. Evaluation of the anterior cruciate ligament of the knee: comparison between partial flexion true sagittal and extension sagittal oblique positions during MR imaging. *Clin Radiol.* 1998;53(8):574-578. doi:10.1016/s0009-9260(98)80148-7.
34. Katahira K, Yamashita Y, Takahashi M, Otsuka N, Koga Y, Fukumoto T, Nomura K. MR imaging of the anterior cruciate ligament: value of thin slice direct oblique coronal technique. *Radiat Med.* 2001;19(1):1-7.
35. Staebli HU, Adam O, Becker W, Burgkart R. Anterior cruciate ligament and intercondylar notch in the coronal oblique plane: anatomy complemented by magnetic resonance imaging in cruciate ligament-intact knees. *Arthroscopy.* 1999;15(4):349-359. doi:10.1016/s0749-8063(99)70051-4.
36. Gokalp G, Demirag B, Nas OF, Aydemir MF, Yazici Z. Contribution of thin slice (1 mm) oblique coronal proton density-weighted MR images for assessment of anteromedial and posterolateral bundle damage in anterior cruciate ligament injuries. *Eur J Radiol.* 2012;81(9):2358-2365. doi:10.1016/j.ejrad.2011.09.008.
37. Ghasem Hanafi M, Momen Gharibvand M, Jaffari Gharibvand R, Sadoni H. Diagnostic Value of Oblique Coronal and Oblique Sagittal Magnetic Resonance Imaging (MRI) in Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Tears. *J Med Life.* 2018;11(4):281-285. doi:10.25122/jml-2018-0015.
38. Duc SR, Zanetti M, Kramer J, Käch KP, Zollikofer CL, Wentz KU. Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament tears: evaluation of standard orthogonal and tailored paracoronal images. *Acta Radiol.* 2005;46(7):729-733. doi:10.1080/02841850500215907.

Additional Anterior Cruciate Ligament MRI Examination Protocols: a Standard of Diagnosis or a Whim of Researchers? (Review)

Kostrub O.O., Kotiuk V.V., Podik V.A., Mazevykh V.B., Tretiakov R.A., Smirnov D.O., Zasadniuk I.A. SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

Summary. *Standard MRI protocols of the knee joint in case of suspected anterior cruciate ligament (ACL) injury involve tomography in three mutually perpendicular planes – coronal, sagittal, and axial. Modern methods of treatment (especially refixation of the ACL and reconstruction of separate ACL bundles) and rehabilitation require more accurate diagnosis not only of the fact of injury, but also its clear location, degree and term. It is especially difficult to assess the nature and extent of ACL damage in the acute period and in cases of partial injury. Therefore, we propose to introduce into the standard of ACL MRI examination the additional use of oblique sagittal and oblique coronal sequences (images) oriented at an angle of ACL fibers with reduced to 0-2 mm interslice interval to improve the diagnosis of ACL injury. To reduce the duration of the study, it is possible to limit yourself to a small number of slices (images) in additional projections only in the area of the ACL.*

Key words: *review; MRI; additional sequences; additional images; oblique images; anterior cruciate ligament.*

Дополнительные протоколы МРТ-обследования передней крестообразной связки – стандарт диагностики или прихоть исследователей? (Обзор)

Коструб А.А., Котюк В.В., Подик В.А., Мазевич В.Б., Третьяков Р.А., Смирнов Д.А., Засаднюк И.А. ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

Резюме. *Стандартные протоколы МРТ-исследования коленного сустава при подозрении на повреждение передней крестообразной связки (ПКС) предусматривают проведение томографии в трех взаимно перпендикулярных плоскостях – корональной, сагиттальной, аксиальной. Современные методы лечения (особенно рефиксация ПКС, пластика отдельных пучков ПКС) и реабилитации требуют более точной диагности-*

ки не только самого факта повреждения, но и его четкой локализации, степени и давности. Особенно трудно оценить характер и степень повреждения ПКС в острый период и при частичных ее повреждениях. Поэтому для улучшения диагностики повреждений ПКС мы предлагаем ввести в стандарт ее МРТ-исследования дополнительное применение косых сагиттальных (кососагиттальных) и косых коронарных (косокоронарных) срезов, ориентированных под углом наклона волокон ПКС с уменьшенными до 0-2 мм межсрезовыми интервалами в зоне собственно передней крестообразной связки. Для уменьшения продолжительности исследования можно ограничиться небольшим количеством срезов в дополнительных проекциях только на область собственно ПКС.

Ключевые слова: обзор; МРТ; дополнительные проекции; дополнительные срезы; косые срезы; передняя крестообразная связка.

Відомості про авторів:

Коструб Олександр Олексійович – доктор медичних наук, професор, завідувач відділом спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Котюк Віктор Володимирович – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: kotyuk_v@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8837-8603>.

Подік Володимир Анатолійович – молодший науковий співробітник відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: podikvolodymyr@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4644-9159>.

Мазевич Вадим Борисович – науковий співробітник відділу діагностики ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: vadim.doctor.trm@gmail.com.

Третьяков Роман Анатолійович – лікар-рентгенолог відділу діагностики ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0419-6373>.

Смірнов Дмитро Олексійович – кандидат медичних наук, лікар ортопед-травматолог відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: sporttrauma@gmail.com.

Засаднюк Іван Андрійович – кандидат медичних наук, науковий співробітник відділу спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: zasadnyuk@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-4454>.

Information about authors:

Kostrub Olexandr Oleksiiovych – D.Med.Sc., professor, head of the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Kotiuk Viktor Volodymyrovych – Ph.D. in Medicine, senior researcher at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: kotyuk_v@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8837-8603>.

Podik Volodymyr Anatoliiovych – junior researcher at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: podikvolodymyr@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4644-9159>.

Mazevych Vadym Borysovych – researcher at the Department of Functional Diagnosis and Roentgenology, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: vadim.doctor.trm@gmail.com.

Tretiakov Roman Anatoliiovych – roentgenologist at the Department of Functional Diagnosis and Roentgenology, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0419-6373>.

Smirnov Dmytro Oleksiiovych – Ph.D. in Medicine, orthopedic traumatologist at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: sporttrauma@gmail.com.

Zasadnyuk Ivan Andriiovych – Ph.D. in Medicine, researcher at the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: zasadnyuk@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-4454>.

Сведения об авторах:

Коструб Александр Алексеевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: akostrub@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Котюк Виктор Владимирович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: kotyuk_v@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8837-8603>.

Подик Владимир Анатольевич – младший научный сотрудник отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: podikvolodymyr@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4644-9159>.

Мазевич Вадим Борисович – научный сотрудник отдела диагностики ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: vadim.doctor.trm@gmail.com.

Третьяков Роман Анатольевич – врач-рентгенолог отдела диагностики ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0419-6373>.

Смирнов Дмитрий Алексеевич – кандидат медицинских наук, врач ортопед-травматолог отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: sporttrauma@gmail.com.

Засаднюк Иван Андреевич – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: zasadnyuk@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1099-4454>.

Для листування: Котюк Віктор Володимирович, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, відділ спортивної та балетної травми ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

For correspondence: Kotiuk Viktor V., Ph.D. in Medicine, senior researcher, the Department of Sports and Ballet Injuries, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

Для корреспонденції: Котюк Віктор Владимирович, кандидат медичних наук, старший научный сотрудник, отдел спортивной и балетной травмы ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(068)3214287. E-mail: kotyuk_v@ukr.net.

Ускладнення інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу кісток кінцівок та шляхи їх попередження

Мансиров А.Б., Литовченко В.О., Гарячий Є.В.
Харківський національний медичний університет, м. Харків

Резюме. Головною умовою запобігання ускладненням інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу довгих кісток є дотримання тактичних і технічних вимог остеосинтезу та свідомо відмова від такої хірургічної техніки і маніпуляцій, які здатні призвести до порушень перебігу репаративних процесів кісткової тканини. **Мета.** На підставі вивчення та узагальнення виявлених ускладнень інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу діафізарних переломів кісток кінцівок визначити шляхи запобігання репаративним ускладненням. **Матеріали і методи.** Були вивчені та проаналізовані результати лікування 403 хворих, яким був виконаний інтрамедулярний блокуючий остеосинтез стегнової, великогомілкової та плечової кісток типів А1 – А3, В1 – В3 та С2 за АО/ASIF. **Результати.** Для проведення аналізу ускладнення технологічного характеру були розподілені залежно від наслідків, до яких вони призвели, на ранні (до 2-х тижнів від моменту оперативного втручання), пізні (з 2-го тижня після оперативного втручання) та репаративні. У результаті нами було виявлено, що найпоширенішими технологічними помилками були невірне передопераційне планування, порушення технології та перебігу оперативного втручання, які в 21,6% випадків призводили до нестабільності кісткових уламків у зоні перелому, а також відсутність або порушення послідовності відновного та реабілітаційного лікування хворих, які мали місце у 26,3% випадків. Порушення технології остеосинтезу, а саме – значна інтраопераційна травматизація кісткових уламків і м'яких тканин та неусушення інтерпозиції м'яких тканин призводили до незрощення кісткових уламків у 39% та 13% відповідно. Основною ж причиною репаративних ускладнень було розсвердлювання кістковомозкового каналу, яке було виконане 56% пацієнтів з уповільненою консолидацією кісткових уламків, 56,3% пацієнтів із хибними суглобами та 48% – із незрощенням кісткових уламків. **Висновки.** Суворе дотримання тактичних і технологічних засад інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу та відмова від розсвердлювання кістковомозкового каналу без показань дозволить зменшити частоту виникнення дисрегенерації кісткової тканини. Вивчення впливу розсвердлювання кістковомозкового каналу на репаративну регенерацію кісткової тканини при інтрамедулярному блокуючому остеосинтезі є актуальним та потребує подальшого поглибленого аналізу.

Ключові слова: інтрамедулярний блокуючий остеосинтез; репаративні ускладнення; довгі кістки; розсвердлювання кістковомозкового каналу.

Вступ

Лікування переломів довгих кісток кінцівок, незважаючи на удавану простоту, є складним завданням, під час виконання якого нерідко припускаються помилок, що уповільнюють одужання пацієнта та негативно позначаються на кінцевих результатах лікування. Результати лікування переломів довгих трубчастих кісток на сучасному етапі розвитку травматологічної науки не можна визнати безумовно позитивними. На них впливає безліч об'єктивних і суб'єктивних чин-

ників: вік пацієнта, вид та стан супутньої патології, локалізація та тип перелому, тривалість періоду, що минув від моменту травми до операції, спосіб фіксації кісткових уламків і багато інших [1].

Порушення процесу зрощення перелому (уповільнена консолидація, несправжній суглоб чи незрощення) чинить серйозний вплив на загальну якість життя пацієнта, тривалість терміну непрацездатності, ризик розвитку інших локальних і/або системних ускладнень, а також є тягарем для системи охорони здоров'я та сім'ї пацієнта [2, 3, 4]. На жаль, на сьогодні

ні відсутня явна динаміка у зниженні частоти таких ускладнень [5, 6].

Найчастіше в процесі лікування методами остеосинтезу виникають нагноєння операційної рани, сповільнена консолидація, псевдоартроз, незрощення або неправильне зрощення кісткових уламків, подразнення м'яких тканин у зоні введення фіксатора, поверхневе запалення тканин, перелом або міграція металокопчиків, остеомієліт [7, 8, 9]. Загалом ускладнення після остеосинтезу довгих кісток кінцівок заведено розділяти на місцеві та загальні, а також інфекційні та неінфекційні [10]. Поміж інших ускладнень виділяють інтраопераційні (вторинні) переломи, уповільнене зрощення кісткових уламків, зниження міцності контакту гвинтів із кісткою, вторинне зміщення кісткових уламків, міграцію та перелом конструкцій [11, 12].

На сучасному етапі свого розвитку блокуючий інтрамедулярний остеосинтез довгих трубчастих кісток *de facto* став "золотим стандартом" лікування діафізарних переломів плечової, стегнової та великогомілкової кісток. Більшість авторів відзначає, що його безсумнівними перевагами є мала травматичність, відносна простота оперативного втручання та первинна стабільність кісткових уламків [13, 14]. Усі зазначені чинники сприяють консолидації кісткових уламків, швидкій побутовій і соціальній адаптації пацієнта з можливістю повернення до трудової діяльності [15, 16]. Тому на сьогодні закритий блокувальний інтрамедулярний остеосинтез при діафізарних переломах довгих кісток повсюдно поширений і має право вважатися класичним методом лікування зазначеної категорії пошкоджень [17, 18].

Проте попри його переваги, лікування переломів довгих кісток кінцівок часто супроводжується низкою ускладнень, з яких одними з найтяжчих є репаративні. Причини виникнення ускладнень пов'язані як із дефектами організації лікування хворих (неправильна тактика лікування, невірний вибір способу остеосинтезу, порушення відновного режиму в післяопераційний період, недотримання пацієнтом терміну навантаження кінцівки тощо), так і з технічними помилками під час виконання власне операції (травматичність, нестабільний остеосинтез, неправильний вибір металевих конструкцій, недостатній гемостаз тощо) [19, 20].

Причинами більшості біологічних збоїв є помилки та ускладнення остеосинтезу саме на ранніх термінах після перелому, а реалізація їх дії виявляється пізніше в формі уповільненої консолидації або порушенні зрощення кісткових уламків [21].

Мета – на підставі вивчення та узагальнення виявлених ускладнень інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу діафізарних переломів кісток кінцівок визначити шляхи запобігання репаративним ускладненням.

Матеріали і методи

Вивченню підлягали результати лікування 403 хворих, яким був виконаний інтрамедулярний блокувальний остеосинтез стегнової, великогомілкової та плечової кісток типів A1 – A3, B1 – B3 та C2 за АО/ASIF.

Дані отримали при вивченні власного клінічного матеріалу (травматологічне відділення КНП ХОР "ОКЛ" м. Харкова), а також внаслідок аналізу лікування хворих, остеосинтез яким був виконаний в інших лікувальних закладах міста (КНП "Міська клінічна лікарня швидкої та невідкладної медичної допомоги ім. проф. О.І. Мещанінова" ХМР та КНП ХОР "Обласна клінічна травматологічна лікарня") з 2013 по 2019 рр.

Чоловіків було 258 (64%), жінок – 145 (36%). Середній вік хворих склав $42,6 \pm 17,3$ року. Найбільша кількість оперативних втручань була виконана на великогомілковій кістці – 246 (61%), на стегнової – 113 (28%), решта 44 (11%) – на плечовій кістці.

Основним механізмом отриманих травм була пряма механічна дія на ушкоджений сегмент, а обставинами були дорожньо-транспортні пригоди та падіння (табл. 1).

Таблиця 1

Обставини отримання травми хворими, що включені у дослідження

Дорожньо-транспортні пригоди		Падіння	
Чоловіки	Жінки	Чоловіки	Жінки
64	38	194	107

Залежно від локалізації переломів хворі були розподілені наступним чином (табл. 2).

Таблиця 2

Розподіл хворих залежно від локалізації перелому

Локалізація перелому	І група (контрольна)				Усього пошкоджень
	Чоловіки		Жінки		
	абс	%	абс	%	
Стегно	86	33,3	27	18,6	113
Гомілка	141	54,7	105	72,4	246
Плече	31	12	13	9	44
Усього	258		145		403

Залежно від типу перелому хворі були розподілені наступним чином (табл. 3).

Таблиця 3

Розподіл хворих залежно від типу перелому

Локалізація перелому	Тип перелому							Усього
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C2	
Стегно	19	29	31	12	9	10	3	113
Гомілка	75	57	54	18	23	17	2	246
Плече	11	8	13	2	3	6	1	44
Усього	105	94	98	32	35	33	6	403

Оперативні втручання хворих виконувались у терміни, які представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Терміни оперативних втручань

Терміни оперативних втручань, доба	абс	%
1-ша	274	68
2-10-та	76	18,9
Пізніше 10-ї	53	13,1

Висновок про зв'язок виявлених помилок чи ускладнень з обраною лікувальною тактикою робили після ретельного вивчення первинної медичної документації (історія хвороби, механізм та обставини отримання травми, *locus morbi*, супутні ушкодження, аналіз рентгенограм, протоколів операційного втручання тощо) та наступних етапних клініко-рентгенологічних даних, порівнюючи отримані дані з класичною технологією виконання блокуючого інтрамедулярного остеосинтезу та з загальноприйнятими клініко-рентгенологічними ознаками зрощення перелому конкретної локалізації та відновлення функції кінцівки загалом.

Результати та їх обговорення

Суворе дотримання технічних засад інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу у більшості випадків дозволяє досягти зрощення кісткових уламків та функціонального відновлення кінцівки. У випадку нехтування хірургами даними рекомендаціями або внесення власних “поправок” у перебіг оперативного втручання можуть виникати ускладнення, які негативно впливають на подальші процеси відновлення. Ми вважаємо, що помилки технічного характеру, які можуть бути допущені під час проведення оперативного втручання, досить індивідуальні та, вочевидь, не набули масового характеру. Крім того, свідоме дотримання технології оперативного втручання практично виключає виникнення ускладнень із технічних причин. Тому основну увагу ми приділили більш поширеним типовим помилкам тактичного та технологічного характеру, які виявили в результаті проведеного дослідження.

До тактичних помилок ми зарахували такі передопераційні та інтраопераційні дії, при яких порушуються або зовсім нехтуються тактичні методи інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу – насамперед, необґрунтовані показання та неправильне передопераційне планування. Тактичні помилки прямо диктують відхилення хірургічної технології в закритий чи відкритий спосіб, із розсвердлюванням кістковомозкового каналу чи без такого, застосування статичного, компресійного, динамічного чи компресійно-динамічного способу блокування.

Ускладнення технологічного характеру ми розподілили залежно від наслідків, до яких вони призводили, а саме:

- ранні (операційні) ускладнення (до 2-х тижнів від моменту оперативного втручання);
- пізні ускладнення (з 2-го тижня після оперативного втручання);
- репаративні ускладнення.

До ранніх (операційних) ускладнень ми зараховували:

- нестабільність фіксації кісткових уламків, у тому числі внаслідок недооцінки стану кісткової тканини (близькість розташування блокуючих гвинтів до зони перелому або введення їх у саму зону перелому, ознаки остеопорозу);
- нестабільність фіксації внаслідок надмірного розсвердлювання кістковомозкового каналу (невідповідність розсвердленого каналу діаметру стрижня);
- нестабільність фіксації кісткових уламків внаслідок використання необґрунтованих та неадекватних “авторських” методик блокування стрижня, використання саморобних несертифікованих конструкцій;
- невірне передопераційне планування;
- затягування тривалості операції внаслідок використання невірної підбраної конструкції, в тому числі заклинення стрижня в кістковомозковому каналі через безпідставну відмову від його розсвердлювання;
- розтріскування кістки в зоні втручання та/або її фрагментація через відмову від розсвердлювання кістковомозкового каналу або використання невірної підбраної конструкції;
- незадовільне положення кісткових уламків (значні зміщення за довжиною або шириною);
- неусунене зміщення кісткових уламків внаслідок недотримання технології інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу, внесення власних “поправок” під час виконання операції, зміна ходу оперативного втручання;
- розвиток синдрому жирової емболії (внаслідок розсвердлювання кістковомозкового каналу, недостатньої медикаментозної та фізичної профілактики емболічних ускладнень).

Загалом ранні (операційні) ускладнення були виявлені у 191 випадку (47,4%). Отримані дані наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Ранні (операційні) ускладнення, які були виявлені під час дослідження

Виявлені ускладнення																	
Нестабільність фіксації		Нестабільність фіксації внаслідок надлишкового розсвердлювання кістковомозкового каналу				Нестабільність фіксації внаслідок використання саморобних конструкцій "авторських" методик блокування стрижня		Значна тривалість операції		Розтріскування, фрагментація кісткових уламків		Неуспішне зміщення або незадовільне стояння кісткових уламків		Недотримання технології остеосинтезу		Жирова емболія	
абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%		
36	9	27	6,7	3	0,7	43	10,7	14	3,5	29	7,2	21	5,2	18	4,5		

Необхідно зазначити, що у 62 хворих одночасно спостерігались два та більше вказаних фактори.

Пізніми ускладненнями, які виникли внаслідок тактичних помилок, ми вважали такі:

- нестабільність уламків у зоні перелому, яка призвела до вторинного зміщення уламків;
- перелом блокуючого гвинта чи стрижня внаслідок невірної типу блокування або невиконаної динамізації;
- перелом металоконструкції внаслідок використання саморобних стрижнів, невідпрацьованої або порушеної технології остеосинтезу;
- зрощення уламків у функціонально невігідному положенні;
- деформація кінцівки з порушенням акту ходи внаслідок нестабільної фіксації;
- пізні функціональне відновлення кінцівки з наявністю контрактури суміжних суглобів внаслідок відсутності послідовності у відновному та реабілітаційному лікуванні.

Пізні ускладнення були виявлені у 267 випадках (66,2%) (табл. 6).

Слід зазначити, що у 128 хворих одночасно спостерігались два та більше вказаних фактори.

Репаративні ускладнення, як кінцевий і логічний результат порушення технології використання інтра-

медулярного блокуючого остеосинтезу, дають змогу виявити і проаналізувати основні фактори, які впливають на анатоμο-функціональне відновлення кістки. До таких ускладнень ми зарахували уповільнене зрощення кісткових уламків, формування хибного суглоба з різним ступенем остеогенної активності та незрощення уламків. Усього було виявлено 123 випадки (30,5%) порушення репаративної регенерації.

Найбільш типовим ускладненням перебігу репаративного остеогенезу було уповільнене зрощення кісткових уламків. Найбільш частими його причинами були:

- остеосинтез із розсвердлюванням кістковомозкового каналу;
- використання невідповідного способу блокування;
- несвоєчасна динамізація конструкції через відсутність послідовності у лікуванні;
- недотримання технології інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу, внесення власних "поправок" під час виконання операції, зміна перебігу оперативного втручання;
- зміщення кісткових уламків, що не були усунуті.

Уповільнене зрощення кісткових уламків було виявлене у 84 випадках (68,3%). Отримані дані наведені в табл. 7.

Таблиця 6

Пізні ускладнення, що виявлені у досліджуваних хворих

Виявлені ускладнення											
Вторинне зміщення уламків внаслідок нестабільного остеосинтезу		Перелом блокуючих гвинтів або стрижня		Перелом саморобних конструкцій		Неправильне зрощення уламків		Деформація кінцівки		Відсутність послідовності лікування	
абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
31	7,7	42	10,4	3	0,7	67	16,6	18	4,5	106	26,3

Таблиця 7

Причини уповільненого зрощення кісткових уламків, що виявлені у хворих

Виявлені причини									
Розсвердлювання кістковомозкового каналу		Неправильний спосіб блокування		Несвоєчасна динамізація конструкції		Недотримання технології остеосинтезу		Зміщення кісткових фрагментів, що не було усунуто	
абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
47	56	4	4,7	13	15,5	4	4,7	16	19,1

До формування хибних суглобів (16 випадків (13%)) найчастіше призводив нестабільний остеосинтез, розсвердлювання кістковомозкового каналу з нестабільною фіксацією уламків – 9 (56,3%) та 7 (43,7%) випадків відповідно, причому в 14 випадках формувалися гіпертрофічні хибні суглоби.

Відсутність зрощення кісткових уламків у звичайні терміни ми виявили у 23 хворих (18,7%). Це можна пояснити наступними причинами:

- розсвердлювання кістковомозкового каналу з нестабільною фіксацією кісткових уламків;
- розсвердлювання кістковомозкового каналу без показань або надмірне його розсвердлювання;
- інтерпозиція м'яких тканин у зоні перелому;
- значна інтраопераційна травматизація кісткових уламків та оточуючих м'яких тканин (табл. 8).

Таблиця 8

Причини незрощення кісткових уламків, що виявлені у хворих

Виявлені причини					
Розсвердлювання кістковомозкового каналу		Інтерпозиція м'яких тканин		Інтраопераційна травматизація кісткових уламків та оточуючих м'яких тканин	
абс	%	абс	%	абс	%
11	48	3	13	9	39

У двох хворих незрощення кісткових уламків після розсвердлювання кістковомозкового каналу призвело до деформації та ламання металоконструкції.

Висновки

1. Основними технологічними помилками при використанні інтрамедулярного блокованого остеосинтезу під час лікування діафізарних переломів кісток кінцівок є невірне передопераційне планування та порушення технології оперативного втручання, які в 21,6% випадків призводять до нестабільності кісткових уламків у зоні ушкодження кістки, а також відсутність послідовності

відновного та реабілітаційного лікування хворих – 26,3% випадків.

2. Основною причиною репаративних ускладнень під час лікування діафізарних переломів кісток блокованими стрижнями є розсвердлювання кістковомозкового каналу, яке мало місце у 56% хворих з уповільненою консолідацією кісткових уламків, у 56,3% хворих із хибними суглобами та у 48% – із незрощенням кісткових уламків.

Порушення технології остеосинтезу, а саме – значна інтраопераційна травматизація кісткових уламків і м'яких тканин та неусунена м'язова інтерпозиція призводять до незрощень кісткових уламків у 39% та 13%, відповідно.

3. Суворе дотримання тактичних і технологічних засад інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу та поліпшення хірургічної техніки дозволить мінімізувати частоту виникнення репаративних ускладнень.

4. Відмова від розсвердлювання кістковомозкового каналу без показань дозволить зменшити частоту виникнення дисрегенерації кісткової тканини. Вивчення впливу розсвердлювання кістковомозкового каналу на репаративну регенерацію кісткової тканини при інтрамедулярному блокуючому остеосинтезі є актуальним та потребує подальшого поглибленого аналізу.

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

References

1. Pugely AJ, Martin CT, Gao Y, Klocke NF, Callaghan JJ, Marsh JL. A risk calculator for short-term morbidity and mortality after hip fracture surgery. *J. Orthop. Trauma.* 2014;28(2): 63-9. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182a22744.
2. Колов Г.Б., Грицай М.П. Залежність перебігу інфекційного процесу у хворих з дефектами кісткової тканини після застосування фіксаторів для остеосинтезу на нижній кінцівці. *Проблеми травматології та остеосинтезу.* 2017;3-4:5-16. Kolov G.B., Grytsay M.P. Dependence of infectious process in patients with bone tissue defects after use of fixators for osteosynthesis of lower limbs. *The problems of traumatology and osteosynthesis.* 2017;3-4:5-16.
3. Hak DJ, Fitzpatrick D, Bishop JA, Lawrence JM, Susanne T, Reinhard S, et al. Delayed union and nonunions: epidemiology, clinical issues, and financial aspects. *Injury.* 2014;45 (2):3-7. DOI: 10.1016/j.injury.2014.04.002.

4. Yin P, Zhang L, Li T, Licheng Z, Guoqi W, Jiantao L, et al. Infected nonunion of tibia and femur treated by bone transport. *J. Orthop. Surg. Res.* 2015;10:49. DOI: 10.1186/s13018-015-0189-5.
5. Кузнецова ЕИ, Шепелева МВ, Карасёв АГ. Показатели врождённого иммунитета у пациентов с замедленным сращением костной ткани после закрытой травмы длинных трубчатых костей. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2015;11:652-4. Kuznetsova EI, Chepeleva MV, Karasev AG. Congenital immunity parameters in patients with delayed bone tissue union after a closed injury of long tubular bones. *International journal of applied and fundamental research.* 2015;11:652-4.
6. Westgeest J, Weber D, Dulai SK, Joseph WB, Richard B, Lauren AB. Factors associated with development of nonunion or delayed healing after an open long bone fracture: a prospective cohort study of 736 subjects. *J. Orthop. Trauma.* 2016;30(3):149-55. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000488.
7. Литовченко В.О., Гарячий Є.В., Березка М.І., та ін. Найпоширеніші помилки при використанні інтрамедулярного блокуючого остеосинтезу. *Травма.* 2012;13(4):145-148. Litovchenko V, Garyachiy E, Berezka M, et al. Common mistakes in using intramedullary locking osteosynthesis. *Trauma.* 2012;13(4):145-8.
8. Meeuwis MA, de Jongh MA, Roukema JA, van der Heijden FH, Verhofstad MH. Technical errors and complications in orthopaedic trauma surgery. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* 2016;136 (2):185-93. DOI: 10.1007/s00402-015-2377-5.
9. Shapovalov VM, Khominets VV, Mikhaïlov SV, Shakun DA, Foos IV. Mistakes and complications in internal osteosynthesis in patients with fractures of long bones. *Voen. Med. Zh.* 2014;335 (1):25-30.
10. Buchholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM, Paul T. Rockwood and Green's fractures in adults. 8-th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. 2296 p.
11. Aslan AA, Uysal E, Ozmeric A. A staged surgical treatment outcome of type 3 open tibial fractures. *ISRN Orthop [internet].* 2014 Apr; 721041. Available from: DOI: 10.1155/2014/721041.
12. Kumar MN, Ravishankar MR, Manur R. Single locking compression plate fixation of extra-articular distal humeral fractures. *J. Orthop. Traumatol.* 2015;16 (2):99-104. DOI: 10.1007/s10195-014-0325-8.
13. Omerovic D, Lazovic F, Hadzimehmedagic A. Static or dynamic intramedullary nailing of femur and tibia. *Med. Arch.* 2015;69(2):110-3. DOI: 10.5455/medarh.2015.69.110-113.
14. Yoshino O, Brady J, Young K, Hardy B, Matthys R, Buxton T, et al. Reamed locked intramedullary nailing for studying femur fracture and its complications. *Eur. Cell. Mater.* 2017;34:99-107. DOI: 10.22203/eCM.v034a07.
15. Jiang-Jun Z, Min Z, Yan Y, Lei W, Lv R, Zhu Z, et al. Finite element analysis of a bone healing model: 1-year follow-up after internal fixation surgery for femoral fracture. *Pak. J. Med. Sci.* 2014;30(2):343-7. PMID: 24772140.
16. Maher SA, Meyers K, Borens O, Suk M, Grose A, Wright TM, et al. Biomechanical evaluation of an expandable nail for the fixation of midshaft fractures. *J. Trauma.* 2007;63(1):103-7. DOI: 10.1097/01.TA.0000243205.24809.3f.
17. Buciu G. Studies about virtual behavior of tibia fractures and nails during the fixation process. *Journal of Industrial Design and Engineering Graphics.* 2013;8 (2):5-10.
18. Liu B, Xiong Y, Deng H, Gu S, Jia F, Li Q, et al. Comparison of our self-designed rotary self-locking intramedullary nail and interlocking intramedullary nail in the treatment of long bone fractures. *J. Orthop. Surg. Res.* 2014;9 (47):1-9. DOI: 10.1186/1749-799X-9-47.
19. Грицай Н.П., Цокало В.Р., Колов Г.Б., та ін. Септичеські ускладнення після хірургічного лікування переломів костей голени. *Вісник ортопедії, травматології та протезування.* 2015;2(85):59-64.
20. Grytsay NP, Zokalo VN, Kolov GB, et al. Septic complications after surgical treatment of leg fractures. *Visnyk Orthop. Traum. Protez.* 2015;2(85):59-64.
21. Сулбатанаєв Т.Ж., Алходжаєв С.С., Тусупов Д.М. Помилки і ускладнення при ліченні переломів бедра. *Вестник КазНМУ.* 2016;3(1):315-6.
22. Sultanbayev TZH, Alhodzhaev SS, Tusupov DM. Mistakes and complications in the treatment of hip fractures. *Vestnik KazNMU.* 2016;3(1):315-6.
23. Sagalovsky S, Schonert M. The cell and molecular biology of bone fracture repair: role of the transforming growth factor-β1 in activation reparative osteogenesis (review). *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics.* 2014;3:136-143. DOI: 10.15674/0030-598720143136-143.

Complications of Intramedullary Blocking Osteosynthesis of Bones of Limbs and Ways to Prevent Them

Mansyrov A.B., Lytovchenko V.O., Gariachiy Ye.V.
Kbarkiv National Medical University, Kbarkiv

Summary. The main condition for preventing complications of intramedullary blocking osteosynthesis of long bones is following the tactical and technical principles of osteosynthesis and conscious rejection of such surgical techniques and manipulations that can lead to disturbances of the course of reparative processes of bone tissue. **Objective.** On the basis of the study and summary of the identified complications of intramedullary blocking osteosynthesis of diaphyseal fractures of bones of limbs, to determine ways to prevent complications of the reparation. **Materials and Methods.** The results of treatment of 403 patients who underwent intramedullary blocking osteosynthesis of the femur, tibia and humerus types A1 – A3, B1 – B3 and C2 by AO/ASIF were studied and analyzed. **Results.** Analyzing the technological complications that we have divided, depending on the consequences they led to, early (up to 2 weeks after surgery), late (2 weeks after surgery) and reparative, we found that the most common technological mistakes were incorrect preoperative planning and disruption of technology and surgery, which in 21.6% of cases led to instability of bone fragments in the fracture area, and the absence or disruption of recovery and rehabilitation of patients, which occurred in 26.3% of cases. Disorders of osteosynthesis technology,

namely, significant intra-operative traumatization of bone fragments and soft tissues, and non-eliminated soft tissue interposition resulted in inappropriate consolidation of bone fragments in 39% and 13%, respectively. The main cause of reparative complications was bone marrow drilling, which was performed for 56% of the patients with delayed consolidation of bone fragments, 56.3% of the patients with false joints, and 48% of the patients with bone fractures. **Conclusions.** Strict following the tactical and technical principles of intramedullary blocking osteosynthesis and rejection of bone marrow drilling without indications will reduce the incidence of bone dysregeneration. The study of the effect of bone marrow drilling on reparative bone regeneration in intramedullary blocking osteosynthesis is actual and needs further deep analysis.

Key words: intramedullary blocking osteosynthesis; reparative complications; long bones; bone marrow drilling.

Осложнения интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза костей конечностей и пути их предупреждения

Мансыров А.Б., Литовченко В.А., Гарячий Е.В.

Харьковский национальный медицинский университет, г. Харьков

Резюме. Основным условием предупреждения осложнений интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза длинных костей является соблюдение тактических и технических основ остеосинтеза и сознательный отказ от такой хирургической техники и манипуляций, которые способны привести к нарушениям течения репаративных процессов костной ткани. **Цель.** На основании изучения и обобщения выявленных осложнений интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза диафизарных переломов костей конечностей определить пути предупреждения репаративных осложнений. **Материалы и методы.** Были изучены и проанализированы результаты лечения 403 больных, которым был выполнен интрамедуллярный блокирующий остеосинтез бедренной, большеберцовой и плечевой костей типов А1 – А3, В1 – В3 и С2 по АО/ASIF. **Результаты.** Для проведения анализа осложнения технологического характера были разделены в зависимости от последствий, к которым они приводили, на ранние (до 2-х недель с момента операции), поздние (со 2-й недели после операции) и репаративные. В результате нами было выявлено, что наиболее распространенными технологическими ошибками были неверное предоперационное планирование, нарушение технологии и хода оперативного вмешательства, которые в 21,6% случаев привели к нестабильности костных отломков в зоне перелома, отсутствие или нарушение последовательности восстановительного и реабилитационного лечения больных, которые имели место в 26,3% случаев. Нарушение технологии остеосинтеза, а именно – значительная интраоперационная травматизация костных отломков и мягких тканей и неустраненная интерпозиция мягких тканей привели к несращению костных отломков в 39 и 13% соответственно. Основной причиной репаративных осложнений было рассверливание костномозгового канала, выполненное 56% пациентов с замедленной консолидацией костных отломков, 56,3% пациентов с сложными суставами и 48% – с несращением костных отломков. **Выводы.** Строгое соблюдение тактических и технологических основ интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза и отказ от рассверливания костномозгового канала без показаний позволит уменьшить частоту возникновения дисрегенерации костной ткани. Изучение влияния рассверливания костномозгового канала на репаративную регенерацию костной ткани при интрамедуллярном блокирующем остеосинтезе является актуальным и требует дальнейшего углубленного анализа.

Ключевые слова: интрамедуллярный блокирующий остеосинтез; репаративные осложнения; длинные кости; рассверливание костномозгового канала.

Відомості про авторів:

Мансыров Асіф Баглар огли – аспірант кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії та травматології, Харківський національний медичний університет, проспект Незалежності, 13, Харків, 61058, Україна. Тел. +38(093)2341691. E-mail: asifchyk@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2412-568X>.

МРТ-діагностика травм та захворювань надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи (Огляд літератури)

Радченко К.А., Гайко О.Г.

ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

Резюме. Захворювання та травми надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи становлять 6-12% від загального числа травм та захворювань органів рухового апарату. Стаття присвячена основним діагностичним можливостям магнітно-резонансної томографії (МРТ), визначенню показань для проведення обстеження та протоколів дослідження надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи. На основі аналізу даних літератури визначено високу діагностичну ефективність МРТ у виявленні патології кісткових та м'якотканинних структур даного сегмента нижньої кінцівки.

Ключові слова: огляд; МРТ; надп'яtkово-гомiлковий суглоб та стопа; зв'язка; хрящ; сухожилок; імпінджмент-синдром; остеонекроз; чутливість; стрес-перелом; кістка; травматологія; діагностика.

Проблема пошкоджень та захворювань надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи є надзвичайно актуальною у медичній та соціальній сферах як через досить високу частоту патології, так і через втрату працездатності та інвалідизацію хворих. Захворювання та травми надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи становлять 6-12% від загального числа травм та захворювань органів опори та руху, до 30% уражень суглобів нижніх кінцівок та до 40-60% числа всіх уражень нижніх кінцівок [1, 37].

Для візуалізації структур надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи використовують різні методи діагностики, такі як рентгенографія, ультразвукове дослідження (УЗД), мультиспіральна комп'ютерна томографія (МСКТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ). Первинним методом діагностики, безумовно, на сьогодні є рентгенографія. Але з появою високоінформативних технологій МРТ посіла провідне місце у діагностиці пошкоджень та захворювань опорно-рухового апарату, у тому числі і стопи. Сьогодні МРТ – це єдиний метод діагностики, який не чинить променевого навантаження на пацієнтів та дозволяє оцінити стан як кісткових, так і м'якотканинних структур за допомогою багатоплощинних досліджень.

Спектр показань для проведення МРТ надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи достатньо широкий: травматичні ушкодження, хронічний больовий синдром, запальні та дегенеративні зміни, об'ємні утворення та інше.

Мета дослідження – оптимізація діагностики ушкоджень та захворювань надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи на основі аналізу та систематизації діагностичних можливостей, протоколів дослідження МРТ, семіотики норми та патології.

МРТ надп'яtkово-гомiлкового суглоба має свої особливості внаслідок складної анатомічної будови та наявності великої кількості дрібних структур та потребує використання високопольних томографів потужністю 1,5-3 Т із застосуванням різних протоколів та режимів.

Використання високопольних потужних томографів дає можливість деталізувати дрібні анатомічні структури вказаної ділянки, що вкрай важко виконати за допомогою апаратів із потужністю 0,5 Т (рис. 1).

Для дослідження надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи використовують два види котушок (поверхневі та твердотільні), серед яких частіше – варіант спеціалізованої жорсткої твердотільної котушки. У положенні пацієнта на спині стопа фіксується під кутом 20 градусів згинання, що дозволяє зменшити динамічні артефакти та покращити візуалізацію п'яtkово-малогомiлкової зв'язки. Про таку укладку стопи слід пам'ятати при направленні на МРТ хворих із наявністю переломів, контрактур та вираженого больового синдрому.

Стандартна методика МРТ включає сканування у трьох основних проєкціях: аксіальній, коронарній, сагітальній. Товщина зрізу може варіювати від 1 до 5 мм, з інтервалом 0,5 до 1 мм залежно від області дослідження. Як правило, використовують товщину зрізу від 1 до 3 мм, з інтервалом 0,5 мм. Для дослідження надп'яtkово-гомiлкового суглоба та стопи використовують імпульсні послідовності T1 FSE, T2 FSE, PD FSE, та послідовності з пригнічення сигналу від жиру FS PD FSE. Для покращення візуалізації п'яtkово-малогомiлкової зв'язки використовується косо-коронарна проєкція у режимі PD FSE та T1 FSE без жиропригнічення, що впроваджена і в нашому відділенні.

Імпульсна послідовність T1 нагадує звичайний рентгенівський знімок та добре підходить для діагнос-

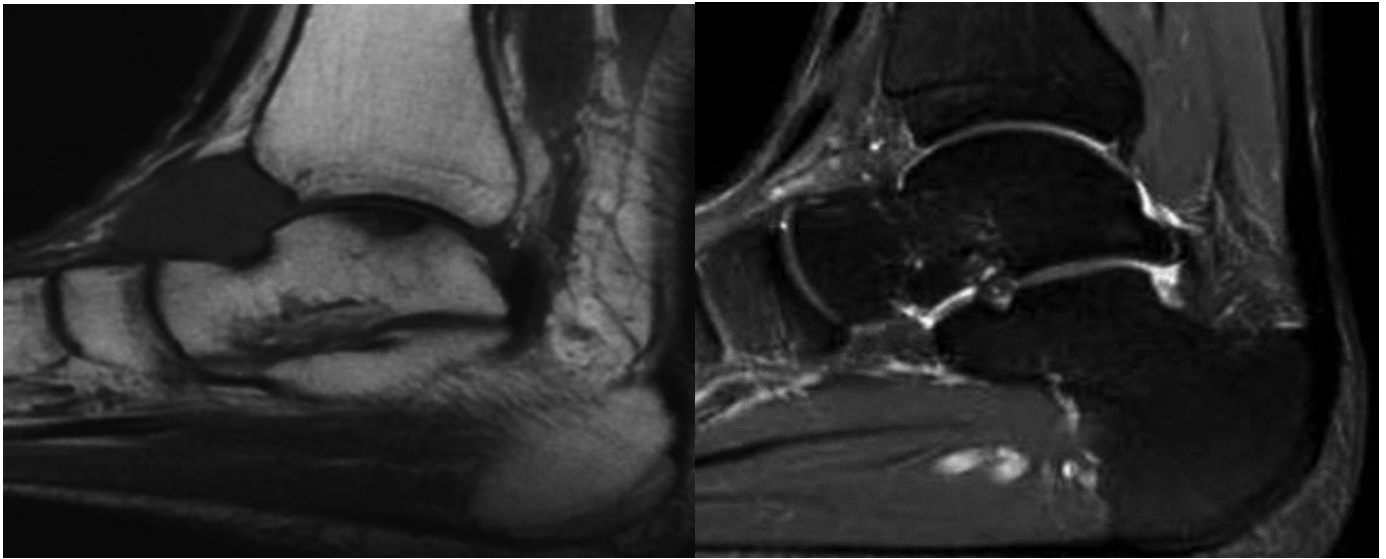


Рис. 1. МР-зображення надп'ятково-гомількового суглоба: ліворуч дослідження виконано на низькопольному апараті потужністю 0,5 Т, праворуч – на високопольному апараті потужністю 1,5 Т

тики кісткової патології. У режимі T1 кістки та жирова тканина візуалізуються як гіперінтенсивні структури (білий колір), а сухожилки та рідина як гіпоінтенсивні (чорний колір), хрящі та м'язи мають проміжну інтенсивність (сірий колір). Для пригнічення сигналу від жиру, кращого диференціювання м'яких тканин, візуалізації рідини, запальних змін та новоутворень використовують спеціальну імпульсну послідовність із жиропригніченням – FS PD FSE. У даній послідовності всі м'якотканинні елементи та кістки візуалізуються як гіпоінтенсивні структури та тільки рідинні компоненти – як гіперінтенсивний сигнал.

Основними показаннями до проведення МРТ надп'ятково-гомількового суглоба та стопи є: хондро та остеохондральні пошкодження, вільні внутрішньо-

суглобові тіла, патологія кісткового мозку (забій кістки, набряк кісткового мозку, стрес-перелом), запальні реакції синовіальної оболонки (синовіт, теносиновіт, бурсит та інше), запальні зміни та пошкодження сухожилків та зв'язок (розрив, тендініт, тендінопатія), інфекції та пухлини кісток, суглобів та м'яких тканин, аваскулярний некроз, вроджена патологія кісток (додаткові кістки, тарзальні коаліції), підшовний фасціїт, фасціальні розриви, патологія таранного синуса.

Пошкодження зв'язок

Найбільш частим об'єктом дослідження даної області є зв'язки надп'ятково-гомількового суглоба. У нормі зв'язки на МР-томограмах виглядають як тонкі, лінійні, гіпоінтенсивні тяжі з однорідним сигналом в усіх режимах (рис. 2).

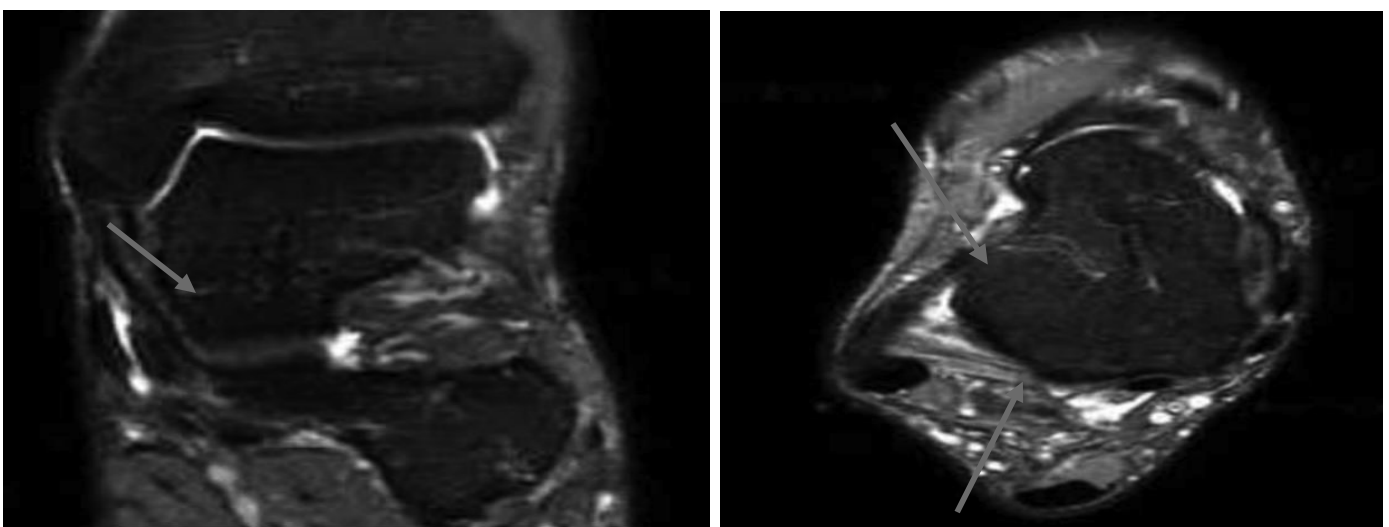


Рис. 2. МР-томограма надп'ятково-гомількового суглоба в нормі, зв'язки представлені у вигляді лінійних гіпоінтенсивних структур в усіх режимах (позначено стрілками)

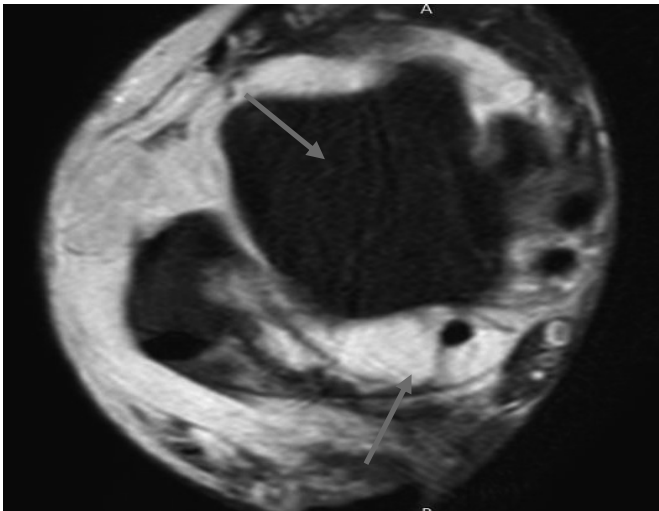


Рис. 3. На МР-томограмі в аксіальній проекції у режимі FS PD FSE визначається значний набряк м'яких тканин по зовнішній поверхні над'яtkово-гомiлково-го суглоба, повний розрив передньої таранно-малогомiлкової зв'язки та парціальний розрив задньої таранно-малогомiлкової зв'язки.
З анамнезу: Ч., 25 років, гостра інверсійна травма над'яtkово-гомiлково-го суглоба

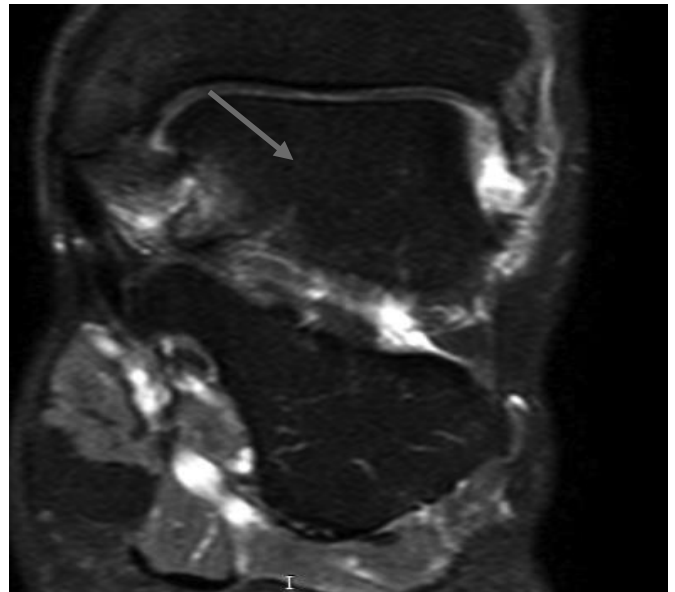


Рис. 4. На МР-томограмі у коронарній проекції у режимі FS PD FSE візуалізується трабекулярний набряк у місці кріплення задньої великогомiлково-таранної частини дельтоподібної зв'язки, часткова уривчастість її волокон, набряк навколишніх м'яких тканин.
З анамнезу: Ч., 19 років, гостра еверсійна травма

За даними літератури, більш ніж у 90% випадків пошкоджується латеральний комплекс, у якому частіше спостерігаються розриви передньої таранно-малогомiлкової зв'язки [11]. Використовування імпульсної послідовності з жиропригніченням дозволяє точніше визначити ступінь тяжкості пошкодження зв'язок за класифікацією V. Khan (радіологічна класифікація): 1-й ступінь (grade 1) – мікротравматизація або розтягнення, 2-й ступінь (grade 2) – частковий розрив, 3-й ступінь (grade 3) – повний розрив [2]. За даними літератури, чутливість МРТ у діагностиці гострих пошкоджень зв'язок складає 94-96%, для хронічних розривів 82-90% [3]. МР-критеріями гострого пошкодження є зміни інтенсивності сигналу безпосередньо від зв'язки та навколо розташованих структур: уривчастість волокон зв'язки, набряк навколишніх м'яких тканин, трабекулярний набряк прилеглих відділів кісток (рис. 3, 4).

Хронічні ушкодження проявляються потовщенням або стоншенням, нерівністю контурів зв'язки, відсутністю набряку навколишніх м'яких тканин та прилеглих кісткових структур (рис. 5).

Патологія сухожилків

На МР-томограмах сухожилки в усіх режимах у нормі візуалізуються, як і зв'язки, у вигляді лінійних, гіпоінтенсивних структур. Іноді зустрічаються ділянки неоднорідного МР-сигналу, що пов'язано з жировими вclusions, які не повинні розцінюватися радіологом або клініцистом як патологія. УЗД володіє достат-

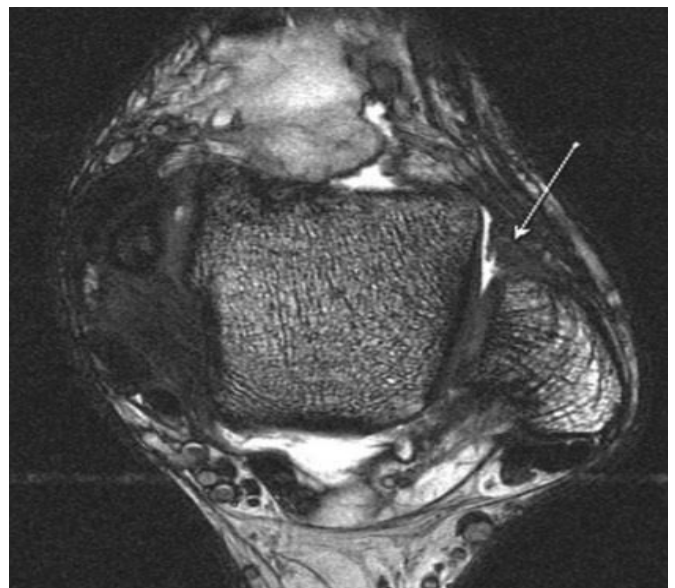


Рис. 5. На МР-томограмі в аксіальній проекції у режимі T1 FSE передня таранно-малогомiлкова зв'язка візуалізується з неоднорідним МР-сигналом, контури зв'язки нерівні, навколишня жирова клітковина з ознаками фіброзних змін.
З анамнезу: Ж., 28 років, спортсменка, застаріла інверсійна травма стопи

ньо високою діагностичною ефективністю при різній патології сухожилків. Тому МРТ доцільно виконувати при сумнівній клінічній та сонографічній картині, а

також при застарілих пошкодженнях ахіллового сухожилка зі збереженням цілісності паратенона. На рис. 6 наведено приклад розриву п'яткового сухожилка.



Рис. 6. На МР-томограмі в сагітальній проекції у режимі FS PD FSE візуалізується повний розрив п'яткового сухожилка з формуванням діастазу між фрагментами, значний набряк прилеглих відділів м'яких тканин. З анамнезу: Ж., 35 років, гостра травма надп'ятково-гомількового суглоба

МРТ має високу інформативність для діагностики патології кісткової тканини, м'якотканинних структур, наявності патологічного скупчення рідини, тому широко використовується для діагностики синдрому Хагlundа, який характеризується ураженням ахіллового сухожилка з супутніми реактивними змінами в прилеглих м'яких тканинах та п'ятковій кістці (рис. 7).

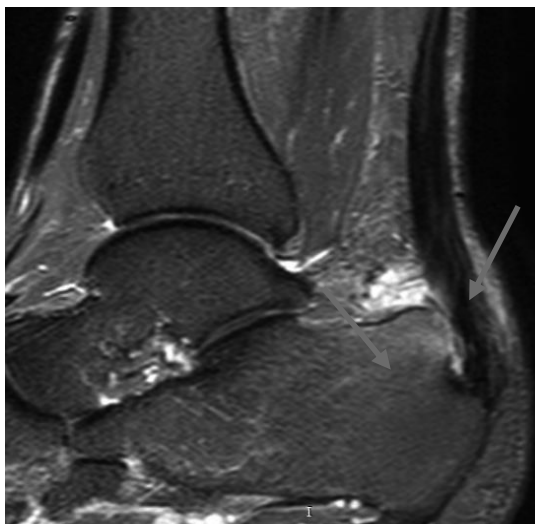


Рис. 7. На МР-томограмі у режимі FS PD FSE визначається набряк горба п'яткової кістки у місці кріплення п'яткового сухожилка, преахілярний бурсит, неоднорідне підвищення МР-сигналу від потовщеного п'яткового сухожилка в дистальному відділі. З анамнезу: Ж., 5 років, хронічний біль у задньому відділі стопи

Пошкодження сухожилків, як і зв'язок, класифікуються за трьома ступеням: 1-й ступінь (grade 1) характеризується легким пошкодженням сухожилка – менше ніж 5%, 2-й ступінь (grade 2) – часткове пошкодження волокон сухожилка, 3-й ступінь (grade 3) – повний розрив сухожилка (рис. 8) [4].

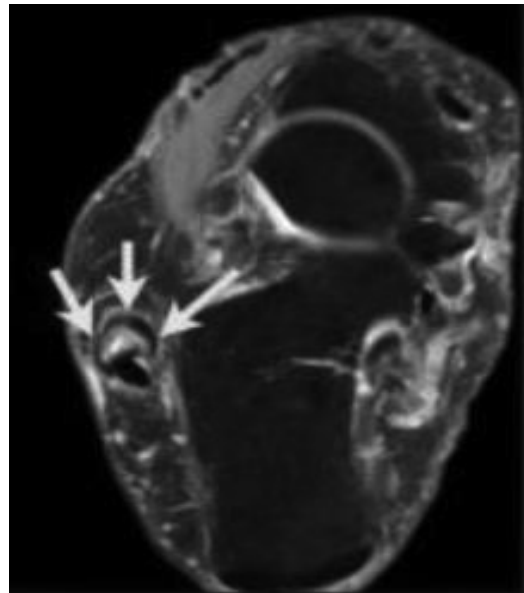


Рис. 8. На МР-томограмі в аксіальній проекції у режимі FS PD FSE візуалізується потовщення сухожилка короткого малогомількового м'яза з частковим перериванням ходу його волокон та ознаками набряку навколишніх м'яких тканин. З анамнезу: Ч., 32 роки, футболіст, гостра супінаційна травма

Імпінджмент-синдром

Хронічний біль у надп'ятково-гомільковому суглобі може бути наслідком імпінджмент-синдрому. Під цим синдромом розуміють патологічний стан, який характеризується здавленням м'яких тканин між суміжними кістковими структурами. Хронічна нестабільність у суглобі провокує гетеротопічне розростання синовіальних тканин, фіброзування кісткових каналів, появу крайових остеофітів по суглобовим поверхням, які і є основною причиною виникнення цієї патології. Специфічність МРТ у діагностиці імпінджмент-синдрому, за даними літератури, становить 39-100%, чутливість – 50-100% [5]. Залежно від локалізації розрізняють наступні види імпінджменту: передній та задній, передньо-латеральний, передньо-медіальний та задньо-медіальний, а також синдром тарзального синуса (рис. 9, 10).

Остеохондральне пошкодження

Остеохондральне пошкодження є наслідком поодиноких або множинних травматичних пошкоджень. МРТ надп'ятково-гомількового суглоба є методом вибору комплексної візуалізації стану хряща та субхон-

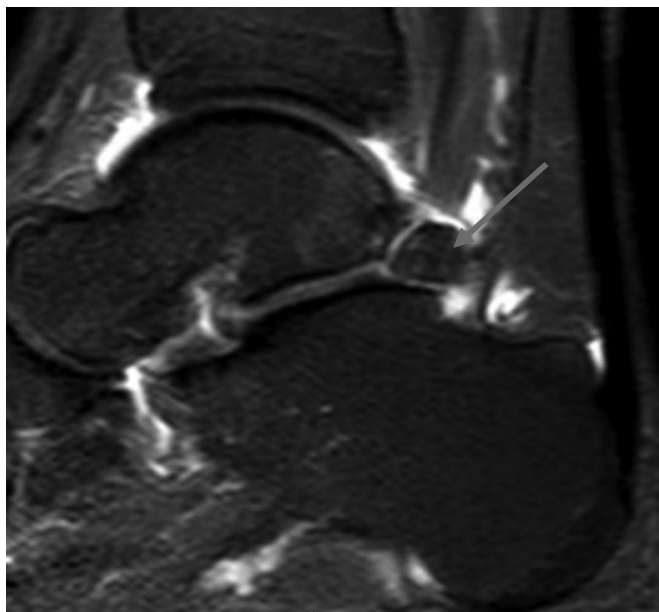


Рис. 9. На МР-томограмі у сагітальній проекції у режимі FS PD FSE візуалізуються фіброзні зміни в задньому відділі над'яtkово-гомількового суглоба на фоні значної кількості рідини, гіпертрофована *os trigonum*, МР-сигнал від суміжних відділів *os trigonum* та заднього відділу таранної кістки неоднорідний за рахунок осередків.
З анамнезу: Ж., 29 років, балерина, зі скаргами на біль на висоті підошовного згинання стопи

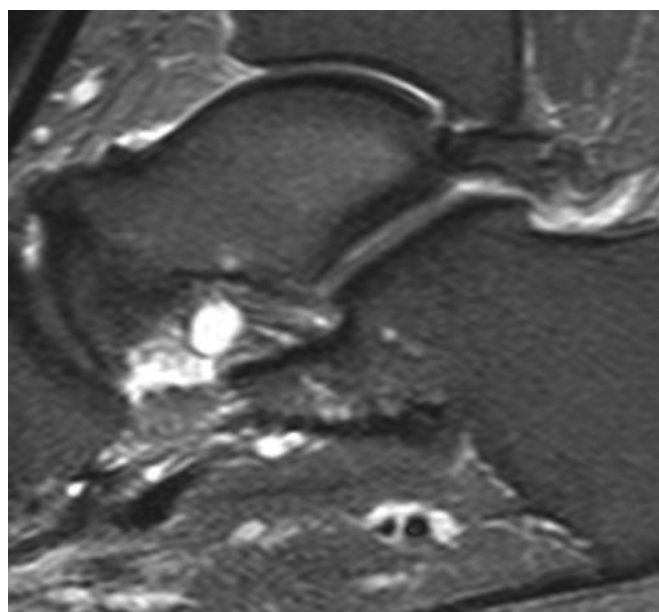


Рис. 10. На МР-томограмі у сагітальній проекції у режимі FS PD FSE визначається поєднання заднього ім'пінджмент-синдрому та синдрому тарзального синуса. Візуалізується гіпертрофія та помірний набряк *os trigonum*, патологічне скупчення рідини у задньому відділі порожнини над'яtkово-гомількового суглоба, дрібна кістка в проекції тарзального синуса у товщі таранно-п'яtkової зв'язки. З анамнезу: Ч., 21 рік, спортсмен, багаторазові травми стопи

дральної кісткової тканини, але для оцінки розмірів та більш точної локалізації пошкодження рекомендовано використовувати МСКТ [8]. За даними літератури, чутливість МРТ у діагностиці остеохондральних пошкоджень у ранній період становить 89%, а специфічність 100% [5]. Найбільш часто остеохондральне пошкодження виявляють у блоці таранної кістки (рис. 11).

Остеонекроз

МРТ є "золотим стандартом" діагностики остеонекрозу на ранніх стадіях. Зони неоднорідної інтенсивності МР-сигналу від кісткового мозку на початкових стадіях є ознаками некротичних змін, які, як правило, ще не візуалізуються при рентгенографії та КТ. Приклад МРТ-картини аваскулярного некрозу човноподібної кістки представлений на рис. 12.

Стресові переломи

Стресові переломи частіше локалізуються у діафізі 2-ї плеснової та п'яtkової кісток, рідше – у човноподібній та таранній кістках. МРТ має високу чутливість та специфічність (97-98%) у діагностиці стресових переломів на ранній стадії [39]. Це пов'язано з тим, що у режимах з жиропригніченням добре візуалізуються зони набряку, які не видно на звичайних рентгенограмах (рис. 13).



Рис. 11. На МР-томограмі у коронарній проекції у режимі T1 FSE у медіальному відділі блоку таранної кістки візуалізується ділянка зміненої кісткової структури з переломом прилеглих відділів суглобового хряща. З анамнезу: Ж., 16 років, біль у над'яtkово-гомільковому суглобі, переважно при навантаженні, супінаційна травма 6 місяців тому

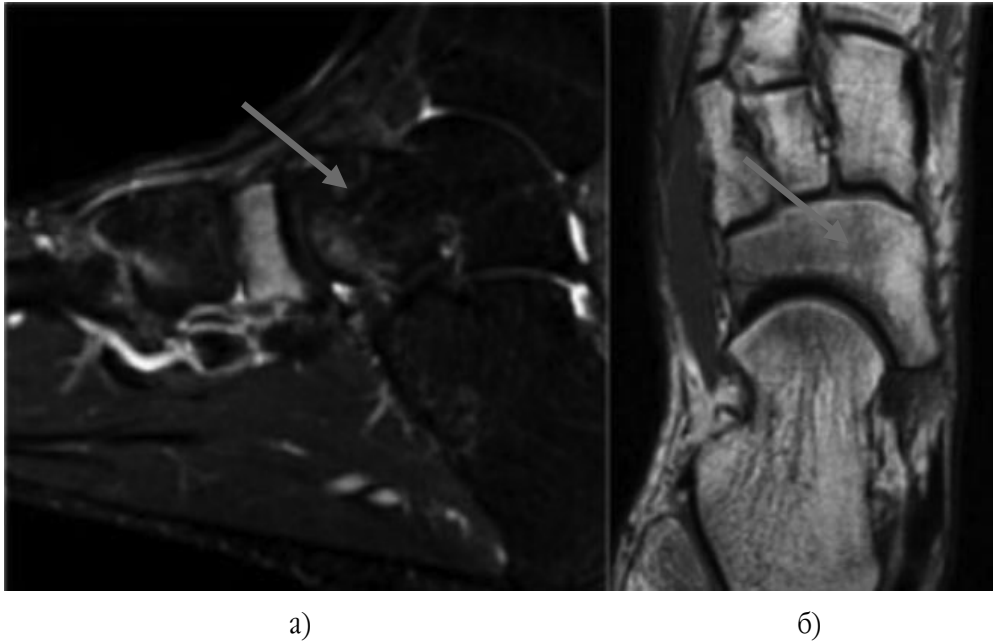


Рис. 12. На МР-томограмах у сагітальній проекції, режим FS PD FSE (а), аксіальній проекції, режим T1 FSE (б), визначаються наступні зміни: МР-сигнал від човноподібної кістки неоднорідно підвищений у режимі FS PD FSE, знижений у режимі T1 FSE, висота кістки збережена, навколишні м'які тканини з ознаками помірного набряку.
З анамнезу: Ж., 45 років, біль та припухлість у середньому відділі стопи нетравматичного генезу

Аномалії розвитку

Особливу групу захворювань складають вроджені аномалії у вигляді додаткових кісток та тарзальних зрощень, які можуть викликати біль, обмеження руху та деформацію стопи (рис. 14-15). Тарзальна коаліція – вроджена патологія, при якій наявне ано-

мальне з'єднання (кісткове, хрящове або фіброзне) двох або більше кісток передплесни. МСКТ є методом вибору для діагностики коаліції, для диференціювання виду тарзальних коаліцій та вторинних запальних змін у суглобі [40]. Приклад коаліції наведений на рис. 15.

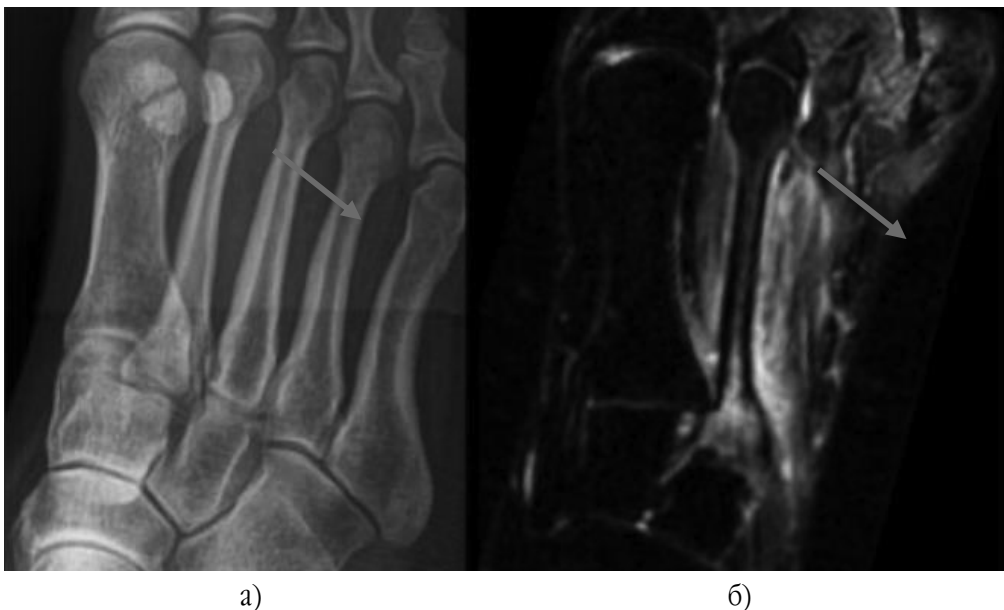


Рис. 13. а) На рентгенограмі: без ознак патології; б) на МР-томограмі у коронарній проекції у режимі FS PD FSE візуалізується неоднорідне підвищення МР-сигналу від 2-ї плеснової кістки, виражена зона набряку навколишніх м'яких тканин при чітко збереженому кортикальному шарі.
З анамнезу: Ж., 53 роки, біль та набряк по передній поверхні стопи, переважно при фізичному навантаженні

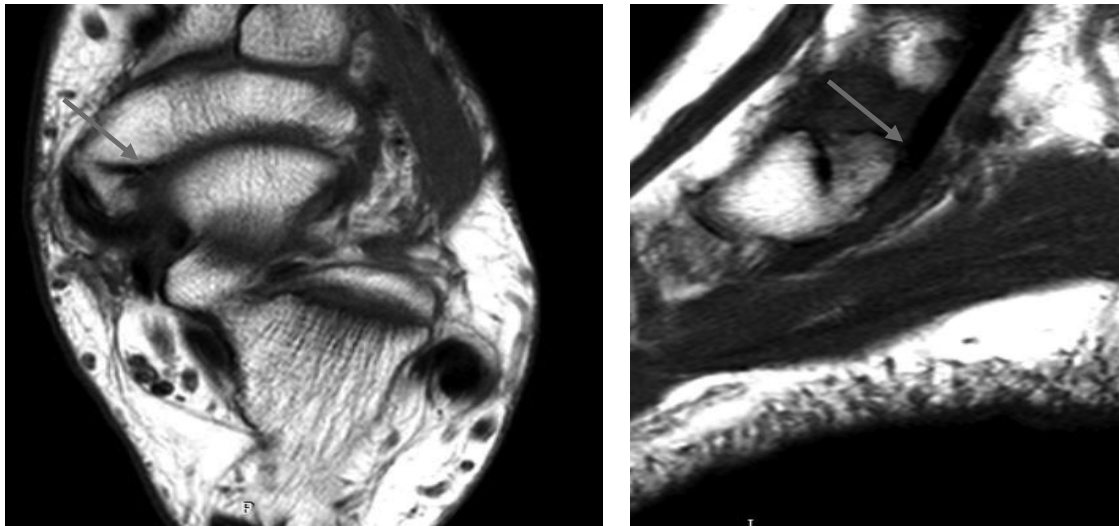


Рис. 14. На МР-томограмі в аксіальній проекції у режимі T1 FSE візуалізуються: по зовнішній поверхні човноподібної кістки додаткова кістка – *os naviculare*, кістково-хрящовий тип з'єднання з човноподібною кісткою. З анамнезу: Ж., 60 років, хронічний біль по зовнішній поверхні надп'ятково-гомількового суглоба, переважно при ходьбі

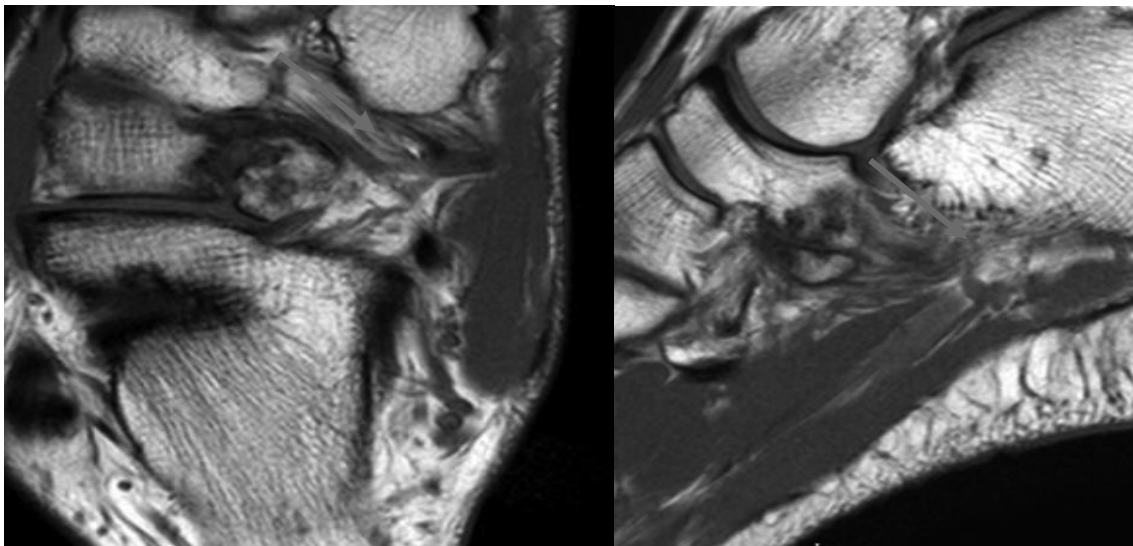


Рис. 15. На МР-томограмах в аксіальній та сагітальній проекціях у режимі T1 FSE візуалізуються: суміжні суглобові поверхні човноподібної та кубоподібної кісток – нерівні, “зазубрені”, склерозовані, суглобова щілина між вказаними кістками має нерівномірну ширину. З анамнезу: Ч., 29 років, хронічний больовий синдром та обмеження рухів у стопі

Висновки

1. Метод МРТ має ряд переваг перед іншими методами діагностики, такими як рентгенографія, комп'ютерна томографія, сонографія. Він дозволяє більш чітко візуалізувати як м'якотканинні, так і кісткові структури надп'ятково-гомількового суглоба та стопи.

2. Складна 3D-анатомія надп'ятково-гомількового суглоба та стопи потребує використання високопольних томографів потужністю 1,5-3 Т.

3. Основними проекціями при стандартному МРТ-дослідженні надп'ятково-гомількового суглоба

та стопи у трьох проекціях є: аксіальна, сагітальна, корональна у режимах FS PD FSE, T1 FSE, PD FSE, для покращення візуалізації п'ятково-малогомілкової зв'язки рекомендовано використання косо-корональної проекції у режимі PD FSE та T1 FSE без жиросупресії.

4. МРТ є високочутливим методом візуалізації уражень зв'язок та сухожилків, початкових стадій аваскулярного некрозу, стрес-перелому, остеохондральних пошкоджень надп'ятків та стопи.

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

References

1. Tourne Y, Besse J Which tests to assess the lesions? Chronic ankle instability. 2010;96(4):433-46.
2. Khan V. Open journal of clinical diagnostics. Injuries of ligaments of ankle joint. 2013;3:137- 41.
3. Bearcroft PW, Guy S, Bradley M, Robinson F. MRI of the ankle: effect on diagnostic confidence and patient management. AJR 2006; 187(5): 1327-31.
4. Chang A, Miller T. Imaging of tendons. Sport Health. 2009;1(4):283-00.
5. Rizer M, Baur A. Necrosis of talus. Musculoskeletal system. 2011;233-37.
6. Anziolotti K, Schweitzer M.E. Effect of foot and ankle MR imaging on clinical decision making. Radiology. 2006;DOI:201: 515517.
7. Ph. Robinson, Impingement syndromes of the ankle, Eur. Radiol. 2007;17: 3056-65.
8. Bergen N. Diagnosing planning and evaluating osteochondral ankle defect with imaging modalities. Worlds Orthop. 2015;18 6 (11): 944-953.
9. Kyle P.Lavery, Kevin J.McHale, George Theodore. Ankle impingement. Journal of Orthopaedic Surgery and Research. [Internet]. 2016;11(1):97.
10. Raikin SM, Cooke PH. Divot sign: a new observation in anterior impingement of the ankle. Foot Ankle Int.1999;20(8):532-3. DOI:10.1177/107110079902000812.
11. Valkering KP, et al. "Web impingement" of the ankle: a case report. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.2013;21(6):1289-92. DOI:10.1007/s001670-012-2077-4.
12. Tol JL, van Dijk CN. Etiology of the anterior ankle impingement syndrome: a descriptive anatomical study. Foot Ankle [Internet]. 2004;25(6):382-6.
13. Rosenbaum AJ, et al. Ankle impingement caused by an intra-articular plica: a report of 2 cases. Foot Ankle Spec. 2016;9(1):79-82. DOI:10.1177/1938640015578515.
14. Hitermann B. Biomechanics of the unstable ankle joint and clinical implications. Med Sci Sports Exerc.1999;31:459-69.
15. Li HY, Hua ZY, Wu ZY, Chen SY, Chen B. Strength of suture anchor versus transosseous tunnel in anatomic reconstruction of the ankle lateral ligaments: a biomechanical study. Arthroscopy. 2013;29:1817-25.
16. Kwon DG, et al. Associations between MRI findings and symptoms in patients with chronic ankle sprain. J Foot Ankle Surg. 2014;53(4):411-14.DOI:10.1053/j.jfas.2014.02.018.
17. Scanton PE, McDermott JE, Rogers JV. The relationship between chronic ankle instability and variations in mortise anatomy and impingement spurs. Foot Ankle [Internet]. 2000;21(8):657-664. DOI:10.1177/107110070002100805.
18. O'Neil PJ, Van Aman SE, Guyton GP. Is MRI adequate to detect lesions in patients with ankle instability? Clin Orthop Relat Res. 2010;468(4):1115-19.DOI:10.1007/s11999-009- 1131-0.
19. Hua Y, Yang Y, Chen S, Cai Y. Ultrasound examination for the diagnosis of chronic anterior talofibular ligament injury. Acta Radiol. 2012;53(10):1142-45.DOI:10.1258/ar.2012.120171.
20. Oae K, Takao M, Uchio Y, Ochi M. Evaluation of anterior talofibular ligament injury with stress ultrasonography and MR imaging. Skelet Radiol. 2010;39(1):41-47. DOI:10.1007/s00256-009-0767-x.
21. Sugimoto K, Takakura Y, Samoto N, Nakayama S, Tanaka Y. Subtalar arthrography in recurrent instability of the ankle. Clin Orthop Relat Res.2002;394:169- 76.DOI:10.1097/00003086-200201000-00020.
22. Choi WJ, Lee JW, Han SH., Kim BS, Lee SK. Chronic lateral ankle instability: the effect of intra-articular lesions on clinical outcome. Am J Sports Med. 2008;36(11):2167-72. DOI: 10.1177/0363546508319050.
23. Frost SC., Amendola A. Is stress radiography necessary in the diagnosis of acute or chronic ankle instability? Clin J Sport Med. 1999;9(1):40-45.DOI:10.1097/00042752-199901000- 00008.
24. Jeong B.O, Kim TY, Song WJ. Effect of preoperative stress radiographic findings on radiographic and clinical outcomes of the modified Brostrom procedure for chronic ankle instability. J Foot Ankle Surg. 2016;55(1):125-28. DOI:10.1053/j.jfas.2015.08.010.
25. Kopkow C, Freiberg A, Kirschner S, Seidler A, Schmitt J. Physical examination tests for the diagnosis of posterior cruciate ligament rupture review. Orthop Sports Phys Ther. 2013;43(11):804-813. DOI: 10.2519/jospt.2013.4906.
26. Dinato MC, Luques IU, Freitas Mde F, Pereira Filho MV, Pagnano RG. Endoscopic treatment of the posterior ankle impingement syndrome on amateur and professional athletes. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2016;24:1396-401. DOI:10.1007/s00167- 015-3747-9.
27. Nihal A, Rose DJ, Trepman E. Arthroscopic treatment of anterior ankle impingement syndrome in dancers. Foot Ankle [Internet] 2005;26:908-12.
28. Dimmick S, Linklater J. Ankle impingement syndromes. Radiol Clin North Am. 2013;51:479-510. DOI:10.1016/j.rcl.2012.11.005.
29. Kim SH, Ha KI. Arthroscopic treatment for impingement of the anterolateral soft tissues. Bone Joint Surg Br. 2000;82:1019-21.
30. Liu SH, Raskin A, Osti L, Baker C, Jacobson K, Finerman G. Arthroscopic treatment of anterolateral ankle impingement. Arthroscopy. 1994;10:215-18.
31. Loomer R, Fisher C, Loyd-Smith R, Sisler J, Cooney T. Osteochondral lesions of the talus. Am J Sports Med. 1993;21:13-19.
32. Schmid MR, Pfirrmann CW, Hodler J, Vienne P, Zanetti M. Cartilage lesions in the ankle joint: comparison of MR arthrography. Skeletal Radiol. 2003;259-65.
33. Cerezal L, Llopis E, Canga A, Rolon A. MR arthrography of the ankle: indications and technique. Radiol Clin North Am.2008;46:973-74.
34. Takakura Y, Tanaka Y, Kumai S. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients. Bone Joint Surg Br. 1995;77:50-4.
35. Savage-Elliott I, Ross KA, Smyth NA, Murawski CD, Kennedy IG. Osteochondral lesions of the talus: a current concepts review and evidence-based treatment paradigm. Foot ankle Spec. 2014;7:141-22.
36. Витько НК, Зубанов АГ, Магнитно-резонансная анатомия и проблемы визуализации. Радиология-практика. 2002;3:2-14.
37. Vitko N.K., Zubanov A.G., Magnetic resonance anatomy of ankle joint and foot: normal anatomy and imaging problems. Radiology-Practice, 2002;3:2-14, Moscow, Russia.
38. Пашникова ИС. Переднелатеральный импинджмент голеностопного сустава. Радиология. 2012;5:31-9.
39. Pashnikova I.S. Anterolateral impingement of ankle joint. Radiology. 2012;5:31-9.
40. Звездкина ЕА. Магнитно-резонансная томография голеностопного сустава. Клиническая практика. 2012;5:31-9.
41. Zvezdkina E.A. Magnetic resonance imaging of ankle joint. Clinical Practice, 2012;5:31-9.
42. Исакова ТМ, Дьячкова ГВ. Магнитно-резонансная томография в оценке повреждения связок голеностопного сустава при застарелых его повреждениях. Гений ортопедии. 2009;1:65-9.
43. Isakova T.M., Dyachkova G.V. Magnetic resonance imaging in damage assessment of ankle joint ligaments with chronic damage. Genius of Orthopedics. 2009;1:65-9.
44. Кенис ВМ. Тарзальная коалиция у детей. Травматология и ортопедия. 2010;3(57):159-65.
45. Kenis V.M. Tarsal coalition in children. Traumatology and orthopedics. 2010;3(57):159-65.

MRI-Diagnostics of Injuries and Diseases of the Ankle Joint and Foot (Review of Literature)

Radchenko K.A., Haiko O.G.

SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

Summary. Diseases and injuries of the ankle joint and foot make up 6-12% of the total number of injuries and diseases of the musculoskeletal system. The article is devoted to the main diagnostic possibilities of magnetic resonance imaging (MRI), determination of indications for examination and protocols for the study of the ankle joint and foot. Based on the analysis of literature data, the high diagnostic efficiency of MRI in the identified pathologies of bone and soft tissue structures of this segment of the lower extremity was determined.

Key words: review; MRI, ankle joint and foot, copula, cartilage, tendon, impingement syndrome, osteonecrosis, sensitiveness, stress fracture, bone, traumatologists, diagnostics.

МРТ-диагностика травм и заболеваний надпяточно-голеностопного сустава и стопы (Обзор литературы)

Радченко Е.А., Гайко О.Г.

ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

Резюме. Заболевания и травмы голеностопного сустава и стопы составляют 6-12% от общего числа травм и заболеваний органов двигательного аппарата. Статья посвящена основным диагностическим возможностям магнитно-резонансной томографии (МРТ), определению показателей для проведения обследования и протоколов исследования голеностопного сустава и стопы. На основе анализа данных литературы установлена высокая диагностическая эффективность МРТ в выявлении патологии костных структур и мягкотканых структур данного сегмента нижней конечности.

Ключевые слова: обзор; МРТ; надпяточно-голеностопный сустав и стопа; связка; хрящи; сухожилие; импинджмент-синдром; остеонекроз; чувствительность; стресс-перелом; кость; травматология; диагностика.

Відомості про авторів:

Радченко Катерина Андріївна – лікар-рентгенолог, відділення діагностики ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: eagolubeva@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-6757>.

Гайко Оксана Георгіївна – доктор медичних наук, завідувач відділом функціональної діагностики ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: ooksana.2010@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Information about authors:

Radchenko Kateryna Andriivna – roentgenologist at the Department of Functional Diagnosis and Roentgenology, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: eagolubeva@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-6757>.

Haiko Oksana Georgiivna – D.Med.Sc., head of the Department of Functional Diagnosis and Roentgenology, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: ooksana.2010@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Сведения об авторах:

Радченко Екатерина Андреевна – врач-рентгенолог, отделение диагностики ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: eagolubeva@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-6757>.

Гайко Оксана Георгіївна – доктор медичних наук, завідувача відділенням функціональної діагностики ГУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: ooksana.2010@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Для кореспонденції: Радченко Катерина Андріївна, лікар-рентгенолог, відділення діагностики ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(099)0183444. E-mail: eagolubeva@ukr.net.

For correspondence: Radchenko Kateryna A., roentgenologist, Department of Functional Diagnosis and Roentgenology, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(099)0183444. E-mail: eagolubeva@ukr.net.

Для корреспонденции: Радченко Екатерина Андреевна, врач-рентгенолог, отделение диагностики ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, вул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(099)0183444. E-mail: eagolubeva@ukr.net.

УДК: 616-08-035:616.72-001.4:616-78

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-52-60

Лікування ран при негативному тиску (VAC) в ортопедичній хірургії (Огляд)

Зазірний І.М.¹, Кравченко Д.Д.¹, Андреев Атанас²

¹Клінічна лікарня “Феофанія” Державного управління справами, м. Київ

²Клініка ортопедії та травматології, Університетська багатопрофільна лікарня
активного лікування “Святої Анни”, м. Софія, Болгарія

Резюме. Лікування ран при негативному тиску, у своєму найбільш вживаному варіанті – вакуумне закриття рани (англ. VAC), полягає у застосуванні субатмосферного (вакуумметричного) тиску на рану, яка ізольована спеціально розробленою пов'язкою і з'єднується трубкою з відсмоктувальним насосом та дренажною системою збору. Дефекти шкіри надзвичайно часто зустрічаються в ортопедичній та травматологічній хірургії. VAC є цінним методом завдяки цілому ряду показників. Доведені фактори впливу включають збільшення кровотоку, стимуляцію ангіогенезу та зменшення площі поверхні рани. VAC можна використовувати для лікування посттравматичних та хірургічних ран, опіків та хронічних ран, таких як пролежні та виразки. Зниження частоти зміни пов'язок при VAC зменшує навантаження на персонал. Державні служби охорони здоров'я Австралії, Бельгії, Канади, Нової Зеландії, США, ФРН, Франції опублікували настанови щодо належної практики використання VAC зі специфічними та регламентованими вказівками. Метод VAC було покращено за рахунок впровадження декількох технологічних удосконалень, таких як силіконові оболонки, абсорбуючі пов'язки з різною щільністю та розміром пор та іригаційними системами. У результаті було одержано кращу адаптивність в умовах кожного конкретного випадку. Однак VAC не є оптимальним для кожного випадку та не може замінити необхідну хірургічну процедуру. Метою даного дослідження є аналіз принципів, практичних методів та показань до VAC.

Ключові слова: огляд; лікування ран при негативному тиску; загоєння ран; травматологія та ортопедія.

Гайко Оксана Георгієвна – доктор медичинських наук, завідувачка відділенням функціональної діагностики ГУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: ooksana.2010@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>.

Для кореспонденції: Радченко Катерина Андріївна, лікар-рентгенолог, відділення діагностики ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(099)0183444. E-mail: eagolubeva@ukr.net.

For correspondence: Radchenko Kateryna A., roentgenologist, Department of Functional Diagnosis and Roentgenology, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(099)0183444. E-mail: eagolubeva@ukr.net.

Для корреспонденции: Радченко Екатерина Андреевна, врач-рентгенолог, отделение диагностики ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, вул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(099)0183444. E-mail: eagolubeva@ukr.net.

УДК: 616-08-035:616.72-001.4:616-78

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-52-60

Лікування ран при негативному тиску (VAC) в ортопедичній хірургії (Огляд)

Зазірний І.М.¹, Кравченко Д.Д.¹, Андреев Атанас²

¹Клінічна лікарня “Феофанія” Державного управління справами, м. Київ

²Клініка ортопедії та травматології, Університетська багатопрофільна лікарня
активного лікування “Святої Анни”, м. Софія, Болгарія

Резюме. Лікування ран при негативному тиску, у своєму найбільш вживаному варіанті – вакуумне закриття рани (англ. VAC), полягає у застосуванні субатмосферного (вакуумметричного) тиску на рану, яка ізольована спеціально розробленою пов'язкою і з'єднується трубою з відсмоктувальним насосом та дренажною системою збору. Дефекти шкіри надзвичайно часто зустрічаються в ортопедичній та травматологічній хірургії. VAC є цінним методом завдяки цілому ряду показників. Доведені фактори впливу включають збільшення кровотоку, стимуляцію ангиогенезу та зменшення площі поверхні рани. VAC можна використовувати для лікування посттравматичних та хірургічних ран, опіків та хронічних ран, таких як пролежні та виразки. Зниження частоти зміни пов'язок при VAC зменшує навантаження на персонал. Державні служби охорони здоров'я Австралії, Бельгії, Канади, Нової Зеландії, США, ФРН, Франції опублікували настанови щодо належної практики використання VAC зі специфічними та регламентованими вказівками. Метод VAC було покращено за рахунок впровадження декількох технологічних удосконалень, таких як силіконові оболонки, абсорбуючі пов'язки з різною щільністю та розміром пор та іригаційними системами. У результаті було одержано кращу адаптивність в умовах кожного конкретного випадку. Однак VAC не є оптимальним для кожного випадку та не може замінити необхідну хірургічну процедуру. Метою даного дослідження є аналіз принципів, практичних методів та показань до VAC.

Ключові слова: огляд; лікування ран при негативному тиску; загоєння ран; травматологія та ортопедія.

Вступ

Терапія ран із застосуванням негативного тиску, у своєму найбільш вживаному варіанті – вакуумне закриття рани (англ. VAC), була впроваджена в США у 1997 році (Argenta and Morykwas) [1]. Субатмосферний тиск застосовується до поверхні рани, яка герметизується тонким шаром абсорбуючого матеріалу і з'єднується через трубку з відсмоктувальним пристроєм та дренажною системою збору. VAC набуває дедалі більшої популярності як метод, який скорочує кількість перев'язок, може застосовуватись одразу біля ліжка хворого та може зменшити період догляду за раною загалом.

VAC є допоміжним методом загоєння вибіркових хірургічних ран із високим ризиком ускладнень, гострих ран та певних хронічних ран після невдалого первинного загоєння. Негативний тиск застосовується, доки не з'явиться грануляційна тканина або не буде сприятливих умов для подальшого хірургічного втручання (наприклад, трансплантації шкірного клаптя).

Для досягнення хороших результатів лікування лікар має знати показання, методи застосування та науково-технічні досягнення цього методу. Державні служби охорони здоров'я Австралії, Бельгії, Канади, Нової Зеландії, США, ФРН, Франції видали свої рекомендації щодо застосування VAC [2]. У науковій літературі України питання застосування VAC у лікуванні хворих ортопедо-травматологічного профілю висвітлено мало.

У даній роботі ми проаналізували опубліковані механізми дії методики, показання і протипоказання її застосування, технічні питання використання VAC.

Було проаналізовано матеріал, викладений переважно в систематизованих оглядах, практичних рекомендаціях, доказових рекомендаціях, рандомізованих контрольованих дослідженнях (*рівень доказовості 1 та 2*), і на його основі сформульовано основні механізми дії даної методики лікування, технічні особливості та її перспективи.

Метою нашої роботи є ознайомлення широкого загалу ортопедів-травматологів з аналізом принципів застосування, практичних методів, показань та протипоказань до використання VAC.

1. Визначення та механізми дії VAC.

VAC пришвидшує формування грануляційної тканини за рахунок факторів місцевого субатмосферного тиску та дренивання виділень із рани [4, 5].

Принципи VAC відносно добре відпрацьовані [3, 4]:

1. На поверхню рани наносять абсорбуючий матеріал із пористою структурою таким чином, щоб він охопив контур рани, забезпечивши рівномірне зниження місцевого тиску.

2. Руйнування пор матеріалу під впливом негативного тиску скорочує площу поверхні рани, що приводить до зведення її країв.

3. Негативний тиск у поєднанні зі структурою відкритих комірок матеріалу приводить до трикратного збільшення міграції фібробластів та зменшення смерті клітин у 2,4 раза у порівнянні зі звичайною пов'язкою.

4. Підключення до центрального відсмоктувального пристрою дозволяє як постійно контролювати негативний тиск, так і збирати дренажний матеріал.

Доведено, що VAC стимулює місцеву регенерацію тканин, завдяки чому збільшується кровопостачання тканин навколо рани. У результаті утворюється більш міцна грануляційна тканина і зменшується площа поверхні рани [5]. На відміну від цього, немає жодних переконливих доказів, що VAC зменшує набряк або кількість бактерій у рані.

VAC раціонально застосовувати для лікування гострих та хронічних ран із метою:

1. Дренування ексудату з рани.

2. Посилення розвитку високоякісної грануляційної тканини, зменшуючи таким чином тяжкість та/або розмір рани, прискорюючи контрольоване спонтанне загоєння рани або полегшення процедури закриття хірургічної рани (зашивання її чи трансплантація шкірного клаптя).

3. Щоб уникнути втягування країв шкіри в рану, особливо після хірургічного втручання.

4. Забезпечити тимчасову пов'язку до того часу, поки не можуть бути проведені додаткові операції.

5. Враховуючи стерильні умови застосування, VAC може зменшити кількість бактеріального зараження ділянки хірургічного втручання до проведення хірургічної процедури.

VAC посилює утворення грануляційної тканини на ранах, що були очищені раніше, стимулюючи місцеву регенерацію тканин, тим самим покращуючи місцеве кровопостачання. Таке підвищення місцевої васкуляризації призводить до притоку фібробластів, які зменшують площу поверхні рани шляхом наближення її країв.

2. Технічні методи терапії ран при негативному тиску (VAC).

Більшість травматологів-ортопедів використовує єдиний вид абсорбуючого матеріалу та сталий рівень негативного тиску незалежно від типу рани.

В Європейському Союзі виробляють декілька пристроїв у промислових масштабах. Контейнер для збору є уніфікованим елементом, технічний стандарт набору є опційним. Інші відмінності включають розмір та тип абсорбуючої пов'язки, незалежно від того, чи модифікуються параметри негативного тиску, вартість та інші фактори. Пристрої без каністри існують (наприклад, PICO®, Smith i Nephew), однак вони призначені для ран із незначною кількістю ексудату або його відсутністю. На сьогодні не опубліковано жодних результатів перспективних клінічних досліджень, що порівнюють різні пристрої [6, 27].

Види абсорбуючої пов'язки. Більшість виробників постачає єдиний вид пов'язки. Пов'язки поділяються на 3 категорії:

- VAC CranuFoam® – це класична абсорбуюча пов'язка чорного кольору з великими порами, що стимулюють формування грануляційної тканини;
- VAC WhiteFoam – це біла пов'язка, що має менші пори, які захищають чутливі (уражені) тканини: болісні поверхневі рани, неглибоке розсічення, щільні рани;
- VAC GranuFoamSilver® – це сіра пов'язка, наближена до сріблястого кольору, що застосовується на інфікованих ранах.

Пов'язки викликають подразнення та пошкодження шкіри при накладанні на здорову шкіру. Через це здорову шкіру навколо рани слід захистити смужками ультратонкої гідроколоїдної пов'язки або клейкими смужками хірургічного матеріалу, якщо це дозволяє стан шкіри.

Абсорбуюча пов'язка не повинна безпосередньо контактувати з тканинами, такими як кістка, сухожилля, судини або життєво важливі органи, які мають бути відокремлені від пов'язки речовиною, що знежирює. Матеріал WhiteFoam можна використовувати окремо, як альтернативу [7].

Проміжна поверхня. Між раною та абсорбуючою пов'язкою можна розмістити проміжну поверхню. Зазвичай використовують її силіконовий варіант. Наявність проміжної поверхні може зменшити біль при знятті пристрою VAC. Крім того, проміжна поверхня захищає чутливі тканини (кровоносні судини та нерви) у відкритій рані. Це перешкоджає проникненню абсорбуючої пов'язки, залишеної на тривалий період, у рану. Додатковою перевагою є захист чутливих пучків грануляційної тканини, які можуть кровоточити при видаленні пов'язки. Таким чином, використання проміжної поверхні захищає тканину та забезпечує ефективне функціонування пристрою. Потрібно застосовувати один шар проміжної поверхні, оскільки два шари можуть перешкоджати міжвузловому простору один одного, тим самим заважаючи дії абсорбуючої пов'язки на грануляційну тканину рани [8].

Як запобігти просочуванню. При використанні апарату зовнішньої фіксації штифти можуть суттєво ускладнювати герметизацію рани, як результат може виникати просочування в аспіраційній системі. Щоб зменшити витік повітря, можна застосувати двосторонню клейку гідрогелеву смужку (VAC GEL) [9].

Безперервне або перервне всмоктування. VAC може застосовуватись як із безперервним, так і з перервним всмоктуванням. Безперервне всмоктування може бути більш ефективним протягом фази гідратції рани. За умов, коли складно досягти повної герметизації, безперервне всмоктування мінімізує ризик витоку. При використанні VAC для процедури пересадки шкіри безперервне всмоктування є обов'язковим, оскільки без нього трансплантат відшаровується при кожній про-

цедурі повернення до атмосферного тиску. Перервне всмоктування (протягом періоду 5 хвилин розподілених на 2-хвилинні інтервали) сприяє більшому стимулюванню утворення грануляційної тканини [10]. Перервне всмоктування особливо необхідно після фази очищення (за винятком випадків болю чи протікання).

Встановлення тиску всмоктування. Стандартний тиск всмоктування становить 125 мм рт. ст. Якщо застосування тиску всмоктування спричиняє біль, рекомендується поетапне підвищення тиску. Застосування нижнього рівня всмоктувального тиску може бути доцільним при ранах, що кровоточать, коли тиск 125 мм рт. ст. викликає біль або після трансплантації шкіри. Тиск всмоктування слід збільшувати до 175 мм рт. ст. при використанні абсорбуючих пов'язок високої щільності, таких як WhiteFoam®.

Частота перев'язки. VAC потрібно застосовувати як мінімум 22 години протягом 24-годинного циклу. У разі припинення роботи акумулятора чи протікання, що призводить до неналежної аспірації, пов'язку слід зняти, а пристрій вийняти, якщо він лишається неактивним понад 2 години. Пов'язку потрібно змінювати з інтервалом у 48-72 години або 3 рази на тиждень. Менша частота перев'язок призводить до блокування ексудатом абсорбуючого матеріалу, що знижує ефективність лікування. Інфіковані рани потребують проведення більш частих перев'язок. Каністру потрібно змінювати, якщо вона наповнена (наприклад, при подачі звукового сигналу) чи, як мінімум, раз на тиждень [11].

Зняття пов'язки. Щоб уникнути пошкодження та болю при знятті пов'язки, що склеїлася з раною, пристрій слід вимкнути за 30 хвилин до заміни пов'язки. У разі злипання матеріалу з раною, пов'язку можна змочити фізіологічним розчином натрію хлориду з розчином лідокаїну, якщо необхідно.

Існують різні методи використання VAC. Найбільш оптимальний варіант перев'язки слід обирати з урахуванням специфіки того чи іншого випадку та адаптувати режим аспірації.

3. Показання і протипоказання лікування ран при негативному тиску (VAC).

Травматологи-ортопеди використовують VAC у випадку, коли важко досягти прямого закриття шкіри. VAC не потрібно застосовувати до аналізу всіх можливих ризиків, і якщо доцільно, то використовувати традиційні методи лікування ран. VAC є досить дорогим та не першочерговим методом лікування всіх дефектів шкіри. Деякі з дефектів можуть загоюватись при застосуванні традиційних протизапальних пов'язок.

Важливими критеріями до розгляду є: недоліки та протипоказання VAC, необхідні заходи безпеки та побічні дії, вказані виробником [12]).

Необхідно виконувати такі умови:

- а) спеціальна підготовка медичних працівників;
- б) інформація від пацієнта про об'єктивні небажані реакції та недоліки VAC;

в) застосування VAC у медичному закладі (у разі необхідності з подальшим застосуванням VAC вдома та щотижневою оцінкою первинно закріпленого лікаря);

г) застосування терміном максимум на 30 днів, з одноразовим поновленням первинно закріпленим лікарем.

Показання. Як метод лікування гострих ран першого ряду, VAC можна застосовувати в таких випадках:

– травматичні рани з глибоким та/або великим дефектом шкіри, що перешкоджає закриттю швами, з інфікуванням або без нього;

– хірургічне висічення з глибоким та/або великим дефектом шкіри, з інфікуванням або без нього;

– хірургічне розкриття рани, що є великою та/або пов'язана з факторами ризику (наприклад, діабет, ожиріння, літній вік, приймання глюкокортикоїдної терапії або іншого імунодепресанта, в'яла шкіра), попередньо обробленої за потреби рани з інфекцією або без неї.

VAC можна розпочати негайно (або як екстрену процедуру лікування травматичної рани) або з інтервалом. Різні місцеві хірургічні процедури є альтернативою VAC.

Щодо лікування хронічних ран VAC розглядається лише як метод лікування другого ряду після невдалої відповідної терапії першої лінії [8] з наступними завданнями:

– прискорити розвиток належної грануляційної тканини;

– скоротити час загоєння;

– з метою полегшення операції, якщо це виявиться необхідним (хірургічне закриття або шкірний трансплантат);

– уникати ускладнень, пов'язаних із хронічною ранною;

– для дренивання рідини з рани.

Державні служби охорони здоров'я Австралії, Бельгії, Канади, Нової Зеландії, США, ФРН, Франції видали рекомендації для низки конкретних ситуацій:

1. Виразки нижніх кінцівок, які потребують пересадки тканин: VAC можна застосовувати після лікування першопричини, у випадку, якщо виразки не зникають, незважаючи на оптимальну місцеву терапію протягом досить тривалого періоду (наприклад, 3-6 місяців для венозної виразки), необхідно підготуватися до хірургічної пересадки тканин (як альтернативу контрольованому спонтанному загоєнню);

2. Для пролежневих виразок 3-ї або 4-ї стадії – необхідно підготуватися до хірургічної пересадки тканин (як альтернатива контрольованому спонтанному загоєнню). Пролежневі виразки мають найбільші показання до застосування VAC. VAC не лише виводить рідину та некротичні матеріали з рани, але й покращує кровопостачання за рахунок посилення ангиогенезу та зменшує кількість бактерій;

3. Діабетичні виразки стопи з глибокими та/або значними дефектами шкіри: VAC можна застосовува-

ти за відсутності ранової ішемії або після ефективної процедури реваскуляризації, після очистки рани або санації (тимчасове застосування після оптимальних місцевих та системних методів лікування).

Будь-яку інфекцію кістки або м'яких тканин необхідно усунути перед початком VAC. Альтернативою VAC є контрольоване спонтанне загоєння з усуненням навантаження на ногу [13, 14].

Травми м'яких тканин та рани при відкритих переломах. На основі огляду літератури група з 422 міжнародних експертів дійшла консенсусу щодо хірургічних показань VAC для лікування гострих ран [15, 16]:

1. VAC можна використовувати, коли закриття рани неможливе або до затримки остаточного закриття.

2. VAC можна зупинити, коли стає можливим закриття рани.

3. VAC можна застосовувати для загоєння розрізів фасціотомії.

4. VAC можна застосовувати замість надто складної процедури закриття.

Застосування VAC рекомендоване при складних переломах з оголенням кістки в кінці хірургічної процедури:

1. При застосуванні в операційній VAC виконує функцію стерильної пов'язки.

2. VAC може бути тимчасовим рішенням до виконання процедури пластики шкіри.

3. VAC може забезпечити загоєння дефекту шкіри, за умови, що площа поверхні оголеної кістки невелика (приблизно 5×5 см, хоча детальна інформація в літературі відсутня), головним чином шляхом зведення країв рани разом, а не через утворення грануляційної тканини.

4. Якщо після двох стерильних змін VAC не відбувається покращення, слід розглянути можливість процедури пластики шкіри.

5. У разі, якщо некроз закритої рани над місцем внутрішньої фіксації кістки несе ризик апаратного оголення кістки:

а) VAC може бути тимчасовим рішенням до виконання процедури пластики шкіри;

б) VAC може бути тимчасовим рішенням до виконання процедури санації рани;

в) VAC не може замінити хірургічну санацію некротичних або заражених ділянок;

г) VAC запобігає утворенню грануляційної тканини над фіксаційною пластиною;

г) VAC можна застосовувати “профілактично” у пацієнтів із факторами ризику розходження країв рани (діабет, глюкокортикоїдна терапія, дуже літній вік), після заміни суглоба або внутрішньої фіксації, з метою покращення умов загоєння рани [17, 24].

Застосування VAC рекомендоване при лікуванні опіків:

– VAC може бути ефективною при запобіганні ускладнень та для посилення загоєння опікових травм,

– VAC можна використовувати для лікування часткового некрозу клаптя шкіри після висічення некротичних ділянок;

– VAC може служити для обробки донорських місць забору клаптів шкіри, закриття яких необхідно затримати;

Протипоказання. VAC не рекомендується і має бути призупиненою в наступних випадках:

– невеликі рани, які не потребують VAC;

– за відсутності покращення між двома послідовними перев'язками або після 1 тижня проведення VAC слід припинити.

Державні служби охорони здоров'я Австралії, Бельгії, Канади, Нової Зеландії, США, ФРН, Франції рекомендують уникати використання VAC у таких випадках [18, 19]:

– активна кровотеча з рани;

– руйнування тканин пухлиною (шкіри або прилеглих тканин), оскільки VAC стимулює ангіогенез і, отже, збільшує ріст пухлини;

– неконтрольована інфекція рани;

– наявність некротичної тканини, що потребує санації ранової поверхні;

– периферичні артеріальні захворювання нижніх кінцівок.

Крім того, Європейська комісія рекомендує наступні запобіжні заходи:

– переконатися, що в рані немає залишкової пухлинної тканини;

– якщо необхідно, використовувати кайму (між шкірою та слизовою оболонкою) для захисту оголених судинних ніжок (прямий контакт із піною може призвести до розриву кровоносних судин, тому за необхідності між судинами та піною повинен бути встановлений силіконовий інтерфейс);

– слід переконатися, що трубка не перебуває під жодною частиною тіла пацієнта (оскільки це може стимулювати пролежні);

– необхідно контролювати ризики, пов'язані із застосуванням антикоагулянтів у терапевтичних дозах;

– якщо буде складно досягти гомеостазу, зменшити аспіраційний тиск до 75 мм рт. ст.

При інфікованих ранах VAC може бути допоміжним засобом, але не може замінити лікування інфекції [16]. Рекомендації, яких потрібно дотримуватись для підвищення ефективності допоміжної дії VAC у лікуванні інфікованих ран:

– використовувати абсорбуючий матеріал, до складу якого входить срібло;

– вводити сольовий розчин для поліпшення дренажу;

– вводити антибактеріальний розчин.

У підсумку потрібно сказати, що VAC не слід використовувати регулярно. Необхідно обов'язково дотримуватись наступних рекомендацій: якщо стан рани не покращиться між двома послідовними перев'язками або після 1 тижня лікування, необхідно припинити за-

стосування VAC. Іншим варіантом є подальше висічення та зближення країв рани, щоб зробити можливим використання VAC при більш сприятливих умовах.

4. Чи потрібні пацієнтам пересадка та часткова пересадка шкіри?

У майбутньому VAC може ліквідувати необхідність часткової пересадки шкіри (клаптями). VAC використовується для отримання грануляційної тканини. Епідермізація грануляційної тканини відбувається спонтанно або після пересадки шкіри. Не рекомендується застосовувати VAC поверх основних судин і нервів, враховуючи ризик розриву та кровотечі, на противагу цьому, кайма (між шкірою та слизовою) може забезпечити достатній захист на короткий період. Подібно до цього не рекомендується застосовувати VAC безпосередньо при контакті з кісткою, особливо при відкритих переломах. Усі ці ситуації потребують покриття рани шкірним клаптем.

Проте VAC може забезпечити тимчасове покриття рани перед закриттям шкірним клаптем. При застосуванні в стерильних умовах VAC виступає бар'єром проти інфікування екзогенними організмами.

VAC також використовується як доповнення до покриття шкірним клаптем [20]. Також відомо, що VAC служить рятувальною процедурою у випадку венозного застою або для захисту судинних ніжок. В останній ситуації між абсорбуючим матеріалом та судинними ніжками повинен бути встановлений силіконовий інтерфейс.

Дослідження показали, що утворення грануляційної тканини над кісткою можна отримати, комбінуючи VAC із розсвердлюванням кортикального шару кістки. Шкірний замінник може допомогти у даній ситуації, оскільки грануляційна тканина, отримана після кортикального розсвердлювання, є досить тонкою, а розміщення шкірного трансплантата розщепленої товщини над нею, утворює прилеглу шкіру низької якості, що має високий ризик появи вторинних виразок. Шкірний замінник / субстрат (наприклад, Integra® або Matriderm®) можна прокласти між шкірним трансплантатом розщепленої товщини та грануляційною тканиною. Отримана таким чином шкіра товстіша, з більш щільною еластичною дермою. Ця технологія застосовується у пацієнтів з обширними опіками, у яких недостатньо ділянок для забору шкірних лоскутів та трансплантатів [21]. VAC у поєднанні з промиванням рани також може утворювати грануляційну тканину над кісткою, коли окістя є незараженим [22, 23].

VAC може служити для фіксації шкірних трансплантатів [23]. Всмоктування повинно бути безперервним, щоб підвищити стабільність трансплантата, а тиск всмоктування слід знизити до 75 мм рт. ст. VAC забезпечує дренажування ранового ексудату та полегшує накладання трансплантата.

У пацієнтів зі значними скальпованими ранами шкіра пересаджується після видалення жирової тканини та свердління. Потім VAC наноситься на шкіру, де вона

виступає як гігантська марлева прокладка, підтримуючи рівномірний контакт між шкірним трансплантатом і раною та дренуючи рідину, що може збиратися між цими двома шарами. Ці дії сприяють приживанню трансплантата. Першу пов'язку залишають на місці на 4-5 днів.

Клапті тканини для пересадки мають безліч показань до застосування. Комбіноване застосування VAC та шкірного замітника може в майбутньому стати справжньою альтернативою пересадці шкірних клаптів у ретельно відібраних ситуаціях. VAC може суттєво сприяти фіксації великих шкірних трансплантатів, які використовуються для покриття скальпованих ран.

5. Майбутнє: напрямки оптимізації лікування ран негативним тиском (VAC).

На сьогодні опубліковано багато робіт, що стосуються лікування ран негативним тиском. Щодо питань лікування ран VAC простежується декілька напрямків досліджень.

VAC та крапельне введення. VAC ULTA™ або VAC VERAFLOR™ – це система промивання, поєднана з пристроєм переривчастого негативного тиску. Введена рідина є або фізіологічним розчином для сприяння очищення ран шляхом створення вологого середовища, або антисептиком у разі зараження ран [25]. VAC у поєднанні з введенням лікарських препаратів крапельно може прискорити загоєння ран [26].

VAC та запобігання зяянню ран. Пристрої негативного тиску, які не мають резервуарів для збору рідини, тепер доступні (Prevena™, Kci™). Вони були розроблені для запобігання зяянню ран. Вони здаються ефективними у запобіганні зяянню ран та утворенні сером, особливо у пацієнтів із високим ризиком (надмірна маса тіла або похилий вік) [27]. Застосовується стандартний тиск всмоктування 125 мм рт. ст. Це профілактичне лікування не зменшує потреби в скрупульозній техніці при зашиванні рани. Ми, ймовірно, будемо спостерігати розширення діапазону показань VAC та його подальше вдосконалення у майбутньому.

Висновки

Проаналізовані нами публікації (переважно 1-го та 2-го рівня доказовості) вказують на те, що VAC потрібно застосовувати з обмеженою тривалістю, у ретельно відібраних пацієнтів зі специфічними типами хронічних ран (як лікування 2-ї лінії) або гострих ран (як лікування 1-ї лінії у деяких випадках). При запуску процедури VAC необхідно визначити чітку мету загоєння рани, після чого потрібно уважно стежити за досягненням цієї мети. За відсутності будь-якого поліпшення між двома послідовними змінами пов'язок або після одного тижня лікування необхідно розглянути питання щодо припинення застосування VAC.

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

References

1. Argenta L.C., Morykwas M.J. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience. *Ann Plast. Surg.* 1997; 38: 563–76.
2. Ubbink D.T., Westerbos S.J., Evans D., Land L., Vermeulen H. Topical negative pressure for treating chronic wounds. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008 Jul 16;(3):CD001898. doi: 10.1002/14651858.CD001898.pub2.
3. McNulty A.K., Schmidt M., Feeley T., Kieswetter K. Effects of negative pressure wound therapy on fibroblast viability, chemotactic signaling, and proliferation in a provisional wound (fibrin) matrix. *Wound Repair Regen* 2007; 15: 838–46. doi: 10.1111/j.1524-475X.2007.00287.x.
4. McNulty A.K., Schmidt M., Feeley T., Villanueva P., Kieswetter K. Effects of negative pressure wound therapy on cellular energetics in fibroblasts grown in a provisional wound (fibrin) matrix. *Wound Repair Regen* 2009; 17: 192–9. PMID: 19320887.
5. Morykwas M.J., Simpson J., Punger K., Argenta A., Kremers L., Argenta J. Vacuum-assisted closure: state of basic research and physiologic foundation. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117 (7 Suppl.): S121–6. PMID: 16799379.
6. Baharestani M., De Leon J., Mendez-Eastman S., Powell G., Weir D., Niezgod J. Consensus statement: a practical guide for managing pressure ulcers with negative pressure wound therapy utilizing vacuum-assisted closure- understanding the treatment algorithm. *Advance Skin Wound Care* 2008; 21 (Suppl. 1): 1–20.
7. Baharestani M.M., Driver V.R., De Leon J.M., Gabriel A., Kaplan M., Lantis J. Optimizing clinical and cost effectiveness with early intervention of VAC therapy. *Ostomy Wound Manage* 2008; 54 (11 Suppl.): 1–15.
8. Mouës C.M., Heule F., Hovius S.E. A review of topical negative pressure therapy in wound healing: sufficient evidence? *Am. J. Surg.* 2011; 201: 544–56. PMID: 21421104.
9. Bulla A., Farace F., Uzel A.P., Casoli V. Negative pressure wound therapy and external fixation device: a simple way to seal the dressing. *J Orthop. Trauma* 2014; 28 (7): e176–7. PMID: 24296597.
10. Whitney J., Phillips L., Aslam R., Barbul A., Gottrup F., Gould L. Guidelines for the treatment of pressure ulcers. *Wound Repair Regen* 2006; 14: 663–79.
11. Krug E., Berg L., Lee C., Hudson D., Birke-Sorensen H., Depoorter M. Evidence-based recommendations for the use of negative pressure wound therapy in traumatic wounds and reconstructive surgery: steps towards an international consensus. *Injury* 2011; 42: S1–12. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(11\)00041-6](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(11)00041-6).
12. Birke-Sorensen H., Malmso M., Rome P., Hudson D., Krug E., Berg L. Evidence-based recommendations for negative pressure wound therapy: treatment variables (pressure levels, wound filler and contact layer)-steps towards an international consensus. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg* 2011; 64: S1–16. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2011.06.001>.
13. Gabriel A., Kahn K.M. New advances in instillation therapy in wounds at risk for compromised healing. *Surg Technol Int* 2014; 24:7 8–81. PMID: 24700215.
14. Rycerz A.M., Allen D., Lessing M.C. Science supporting negative pressure wound therapy with instillation. *Int Wound J* 2013; 10: 20–4. PMID: 24251840.
15. Gabriel A., Rauen B. Simplified negative pressure wound therapy with instillation: advances and recommendations. *Plast Surg Nurs* 2014; 34: 88–92. <https://doi.org/10.1097/psn.0000000000000033>.
16. Gupta S., Gabriel A., Lantis J., Téot L. Clinical recommendations and practical guide for negative pressure wound therapy with instillation. *Int Wound J* 2016. Apr; 13(2): 159-174. PMID: 26011379.

17. Scalise A., Calamita R., Tartaglione C., Pierangeli M., Bolletta E., Gioacchini M. Improving wound healing and preventing surgical site complications of closed surgical incisions: a possible role of incisional negative pressure wound therapy. A systematic review of the literature. *Int. Wound J* 2016 Dec; 13(6):1260-1281. doi: 10.1111/iwj.12492.
18. Horch R.E. Incisional negative pressure wound therapy for high-risk wounds. *J Wound Care* 2015; 24 (4 Suppl.): 21–8. PMID: 25853645.
19. Vikatmaa P., Juutilainen V., Kuukasjarvi P., Malmivaara A. Negative pressure wound therapy: a systematic review on effectiveness and safety. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2008;36(4):438-48. PMID: 18675559.
20. Pham C.T., Middleton P.E., Maddern G.J. The safety and efficacy of topical negative pressure in non-healing wounds: a systematic review. *J Wound Care* 2006;15(6):240-50. <https://doi.org/10.12968/jowc.2006.15.6.26926>.
21. Peinemann F., McGauran N., Sauerland S., Lange S. Disagreement in primary study selection between systematic reviews on negative pressure wound therapy. *BMC Med Res Methodol* 2008; 8: 41.
22. Wild T., Stremitzer S., Budzanowski A., Hoelzenbein T., Ludwig C., Ohrenberger G. Definition of efficiency in vacuum therapy--a randomised controlled trial comparing with V.A.C. Therapy. *Int Wound J* 2008;5(5):641-7. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481x.2007.00407.x>.
23. Llanos S., Danilla S., Barraza C., Armijo E., Pinos J.L., Quintas M. Effectiveness of negative pressure closure in the integration of split thickness skin grafts: a randomized, double masked, controlled trial. *Ann Surg* 2006;244(5):700-5. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000217745.56657.e5>.
24. Armstrong D.G., Lavery L.A. Diabetic Foot Study Consortium. Negative pressure wound therapy after partial diabetic foot amputation: a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2005;366(9498):1704-10. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)67695-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)67695-7).
25. Vuerstaek J.D., Vainas T., Wuite J., Nelemans P., Neumann M.H., Veraart J.C. State-of-the-art treatment of chronic leg ulcers: A randomized controlled trial comparing vacuum-assisted closure (V.A.C.) with modern wound dressings. *J Vasc Surg* 2006;44(5):1029-37. doi: 10.1016/j.jvs.2006.07.030.
26. Nam D., Shershon R., Levine B., Della Valle C. The Use of Closed Incision Negative-Pressure Wound Therapy in Orthopaedic Surgery // *J Am Acad. Orthop. Surg.* 2018, Vol. 26, N 9, pp. 295-302, DOI: 10.5435/JAAOS-D-17-00054.
27. Petrou S., Parker B., Masters J., Achten J., Bruce J., Lamb S., Parsons N., Costa M.L. Cost-effectiveness of negative-pressure wound therapy in adults with severe open fractures of the lower limb: evidence from the WOLFF randomized controlled trial // *Bone Joint J* 2019; 101-B: 1392–1401. DOI:10.1302/0301-620X.101B11. BJJ-2018-1228.
28. Strungala V., Martin R. Meta-Analysis of Comparative Trials Evaluating a Prophylactic Single-Use Negative Pressure Wound Therapy System for the Prevention of Surgical Site Complications. *Surg Infect (Larchmt)* 2017 Oct;18(7):810-819. doi: 10.1089/sur.2017.156.
29. Agarwal A. Management of Closed Incisions Using Negative-Pressure Wound Therapy in Orthopedic Surgery *Plast Reconstr Surg* 2019 Jan;143(1S Management of Surgical Incisions Utilizing Closed-Incision Negative-Pressure Therapy):21S-26S. doi: 10.1097/PRS.00000000000005308.
30. Wang C., Zhang Y., Qu H. Negative Pressure Wound Therapy for Closed Incisions in Orthopedic Trauma Surgery: A Meta-Analysis. *Orthop Surg Res* 2019 Dec 11;14(1):427. doi: 10.1186/s13018-019-1488-z.

Negative Pressure Wound Therapy in Orthopedic Surgery (Review)

Zazirnyi I.M.¹, Kravchenko D.D.¹, Andreev Atanas²

¹Clinical Hospital "Feofaniya" of the Agency of State Affairs, Kyiv, Ukraine

²Orthopedics and Traumatology Department, University Multiprofile Hospital for Active Treatment "Santa Anna", Sofia, Bulgaria

Summary. Negative pressure wound therapy (NPWT), in its most used Vacuum Assisted Closure (VAC) variant consists in applying subatmospheric pressure to a wound that is sealed off by a specially designed dressing and connected by a tube to a suction pump and drainage collection system. Skin defects are extremely common in orthopedic and trauma surgery. VAC is valuable across a range of indications. Proven effects include an increase in blood flow, stimulation of angiogenesis, and a decrease in wound surface area. VAC can be used to treat post-traumatic and surgical wounds, burns, and chronic wounds such as pressure sores and ulcers. The lower frequency of dressing changes with VAC lightens the staff workload. The public health services of Australia, Belgium, Canada, New Zealand, the United States, Germany, and France have issued good practice guidelines for the use of VAC in specific and limited indications. VAC has benefited from the introduction of several technological improvements such as silicone interfaces, foam dressings with various densities and pore sizes, and irrigation systems. The result of using this method is greater adaptability to each specific situation. Nevertheless, VAC is not appropriate in every case and cannot replace a necessary surgical procedure. The aim of this study is to review the principles, practical modalities, and indications of VAC.

Key word: negative pressure wound therapy; wound healing; traumatology and orthopedics.

Лечение ран при отрицательном давлении (VAC) в ортопедической хирургии (Обзор)

Зазирный И.М.¹, Кравченко Д.Д.¹, Андреев Атанас²

¹Клиническая больница "Феофания" Государственного управления делами, г. Киев

²Клиника ортопедии и травматологии, Университетская многопрофильная больница активного лечения "Святой Анны", г. София, Болгария

Резюме. Лечение ран при отрицательном давлении, в его наиболее частом варианте – вакуумное закрытие раны (анг. VAC), заключается в использовании субатмосферного (вакуумметричного) давления на рану, которая изолирована специально разработанной повязкой и соединяется трубкой с всасывающим насосом и дренажной системой сбора. Дефекты кожи чрезвычайно распространены в ортопедической и травматологической хирургии. VAC является ценным методом благодаря целому ряду показателей. Доказанные факторы воздействия включают увеличение кровотока, стимуляцию ангиогенеза и уменьшение площади поверхности раны. VAC можно использовать для лечения посттравматических и хирургических ран, ожогов и хронических ран, таких как язвы и пролежни. Уменьшение частоты смены повязок при VAC снижает нагрузки на персонал. Государственные службы здравоохранения Австралии, Бельгии, Канады, Новой Зеландии, США, ФРГ, Франции опубликовали руководящие принципы по надлежащему использованию VAC со специфическими и регламентированными указаниями. Метод VAC был усовершенствован за счет внедрения нескольких технологических улучшений, таких как силиконовые оболочки, абсорбирующие повязки с разной плотностью и размером пор и ирригационными системами. В результате была получена наилучшая адаптивность в условиях каждого конкретного случая. Тем не менее, VAC не является оптимальным для каждого случая и не может заменить необходимую хирургическую процедуру. Целью данного исследования является анализ принципов, практических методов и показаний к VAC.

Ключевые слова: обзор; лечение ран при отрицательном давлении; заживление ран; травматология и ортопедия.

Відомості про авторів:

Зазірний Ігор Михайлович – доктор медичних наук, керівник Центру ортопедії, травматології і спортивної медицини клінічної лікарні "Феофанія" Державного управління правами, вул. акад. Заболотного, 21, Київ, 03143, Україна. E-mail: zazirny@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7890-1499>.

Кравченко Данил Денисович – лікар-інтерн Центру ортопедії, травматології і спортивної медицини клінічної лікарні "Феофанія" Державного управління правами, вул. акад. Заболотного, 21, Київ, 03143, Україна. E-mail: alkravad@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7489-5140>.

Андреев Атанас – кандидат медичних наук, лікар клініки ортопедії та травматології, Університетська багатопрофільна лікарня активного лікування "Святої Анни", вул. Димитр Молов, 1, Софія, Болгарія. E-mail: tato117@mail.bg. ORCID: orcid.org/0000-0002-7957-6787.

Information about authors:

Zazirnyi Ihor Mykhalovych – D.Med.Sc., head of the Center of Orthopedics, Traumatology and Sports Medicine of Clinical Hospital "Feofaniya" of the Agency of State Affairs, 21 Zabolotnogo akademika St., Kyiv, 03143, Ukraine. E-mail: zazirny@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7890-1499>.

Kravchenko Danyl Denysovych – intern doctor at the Center of Orthopedics, Traumatology and Sports Medicine of Clinical Hospital "Feofaniya" of the Agency of State Affairs, 21 Zabolotnogo akademika St., Kyiv, 03143, Ukraine. E-mail: alkravad@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7489-5140>.

Andreev Atanas – Ph.D. in Medicine, doctor at the Department of Orthopedics and Traumatology, University Multiprofile Hospital for Active Treatment “Santa Anna”, 1 Dymytr Molov St., Sofia, Bulgaria. E-mail: tato117@mail.bg. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7957-6787>.

Сведения об авторах:

Зазирний Игорь Михайлович – доктор медицинских наук, руководитель Центра ортопедии, травматологии и спортивной медицины клинической больницы “Феофания” Государственного управления делами, ул. акад. Заболотного, 21, Киев, 03143, Украина. E-mail: zazirny@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7890-1499>.

Кравченко Данил Денисович – врач-интерн Центра ортопедии, травматологии и спортивной медицины клинической больницы “Феофания” Государственного управления делами, ул. акад. Заболотного, 21, Киев, 03143, Украина. E-mail: alkravad@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7489-5140>.

Андреев Атанас – кандидат медицинских наук, врач клиники ортопедии и травматологии, Университетская многопрофильная больница активного лечения “Святой Анны”, ул. Димитр Молов, 1, София, Болгария. E-mail: tato117@mail.bg. ORCID: orcid.org/0000-0002-7957-6787.

Для кореспонденції: Зазирний Ігор Михайлович, вул. Дашавська, 25, кв. 14, 03056, Київ, Україна. Тел. +38(067)7563247. Факс: +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

For correspondence: Zazirnyi Ihor M., Apt. 14, 25 Dashavska St., 03056, Kyiv, Ukraine. Tel. +38(067)7563247. Fax. +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

Для корреспонденции: Зазирный Игорь Михайлович, ул. Дашавская, 25, кв. 14, 03056, Киев, Украина. Тел. +38(067)7563247. Факс: +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

УДК: 616.71-007.1-02:616.13/616.14-007.17-053.1(048.8)

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-60-67

Судинна мальформація як ортопедична проблема (Огляд)

*Гук Ю.М., Зима А.М., Кінча-Поліщук Т.А., Чеверда А.І.,
Видерко Р.В., Скуратов О.Ю.*

ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, м. Київ

Резюме. У даній статті на основі літературних джерел висвітлено сучасні погляди на проблему ортопедичних проявів при судинних мальформаціях. Детально описано наукові досягнення, що стосуються етіопатогенезу, класифікації, клініко-ортопедичних проявів та тактики лікування патології опорно-рухового апарату при судинних мальформаціях. Також авторами окреслені ключові нерозв'язані теоретично-практичні питання, що стосуються ортопедичних проявів при даній нозології, анонсовано шляхи їх розв'язання.

Ключові слова: огляд; судинні мальформації; ортопедична патологія; різниця довшини нижніх кінцівок.

Andreev Atanas – Ph.D. in Medicine, doctor at the Department of Orthopedics and Traumatology, University Multiprofile Hospital for Active Treatment “Santa Anna”, 1 Dymytr Molov St., Sofia, Bulgaria. E-mail: tato117@mail.bg. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7957-6787>.

Сведения об авторах:

Зазирний Игорь Михайлович – доктор медицинских наук, руководитель Центра ортопедии, травматологии и спортивной медицины клинической больницы “Феофания” Государственного управления делами, ул. акад. Заболотного, 21, Киев, 03143, Украина. E-mail: zazirny@ukr.net. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7890-1499>.

Кравченко Данил Денисович – врач-интерн Центра ортопедии, травматологии и спортивной медицины клинической больницы “Феофания” Государственного управления делами, ул. акад. Заболотного, 21, Киев, 03143, Украина. E-mail: alkravad@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7489-5140>.

Андреев Атанас – кандидат медицинских наук, врач клиники ортопедии и травматологии, Университетская многопрофильная больница активного лечения “Святой Анны”, ул. Димитр Молов, 1, София, Болгария. E-mail: tato117@mail.bg. ORCID: orcid.org/0000-0002-7957-6787.

Для кореспонденції: Зазірний Ігор Михайлович, вул. Дашавська, 25, кв. 14, 03056, Київ, Україна. Тел. +38(067)7563247. Факс: +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

For correspondence: Zazirnyi Ihor M., Apt. 14, 25 Dashavska St., 03056, Kyiv, Ukraine. Tel. +38(067)7563247. Fax. +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

Для корреспонденции: Зазірний Ігор Михайлович, ул. Дашавская, 25, кв. 14, 03056, Киев, Украина. Тел. +38(067)7563247. Факс: +38(044)2596768. E-mail: zazirny@ukr.net.

УДК: 616.71-007.1-02:616.13/616.14-007.17-053.1(048.8)

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-60-67

Судинна мальформація як ортопедична проблема (Огляд)

*Гук Ю.М., Зима А.М., Кінча-Поліщук Т.А., Чеверда А.І.,
Видерко Р.В., Скуратов О.Ю.*

ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, м. Київ

Резюме. У даній статті на основі літературних джерел висвітлено сучасні погляди на проблему ортопедичних проявів при судинних мальформаціях. Детально описано наукові досягнення, що стосуються етіопатогенезу, класифікації, клініко-ортопедичних проявів та тактики лікування патології опорно-рухового апарату при судинних мальформаціях. Також авторами окреслені ключові нерозв'язані теоретично-практичні питання, що стосуються ортопедичних проявів при даній нозології, анонсовано шляхи їх розв'язання.

Ключові слова: огляд; судинні мальформації; ортопедична патологія; різниця довшини нижніх кінцівок.

Вступ

Судинні мальформації (СМ), або ангіодисплазії, – істинні структурні аномалії розвитку судин, що виникають у період ембріонального васкуло- та ангіогенезу в результаті неповної резорбції первинних кровоносних судин та комплексної дії тератогенних факторів, що призводить до різних форм порушень регіонарного кровотоку, виражених анатомо-функціональних змін та ранньої інвалідизації хворих [1-3].

Для судинних мальформацій характерні різноманітні ортопедичні прояви. Завдяки дослідженням судинної патології провідні фахівці світу досягнули значних успіхів у всебічному вивченні судинних мальформацій [2, 4, 5]. Проте ортопедичні порушення дуже часто розглядаються поверхнево, без глибокого аналізу, на рівні констатації їх наявності як супутнього захворювання, не надається належна увага їх діагностиці, перебігу та лікуванню.

Мета роботи – на основі даних сучасних наукових досліджень щодо судинних мальформацій показати сучасний погляд на їх ортопедичні прояви та окреслити нерозв'язані теоретично-практичні питання, що стосуються даної патології та шляхи їх розв'язання.

Згідно з даними літературних джерел, зазначена патологія є рідкісною, її поширеність становить 1,2% [6] у популяції. СМ можуть мати різноманітну локалізацію, з них у 55% випадків характерне ураження кінцівок.

Етіопатогенез судинних мальформацій повністю не встановлений. Більшість дослідників вважають, що ця патологія виникає під впливом тератогенних факторів під час ембріонального розвитку [5]. Окремі тяжкі форми СМ можуть бути результатом генетичних мутацій, про що свідчать результати досліджень С.Е. Oduber та V. Luks [7, 8], які достеменно встановили мутації в генах при деяких СМ. Дослідження в даному напрямку тривають.

Запропоновано численні класифікації СМ, які ґрунтуються на описових, патоморфологічних, ембріологічних та біологічних особливостях аномальних судин. Розуміння різноманітних класифікацій та їх взаємозв'язку з клінічною картиною захворювання є важливим для визначення тактики ортопедичного лікування.

На сьогоднішній день використовується Гамбурзька класифікація [9], запропонована у 1988 році, згідно з якою всі СМ розподілені за типом домінуючого ураження судин (капілярні, венозні, лімфатичні, артеріовенозні, комбіновані) та в подальшому диференційовані за ембріональними характеристиками (стовбурові та позастовбурові форми).

Позастовбурові форми СМ виникають у випадку, якщо порушення ембріонального розвитку відбулось на ранніх етапах формування судинної сітки. Аномальні судини є залишками ембріональної тка-

нини мезодермального походження, їм властивий потенціал до росту та проліферації на фоні внутрішніх (гормональна перебудова, менархе) або зовнішніх (операція, травма) стимулюючих чинників [10]. До позастовбурових форм належать саме СМ, при яких неможливо вказати уражену судину.

Стовбурові форми СМ виникають на більш пізніх стадіях ембріонального розвитку, коли розвиваються магістральні стовбури. Вони втрачають ембріональні характеристики і, відповідно, здатність до росту та проліферації, проте для них характерні гемодинамічні розлади. До даних форм зараховують СМ, при яких можливо чітко вказати уражену судину.

У 1996 році була також розроблена та затверджена класифікація Міжнародної асоціації з вивчення судинних аномалій (ISSVA – International Society for the Study Vascular Anomalies) [4]. Її особливістю є системний підхід, в якому патоморфологічні характеристики корелюють з особливостями клінічного перебігу та лікувальних підходів. Класифікація ISSVA є доволі громіздкою, містить окремі генетичні характеристики, супутні коагуляційні порушення. В її основу покладено розподіл судинних мальформацій на 4 типи.

1. Прості – судинні мальформації, утворені одним видом судин (капілярні (КМ), венозні (ВМ), лімфатичні (ЛМ), артеріовенозні (АВМ) мальформації).

2. Комбіновані – судинні мальформації, які включають дві або більше судинні мальформації в межах одного ураження (капілярні-венозні (КВМ), капілярні-артеріовенозні (КАВМ) мальформації та ін.).

3. Мальформації магістральних судин (ураження артерій, вен, лімфатичних судин великого діаметру).

4. Судинні мальформації, асоційовані з іншими аномаліями (поєднання судинних мальформацій з аномаліями кісток, м'яких тканин, внутрішніх органів):

– синдром Кліппеля – Треноне (КМ+ВМ+/-ЛМ + надмірний ріст кінцівки);

– синдром Паркса – Вебера (КМ + АВМ + надмірний ріст кінцівки);

– синдром Сервел – Марторел (ВМ + сповільнений ріст кінцівки);

– інші.

Ортопеди провідних клінік світу використовують саме цю класифікацію при лікуванні пацієнтів із СМ як найбільш сучасну та патогенетично обґрунтовану.

За даними наукових досліджень [11], для СМ характерним є значний клінічний поліморфізм із значним спектром проявів, що залежать від форми захворювання, локалізації процесу, віку пацієнта; наявність об'ємного утворення, місцеві зміни стану шкіри (пігментні плями, шкірна гіпертермія, трофічні порушення) та поверхневої венозної сітки (варикозно розширені вени), прояви серцево-судинної недостатності внаслідок порушення центральної гемодинаміки.

Вроджена судинна мальформація кінцівок здатна опосередковано впливати на розвиток опорно-ру-

хового апарату у пацієнтів дитячого віку, викликаючи порушення поздовжнього росту кісток кінцівок (прискорення або уповільнення), що призводить до різниці їх довжини, осьових деформацій кінцівок, контрактур суглобів, остеопенії та остеопорозу з виникненням патологічних переломів, що є особливо актуальним при ураженні нижніх кінцівок, так як є причиною вторинної деформації хребта, порушення функції ходи та опори, інвалідизації пацієнтів [12]. *Різниця довжини нижньої кінцівки (РДНК)* як її ураження при судинній мальформації є найчастішим ортопедичним проявом та зустрічається в 17-84% випадків [13, 14].

Перші повідомлення про СМ та ортопедичну патологію належать М. Klippel та Р. Trenaunay [15], які у 1900 році описали випадки хворих із гіпертрофією кінцівки, капілярними мальформаціями та варикозно розширеними венами. F.P. Weber [16, 17] описав випадки пацієнтів із ВСМ, які мали гіпертрофію кінцівок та клінічні ознаки артеріовенозної фістули. М. Servell і Р. Trinquescoste [18] описали двох хворих із вкороченням кінцівки при СМ, флеболітами та гамартомами в 1948 році, а F. Martorell [19] повідомив про випадок вкорочення верхньої кінцівки з вираженою деструкцією кістки у 1949 році. Для визначення окремих комбінацій симптомів почали застосовувати епоніми (синдром Кліппеля – Треноне – Рубашова, синдром Паркса – Вебера), що створює плутанину в літературі, оскільки терміни іноді використовуються як взаємозамінні або для позначення ураження без залучення кінцівок, для яких вони були спочатку описані [9].

Для ортопедів найбільш вагомим та доцільним є дослідження саме кісткових змін при різних формах СМ, які проявляються РДНК. Сучасна ангіологія доводить гемодинамічний та метаболічний генез кісткових змін, хоча існують окремі розбіжності щодо патогенетичної ролі різних параметрів порушеного периферичного кровообігу [20]. R. Mattassi та M. Vaghi [13] запропонували термін “судинно-кістковий синдром” для визначення РДНК внаслідок впливу СМ.

За даними різних авторів [21, 22], на прискорення кісткового росту може впливати локальна зміна параметрів артеріального та венозного кровотоку з посиленням артеріального кровопостачання кістки та навколишніх тканин, венозний застій та, як наслідок, порушення процесів оксигенації і тканинного обміну, а кісткова гіпотрофія пов'язана з механічним стисканням кісток розширеними аномальними судинами. Дослідження Р. Cartier [23] встановили, що існує постійний ферментативний зв'язок між специфічною активністю остеобластів щодо кісткоутворення та активністю процесів газообміну. Доведено, що зниження оксигенації остеобластів призводить до накопичення сполук фосфору та прискорення мінералізації кістки. R. Ingebrigsten [24] у досліджен-

ні з імітацією кровообігу при артеріовенозних (АВ) фістулах у ділянці стегна у тварин встановив, що основним патофізіологічним ефектом було зниження напруги кисню в метафізах ураженої кінцівки порівняно зі здоровою ногою. Результати експериментальних робіт W.H. Nauss [25] підтверджують патогенетичну роль впливу гіпоксії на остеобласти та підвищення артеріального тиску на зони росту кісток. Дослідження виявили зв'язок між васкуляризацією кістки, кістковим ростом та ангіогенними й остеогенними чинниками. Виявлено, що судинний ендотеліальний фактор росту (VEGF) може діяти безпосередньо на остеобласти [26, 27]. Інші відомі фактори, що впливають на скелетний ріст: фактор росту фібробластів (FGF), трансформуючий фактор росту (TGF), кістковий морфогенетичний білок (BMP), інсуліноподібний фактор росту (IGF) та тромбоцитарний фактор росту (PDGF) [28]. Роль цих молекул у розвитку вродженого судинно-кісткового синдрому не до кінця встановлена.

Стосовно патології опорно-рухового апарату слід зазначити, що СМ та ортопедична патологія – це дві невід'ємні складові одного патологічного процесу. За даними різних авторів [5, 12], для СМ характерна різноманітна ортопедична патологія: зміна довжини та об'єму ураженої кінцівки, деформації хребта, контрактур суглобів, деформації стоп, що призводять до порушення функції ходьби та опори. Проте у даному дослідженні буде приділятися увага саме РДНК, яка супроводжує СМ, як найбільш розповсюджений ортопедичний прояв, який впливає на якість життя пацієнта.

РДНК – це стан, який характерний для різної вродженої та набутої ортопедичної патології, такої, як вроджені аномалії розвитку кінцівок, наслідки травм, інфекційних та онкологічних захворювань, у тому числі для вродженої судинної мальформації.

При діагностиці РДНК використовуються клінічні та променеві методи обстеження [29]. При клінічному обстеженні необхідно враховувати патологічні установки та контрактури у суглобах нижніх кінцівок, які можуть призводити до неправильного вимірювання довжини кінцівок. Серед променевих методів визначення РДНК можна виділити методики, які базуються на проведенні рентгенологічного обстеження (телерентнограма, сканограма, орторентнограма), КТ-дослідження. Щорічні клінічні та рентгенологічні вимірювання рекомендується проводити у дітей старше 2-річного віку з метою прогнозування термінів хірургічного втручання [30].

Вкрай важливим є прогнозування різниці довжини нижніх кінцівок до настання скелетної зрілості для визначення тактики лікування. Для розрахунку майбутнього росту дитини запропоновано декілька методик: Paley multiplier method [31], Anderson & Green Growth remaining charts [32], Menelaus arithmetic method [33], Moseley Straight line graph

method [34]. F. Shapiro [35] відмічає тенденцію до постійної стимуляції або гальмування росту кінцівок за наявності судинної мальформації. Він виявив, що різницю помітно уже в ранньому дитинстві та що надмірне збільшення довжини кінцівки відбувається пропорційно до росту і, як правило, такими ж темпами щодо нормального росту.

Прогнозування РДНК у пацієнтів із СМ є вкрай складним, оскільки на кістковий ріст впливає багато факторів. При прогнозуванні різниці довжини нижніх кінцівок у пацієнтів із гіпертрофією на фоні судинної мальформації А. Bogowski [36] встановив, що довжина здорової кінцівки при закінченні кісткового росту відповідала показникам, передбачуваними методами з визначенням кісткового росту, що дозволяло розрахувати належні терміни епіфізидезу; мультифакторіальний метод був неефективний, а скелетний вік не відповідав хронологічному віку.

Y.W. Kim та співавтори [14] провели аналіз результатів обстеження пацієнтів із СМ та визначали фактори ризику РДНК більше 2 см. Встановлено, що тотальне ураження СМ нижньої кінцівки було визначено як єдиний незалежний фактор ризику РДНК. Видовження значно частіше зустрічається в осіб жіночої статі, ніж чоловічої.

Для корекції РДНК у дітей запропоновано багато різноманітних хірургічних методів. Відмінність цих методів полягає у шляху досягнення корекції РДНК – вкороченням більш довгої кінцівки; подовженням вкороченої кінцівки (одномоментне або поступове); впливом на зони росту довгих кісток із метою сповільнення або стимуляції її функції. Сучасний підхід до ортопедичної корекції РДНК у дітей базується на використанні малоінвазивних методик хірургічного лікування. Проте у світі набуває дедалі більшої популярності концепція керованого росту, заснована на використанні різних методів впливу на зони росту довгих кісток, яка дозволяє ефективно усувати РДНК за певний проміжок часу при різній ортопедичній патології [37, 38].

Уперше методика епіфізидезу (блокування зон росту) була запропонована у 1933 році D.V. Phemister [39], який виконав випилювання прямокутного кістково-хрящового блоку в епіметафізарній ділянці з обох боків із подальшою переорієнтацією кістково-хрящового блоку на 180° та перекриванням зони росту. Цим досягалось синостозування епіфізу з метафізом та закриттям рони росту.

У 1949 році W.P. Blount [40] запропонував використання металевих скоб для лікування осьових деформацій колінного суглоба. Спосіб лікування був названий “степлювання”. Пізніше металеві скоби почали використовувати для двобічного блокування зон росту з метою корекції РДНК.

У 1998 році J.P. Metaizeau [41] застосував черезшкірне введення канюльованих гвинтів для тимчасового блокування зон росту довгих кісток кінці-

вок (Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws – PETS).

У 2007 році P.M. Stevens [42] уперше запропонував використання пластин із 2 гвинтами (8-plate) для тимчасового блокування зон росту з метою корекції осьових деформацій колінного суглоба та корекції РДНК. При цьому автор відзначив зворотність блокування зон росту при використанні пластини з гвинтами та можливість відновлення її функції після видалення металофіксатора.

Застосування методів блокування зон росту має свої обмеження, вибір тактики лікування залежить від прогнозованої РДНК на момент закінчення кісткового росту.

Стосовно лікування РДНК при СМ потрібно наголосити, що серед науковців є дві точки зору: деякі дослідники [37] дотримуються стриманої тактики та використовують лише консервативні методики ортопедичного лікування, пояснюючи свою тактику загрозою виникнення ускладнень при хірургічному лікуванні (кровотеча, прогресування захворювання та ін.), інші – досягають ефективної корекції патології опорно-рухового апарату при СМ шляхом використання різноманітних хірургічних методик (блокування росткових зон кінцівки або подовження сегментів вкороченої кінцівки із використанням АЗФ) з урахуванням форми захворювання та порушень гемодинаміки [44].

При мальформаціях з уповільненням кровотоку (ВМ, ЛМ) РДНК 2 см і більше потребує хірургічної корекції. Проте при даних типах мальформацій характерні коагуляційні порушення, які підвищують ризик інтраопераційних та післяопераційних ускладнень. За даними A. Dompmartin [45], у хворих із ВМ спостерігається локалізована внутрішньосудинна коагулопатія. Перехід локалізованої внутрішньосудинної коагулопатії в генералізовану можливий при переломах, оперативних втручаннях. З метою запобігання таких ускладнень повинен бути чіткий контроль над показниками згортання крові, корекція в передопераційному періоді розладів, мінімізація оперативного втручання.

J.J. Schoch [46] повідомляє про ефективність та доцільність проведення епіфізидезу у 83 пацієнтів із приводу РДНК 2-5 см при синдромі Кліппеля – Треноне. I. Hatzokos [47] та M. Takata [48] описали випадки подовження здорової стегнової кістки та кісток гомілки в АЗФ у дорослих пацієнтів при синдромі Кліппеля – Треноне.

R. Chapot та O. Enjolras [44] при оцінці результатів лікування видовження нижньої кінцівки при артеріовенозних мальформаціях (АВМ) шляхом тимчасового блокування зон росту металевими скобами відзначали значне погіршення перебігу мальформації після проведеного лікування. Автори відмічають, що за наявності АВМ у ділянці колінного суглоба (внутрішньокісткова локалізація) проведення тим-

часового блокування зони росту може стимулювати прогресування мальформації. Пацієнтам із АВМ, які мають різницю довжини нижніх кінцівок понад 2 см, рекомендують обґрунтоване ортопедичне лікування, із зведенням до мінімуму ризиків розвитку ускладнень, пов'язаних із проведенням хірургічної корекції ураженої кінцівки.

M.S. Ferreira [49] рекомендує подовження сегментів здорової нижньої кінцівки для корекції гіпертрофії кінцівки на фоні АВМ.

У випадках РДНК через вкорочення кінцівки процедура подовження кісток не рекомендується, оскільки кістка ураженої кінцівки, як правило, має ознаки остеопорозу.

Варто відзначити, що публікації щодо лікування РДНК у пацієнтів із СМ мають спорадичний та безсистемний характер, без урахування перебігу основного захворювання, метаболічних та структурних змін кісткової тканини, форми та локалізації СМ, ступеня компенсації кровотоку та функції ураженої кінцівки, в них відсутня інформація щодо прогнозування розвитку ортопедичної патології.

Таким чином, на наш погляд, залишаються нерозв'язаними наступні ключові питання: вивчення та об'єктивізація змін структурно-функціонального стану кісткової тканини при СМ; прогнозування ступеня видовження кінцівки залежно від тяжкості судинної патології та віку пацієнта; розроблення системи консервативного лікування ортопедичних проявів при СМ; можливість та доцільність застосування різних методів хірургічної корекції, в тому числі тимчасового блокування зон росту для корекції РДНК; показання та протипоказання до хірургічного лікування залежно від форми СМ, її локалізації та віку хворого; терміни, етапність, залученість вузьких спеціалістів різного профілю при проведенні хірургічного лікування РДНК при СМ, їх доцільність та безпека.

Висновки

1. Судинна мальформація – тяжка патологія, для якої характерним є наявність різноманітної ортопедичної патології: зміна довжини та об'єму ураженої кінцівки, деформації хребта, контрактури суглобів, деформації стоп, серед яких найчастіше зустрічається різниця довжини нижніх кінцівок.

2. Ортопедичне лікування РДНК при СМ потребує розробки показань та протипоказань до використання консервативних та хірургічних методів, у тому числі подальшої розробки та удосконалення методик хірургічного лікування, з урахуванням форми захворювання, локалізації ураження, віку пацієнта та ступеня компенсації гемодинаміки.

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

References

1. Lee BB, Laredo J, Lee TS. Terminology and classification of congenital vascular malformations. *Phlebology*. 2007;22(6):249–52. DOI: 10.1258/026835507782655236.
2. Дан ВН, Сапелкин СВ. Ангиодисплазии (врожденные пороки развития сосудов). Москва: Вердана; 2008. 200 с. [Dan VN, Sapelkin SV. Angiodysplasia (congenital malformations of blood vessels). Moscow: Verdana; 2008. p. 200].
3. Альтман ИВ, Чернуха ЛМ, Гуч АА. Сосудистые аномалии как следствие нарушения эмбрионального ангиогенеза. *Клінічна флебологія*. 2008;1(1):46–48. [Altman IV, Chernukha LM, Guch AA. Vascular abnormalities as a consequence of impaired embryonic angiogenesis. *Clinical phlebology*. 2008;1(1):46–48].
4. Wassef M, Blei F, Adams D et al. Vascular anomalies classification: recommendations from the International Society for the Study of Vascular Anomalies. *Pediatrics*. 2015;136:e203–e214. DOI: 10.1542/peds.2014-3673.
5. Malan E. Vascular malformations (angiodysplasias). Milan: Carlo Erba Foundation; 1974. p. 213.
6. Lee BB. Congenital vascular malformations: general diagnostic principles. *Phlebology: Venous Forum of the Royal Society of Medicine*. 2007;22(6):253–57. DOI: 10.1258/026835507782655245.
7. Oduber CE, van der Horst CM, Hennekam RC. Klippel-Trenaunay syndrome: diagnostic criteria and hypothesis on etiology. *Annals of plastic surgery*. 2008;60(2):217–23. DOI: 10.1097/SAP.0b013e318062abc1.
8. Luks V, Kamitaki N, Vivero M, Uller W, Rab R, Bovée J et al. Lymphatic and other vascular malformative/overgrowth disorders are caused by somatic mutations in PIK3CA. *Journal of Pediatrics*. 2015;166(4):1048–54. DOI: 10.1016/j.jpeds.2014.12.069.
9. Belov S. Classification of congenital vascular defects. *Int Angiol*. 1990;9:141–46. PMID: 2090695.
10. Enjolras O, Wassef M, Chapot R. Color Atlas of vascular tumor and vascular malformation. Hardback; 2007. 310 p.
11. Yakes WF, Parker SH. Diagnosis and management of vascular anomalies. In: Castaneda-Zuniga WR, Tadavarthy SM, editions. *Interventional Radiology*. Vol 1. Baltimore: Williams and Wilkins Publishers; 1992. p. 152–89.
12. Breugem CC, Maas M, Breugem SJ, Schaap GR, van der Horst CV. Vascular malformations of the lower limb with osseous involvement. *J Bone Joint Surg Br*. 2003;85(3):399–05. DOI: 10.1302/0301-620x.85b3.13429.
13. Mattassi R, Vaghi M. Vascular bone syndrome - angioosteodystrophy: current concepts. *Phlebology/Venous Forum R Soc Med*. 2007;22(6):287–90. DOI: 10.1258/026835507782655263.
14. Kim YW, Lee SH, Kim DI, Do YS, Lee BB. Risk factors for leg length discrepancy in patients with congenital vascular malformation. *J Vasc Surg*. 2006;44(3):545–53. DOI: 10.1016/j.jvs.2006.05.035.
15. Klippel M, Trenaunay P. Du naevus variqueux et osteohypertrophique // *Arch Gen Med*. 1900;3:641–72.
16. Weber FP. Haemangiectasic hypertrophies of the foot and lower extremity. Congenital or acquired. *Presse Med*. 1908;15:261–6.
17. Weber FP. Haemangiectasis hypertrophy of limbs. Congenital phlebarteriectasis and so called congenital 'varicose veins'. *Br J Child Dis*. 1918;15:13–17.
18. Servelle M, Trinquocoste P, Servelle M. Des angiomes veineux (about venous angiomas). *Arch Mal Couer*. 1948;41:436–38.
19. Martorell F. Hemangiomas braquial osteolitica. *Angiologia*. 1949;1:219.

20. Belov S. Correction of lower limbs length discrepancy in congenital vascular-bone diseases by vascular surgery performed during childhood. *Semin Vasc Surg.* 1993;6:245-51. PMID: 8305979.
21. Sumner DS, Rutherford RB. Hemodynamics and pathophysiology of arteriovenous fistulas. *Rutherford's Vascular Surgery.* 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Co; 1989. p. 1011.
22. Servelle M. Klippel and Trenaunay's syndrome. *Ann Surg.* 1985;201:365-73. DOI: 10.1097/00000658-198503000-00020.
23. Cartier P. Biochimie des troubles de l'ossification. In: Polonowsky M, ed. *Pathologie Chimique.* Paris: Masson; 1952. p. 1462-73.
24. Ingebrigsten R, Krog J, Lerand S. Circulation distal to experimental arterio-venous fistulas of the extremities: a polarographic study. *Acta Chir Scand.* 1963;125:308-17. PMID: 13956493.
25. Hauss WH. Transport und Stoffwechsel im Bindegewebe / In: Klüken N, editors. *Aktuelle Angiologie, Folia Angiologica Suppl.* Vol 2. Berlin: Verlag Haupt & Koska; 1973. p. 174-91.
26. Zelzer E, McLean W et al. Skeletal defects in VEGF(120/120) mice reveal multiple roles for VEGF in skeletogenesis. *Development.* 2002;129(8):1893-904. PMID: 11934855.
27. Deckers MM, van Bezooijen RL, van der Horst G et al. Bone morphogenetic proteins stimulate angiogenesis through osteoblast-derived vascular endothelial growth factor A. *Endocrinology.* 2002;143(4):1545-53. DOI: 10.1210/endo.143.4.8719.
28. Carano RA, Filvaroff EH. Angiogenesis and bone repair. *Drug Discov Today.* 2003;8(21):980-89. DOI: 10.1016/s1359-6446(03)02866-6.
29. Маркс ВО. Ортопедическая диагностика (руководство-справочник). Минск: Наука и техника; 1978. 512 с. [Marx WO. *Orthopedic diagnostics (guide-reference).* Minsk: Science and technology; 1978. p. 512].
30. McGroory BJ, Amadio PC. Klippel-Trenaunay syndrome: Orthopaedic consideration. *Orthopaedic Review.* 1993;22(1):41-50. PMID: 8380635.
31. Paley D, Bhave A, Herzenberg JE, Bowen JR. Multiplier method for predicting limb-length discrepancy. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82A(10):1432-46. DOI: 10.2106/00004623-200010000-00010.
32. Anderson M, Green WT, Messner MB. Growth and Predictions of Growth in the Lower Extremities. *J Bone Joint Surg Am.* 1963;45(1):1-14. PMID: 14040773.
33. Westh RN, Menelaus MB. A simple calculation for the timing of epiphysal arrest: a further report. *J Bone Joint Surg Br.* 1981;63B(1):117-19. PMID: 7204464.
34. Moseley CF. A straight line graph for leg length discrepancies. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1978;136:33-40. PMID: 845200.
35. Shapiro F. Longitudinal growth of the femur and tibia after diaphyseal lengthening. *J of Bone and Joint Surg.* 1987;69(5):684-90. PMID: 3597468.
36. Borowski A, Bajelidze G, Bowen JR. Hypertrophy Associated With Vascular Malformations: Analysis of Growth and Results of Epiphysiodesis. *Orthopedics.* 2018;41(4):e574-e79. DOI: 10.3928/01477447-20171213-07.
37. Nouth F, Kuo LA. Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws (PETS): prospective case study and review. *J Pediatr Orthop.* 2004;24(6):721-5. DOI: 10.1097/00004694-200411000-00023.
38. Pendleton AM, Stevens PM, Hung M. Guided growth for the treatment of moderate leg-length discrepancy. *Orthopedics.* 2013; 36 (5): E575-580. DOI: 10.3928/01477447-20130426-18.
39. Phemister DB. Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1933;15(1):1-15.
40. Blount WP, Clarke GR. Control of bone growth by epiphysal stapling: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1949 Jul;31A(3):464-78. PMID: 18153890.
41. Metaizeau JP, Wong-Chung J, Bertrand H, Pasquier P. Percutaneous epiphysiodesis using transphyseal screws (PETS). *J Pediatr Orthop.* May-Jun 1998;18(3):363-9. PMID: 9600565.
42. Stevens PM. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J. Pediatr. Orthop.* 2007 Apr-May;27(3):253-9. doi: 10.1097/BPO.0b013e31803433a1.
43. Belov S. Correction of lower limbs length discrepancy in congenital vascular-bone diseases by vascular surgery performed during childhood. *Semin Vasc Surg.* 1993;6:245-51. PMID: 8305979.
44. Enjolras O, Chapot R, Merland JJ. Vascular anomalies and the growth of limbs: a review. *J Pediatr Orthop B.* 2004;13:349-57. DOI: 10.1097/01202412-200411000-00001.
45. Domp Martin A, Acher A, Thibon P, Tourbach S, Hermans C, Deneys V et al. Association of localized intravascular coagulopathy with venous malformations. *Arch Dermatol.* 2008 Jul;144(7):873-7. DOI: 10.1001/archderm.144.7.873.
46. Schoch JJ, Nguyen H, Schoch BS, Anderson KR, Stans AA, Driscoll D et al. Orthopaedic diagnoses in patients with Klippel-Trenaunay syndrome. *J Child Orthop.* 2019;13(5):457-62. DOI: 10.1302/1863-2548.13.190065.
47. Hatzokos I, Gigis I, Marinou A, Pournaras J. Bone lengthening for correction of limb length discrepancy in a patient with Klippel-Trenaunay syndrome. *Acta Orthop. Belg.* 2004;70:623-626. DOI: 10.1177/230949901101900320.
48. Takata M, Watanabe K, Matsubara H, Takato K, Nomura I, Tsuchiya H. Lengthening of the normal tibia in a patient with hemihypertrophy caused by Klippel-Trenaunay-Weber syndrome: a case report. *J of Orthop Surg.* 2011;19(3):359-63. DOI: 10.1177/230949901101900320.
49. Ferreira MS, Francisco T, Tavares D. Challenges in orthopaedic management of Parkes-Weber syndrome. *BMJ Case Rep.* 2013; bcr2013008800. DOI: 10.1136/bcr-2013-008800.

Vascular Malformation as an Orthopedic Problem (Review)

Guk Yu.M., Zyma A.M., Kincha-Polishchuk T.A., Cheverda A.I., Vyderko R.V., Skuratov O.Yu.

SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

Summary. Scientific research is analyzed and highlights the modern views on the problem of orthopedic manifestations of vascular malformations. The achievements of scientists concerning etiology, pathogenesis, classification, orthopedic manifestations and treatment of pathology of the musculoskeletal system at vascular malformations are described. The authors also identified

key unexplained practical issues of orthopedic manifestations in this nosology and announced ways to solve them.

Key words: *review; vascular malformations; orthopedic pathology; leg length discrepancy.*

Сосудистая мальформация как ортопедическая проблема (Обзор)

*Гук Ю.М., Зима А.М., Кинчая-Полищук Т.А., Чеверда А.И.,
Выдерко Р.В., Скуратов А.Ю.*

ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, г. Киев

Резюме. *В данной статье на основе литературных источников освещены современные взгляды на проблему ортопедических проявлений при сосудистых мальформациях. Подробно описаны научные достижения, касающиеся этиопатогенеза, классификации, клинико-ортопедических проявлений и тактики лечения патологии опорно-двигательного аппарата при сосудистых мальформациях. Также авторами указаны ключевые нерешенные теоретико-практические вопросы относительно ортопедических проявлений при данной нозологии, анонсированы пути их решения.*

Ключевые слова: *обзор; сосудистые мальформации; ортопедическая патология; разница длины нижних конечностей.*

Відомості про авторів:

Гук Юрій Миколайович – доктор медичних наук, професор, завідувач відділом травматології та ортопедії дитячого віку ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01061, Україна. E-mail: yuriy.guk61@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4213-3560>.

Зима Андрій Миколайович – доктор медичних наук, старший науковий співробітник відділу травматології та ортопедії дитячого віку ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01061, Україна. E-mail: zymandrii@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5443-2499>.

Чеверда Андрій Іванович – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділу травматології та ортопедії дитячого віку ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01061, Україна. E-mail: andriy.orto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7632-8278>.

Кінча-Полищук Тамара Анатоліївна – кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник відділу травматології та ортопедії дитячого віку ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01061, Україна. E-mail: polischuktomka@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7632-5796>.

Выдерко Роман Васильович – лікар ортопед-травматолог відділу травматології та ортопедії дитячого віку ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01061, Україна. E-mail: doc471400@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-8700>.

Скуратов Олександр Юрійович – лікар-інтерн, ортопед-травматолог відділу травматології та ортопедії дитячого віку ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01061, Україна. E-mail: skuratov.orto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8128-4196>.

Information about authors:

Guk Yurii Mykolaiovych – D.Med.Sc., professor, head of the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01061, Ukraine. E-mail: yuriy.guk61@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4213-3560>.

Zyma Andrii Mykolaiovych – D.Med.Sc., senior researcher at the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01061, Ukraine. E-mail: zymandrii@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5443-2499>.

Cheverda Andrii Ivanovych – Ph.D. in Medicine, senior researcher at the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01061, Ukraine. E-mail: andriy.orto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7632-8278>.

Kincha-Polishchuk Tamara Anatoliivna – Ph.D. in Medicine, leading researcher at the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01061, Ukraine. E-mail: polischbuktomka@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7632-5796>.

Vyderko Roman Vasylovych – orthopedic traumatologist at the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01061, Ukraine. E-mail: doc471400@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-8700>.

Skuratov Oleksandr Yuriiuvych – intern doctor, orthopedic traumatologist at the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01061, Ukraine. E-mail: skuratov.orto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8128-4196>.

Сведения об авторах:

Гук Юрий Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом травматологии и ортопедии детского возраста ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: yuriy.guk61@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4213-3560>.

Зима Андрей Николаевич – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отдела травматологии и ортопедии детского возраста ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: zymandrii@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5443-2499>.

Чеверда Андрей Иванович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела травматологии и ортопедии детского возраста ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: andriy.orto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7632-8278>.

Кинчая-Полищук Тамара Анатольевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела травматологии и ортопедии детского возраста ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: polischbuktomka@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7632-5796>.

Выдерко Роман Васильевич – врач ортопед-травматолог отдела травматологии и ортопедии детского возраста ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: doc471400@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-8700>.

Скуратов Александр Юрьевич – врач-интерн, ортопед-травматолог отдела травматологии и ортопедии детского возраста ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: skuratov.orto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8128-4196>.

Для кореспонденції: Видерко Роман Васильович, ординатор, відділ травматології та ортопедії дитячого віку, ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, Бульварно-Кудрявська вул., 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(093)0323748. E-mail: **doc471400@gmail.com**. ORCID: 0000 0002 3427 8700.

For correspondence: Vyderko Roman V., orthopedic traumatologist, the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(093)0323748. E-mail: **doc471400@gmail.com**. ORCID: 0000 0002 3427 8700.

Для кореспонденции: Выдерко Роман Васильевич, ординатор, отдел травматологии и ортопедии детского возраста, ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, Бульварно-Кудрявская ул., 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38 (093) 0323748. E-mail: **doc471400@gmail.com**. ORCID: 0000 0002 3427 8700.

Передопераційна трансартеріальна емболізація злоякісних пухлин кінцівок (сучасний стан проблеми) (Огляд)

Солоніцин Є.О., Проценко В.В.

ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

Резюме. У статті розглянуто актуальну проблему сучасної медицини, зокрема застосовування методу трансартеріальної емболізації судин при лікуванні злоякісних пухлин кінцівок. Висвітлено мету, показання, технічні особливості та матеріали, які застосовуються для її проведення, а також протипоказання та ускладнення. Розглянуто ефективність методу при підготовці пацієнта до оперативного втручання з приводу злоякісної пухлини м'язово-скелетної системи. При аналізі сучасної вітчизняної та іноземної літератури з'ясовано, що наразі розширюються показання для використання даного методу, вдосконалюються технічні можливості обладнання та фізико-хімічні властивості матеріалів. Окреслені питання подальшого вивчення і розв'язання даної проблеми.

Ключові слова: огляд; трансартеріальна емболізація (ТАЕ); злоякісні пухлини кінцівок; саркоми м'яких тканин; метастатичні ураження; хірургічна судинна оклюзія.

Вступ

На теперішній час злоякісні пухлини скелета, зокрема саркоми м'яких тканин кінцівок, як і раніше, залишаються недостатньо вивченою патологією, рання діагностика якої все ще є невисокою. Передусім це обумовлено їх відносно невеликою кількістю: від 1 до 2,5% всіх злоякісних пухлин [1, 2]. Також важливою є відсутність онконастороженості у фахівців, труднощі постановки клінічного діагнозу при глибокому або важкодоступному розташуванні новоутворення, недооцінка важливості передопераційної морфологічної верифікації пухлини, помилка техніки виконання діагностичної процедури, похибки методики обробки матеріалу біопсії [3]. Саркоми м'яких тканин кінцівок більш ніж у 60% випадків розвиваються у пацієнтів працездатного віку. Хірургічне лікування даної патології часто призводить до інвалідизації хворих, і такі результати не можна назвати задовільними. Цей факт є не тільки медичною, а й соціально-економічною проблемою [4]. Одним з основних нерозв'язаних завдань, що призводять до інвалідизації пацієнта, є частота місцевого рецидивування пухлини. За даними Д.В. Мартинкова (2011) та ін., частота локальних рецидивів після видалення первинної пухлини становить від 15 до 60%, при цьому частота повторних рецидивів досягає 50% і більше [5, 6, 7]. Як свідчить накопичений різними авторами досвід, поліпшити результати лікування сарком м'яких тканин кінцівок можна шляхом застосування додаткових методів місцевого впливу на пухлинну тканину як у передопераційний період, так і під час хірургічного

втручання [8, 9]. З появою рентгендоваскулярних методик почалося їх активне використання, в тому числі і в лікуванні пухлин кісток та м'яких тканин кінцівок, а також їх рецидивів [10]. Дотепер методи інтервенційної радіології в онкології продовжують постійно вдосконалюватися і активно розвиватися, що дозволяє скоротити обсяг інтраопераційної крововтрати, кількість ускладнень, знизити відсоток рецидивів, а також збільшити кількість органозбережних операцій [11].

Мета – висвітлити сучасні методи передопераційної емболізації злоякісних пухлин кістково-м'язової системи людини, проаналізувати їх можливості та ефективність.

Перші повідомлення про використання ендоваскулярного методу при лікуванні пухлин області шиї датуються 1904 роком, коли R.H. Dawbarn виконав транскаротидну емболізацію саркоми пацієнта сумішшю парафіну та бензину [12]. У 1972 р. R.E. Heckster повідомив, що доопераційна емболізація пухлини полегшує її хірургічне видалення та є ефективною і надійною альтернативою методу перев'язки гілок зовнішньої сонної артерії [13].

У 70-ті роки ХХ століття при подальшому розвитку методики емболізації наступні спроби робили на метастатичних осередках кінцівок при злоякісній пухлині внутрішнього органу [14]. Однак на сучасному етапі розвитку методики трансартеріальної емболізації (ТАЕ) показання до застосування даного методу розширилися і застосовуються у лікуванні як злоякісних пухлин (первинних і вторинних) кістково-м'язової системи, так і навіть доброякісних новоутворень [15].

Основним завданням трансартеріальної емболізації є деваскуляризація пухлини. Вона показана як паліативна процедура для полегшення клінічних симптомів захворювання, як передопераційний захід для зменшення періопераційної крововтрати, а в деяких випадках як основне лікування. У всіх випадках при виконанні ТАЕ повинна проводитися оклюзія якомога більшої кількості судин, що живлять пухлину. Результат варіює від повного некрозу пухлини до вираженого ступеня ішемії або гіповаскуляризації. Зазвичай рекомендується попереднє планування за допомогою МРТ, КТ та ультразвуку, що дозволяє ідентифікувати артеріальне кровопостачання, венозний відтік, поширення процесу на сусідні органи і тканини з урахуванням близькості розташування життєво важливих структур, що мають загальне кровопостачання. КТ-ангіографія особливо корисна при складних ураженнях із великою кількістю можливих шляхів артеріального постачання. Після попереднього планування катетерна ангіографія виконана під час ТАЕ підтверджує результати візуалізації що, в кінцевому підсумку, визначає безпечну емболізацію [16].

Аналіз результатів ангіографічних досліджень засвідчив, що розмір пухлини має пряму кореляцію з кількістю джерел кровопостачання. За ступенем васкуляризації виділяють пухлини з високою, помірною та низькою васкуляризацією. Приблизно у 50% випадків усіх сарком м'яких тканин та кісток кінцівок виявляються пухлини з високим ступенем васкуляризації, близько 40% були представлені пухлинами з помірною васкуляризацією, і лише тільки у 10% випадків відзначалася низька васкуляризація злоякісної пухлини. Найвищою васкуляризацією відрізняються ангіосаркоми та саркоми з низьким ступенем диференціювання (G3-G4). До низьковаскуляризованих пухлин переважно зараховувалися ліпосаркоми [11, 17]. Це підтверджує теорію, що васкуляризація пухлини пов'язана з її гістологічним підтипом, а не кількістю судин, які її живлять [18].

Крім того, залежно від внутрішньої ангіоархітектоники встановлені особливості кровотоку в деяких пухлинах певних гістологічних форм. Більшість авторів описує, що злоякісні пухлини кістково-м'язової системи взагалі мають змішаний тип кровопостачання. Він діагностується у 55% випадків. Другим за частотою походження був магістральний тип кровопостачання – близько 35% випадків, і лише у 10% випадків визначався розсіпний тип кровопостачання пухлини [19]. Таким чином, вже на етапі передопераційного планування відомий тип судинного кровопостачання пухлини, тип її васкуляризованості, що дає можливість передбачати об'єм крововтрати.

Показання. На даний час існує широкий діапазон показань для ТАЕ первинних (доброякісних і злоякісних) і вторинних (метастатичних) пухлин кістково-м'язової системи: з метою зниження ризику операційного та післяопераційного геморагічного синдрому, для спрощення хірургічного втручання, купірування

болю, лихоманки, кровотечі, контролю електролітних та інших реологічних показників крові. Емболізація може також збільшити чутливість пухлини до хіміотерапії або променевої терапії [20].

Протипоказання. При проведенні емболізації пухлин кінцівки є певні протипоказання та обмеження, характерні взагалі для всіх видів рентгеноваскулярних операцій, а саме: наявність коагулопатії, тромбоцитопенії або анемії, алергія на контрастні препарати, тяжкі форми ниркової недостатності, анатомічні особливості будови судинного русла [21, 22]. Не зайвим буде відзначити, що поява нових поколінь контрастних нейодованих препаратів зменшила список протипоказань до проведення трансартеріальної емболізації.

Техніка виконання ТАЕ. Як правило, трансартеріальна емболізація проводиться в умовах рентгеноопераційної перед виконанням основного хірургічного втручання. Для профілактики больового синдрому, що виникає в процесі проведення ангіографії та після виконання емболізації судин, пацієнти отримують премедикацію. З цією метою застосовуються препарати тримеперидин та діазепам у стандартному дозуванні. Дане поєднання препаратів є достатнім для купірування та профілактики больового синдрому у пацієнтів [4].

Далі за допомогою інтродюсера в асептичних умовах рентгенхірургічної операційної здійснюється доступ до артеріального русла. У більшості випадків (95%) різновидом артеріального доступу є доступ через стегнову артерію за Сельдингером. Доступ через плечову артерію є менш зручним та має більшу кількість недоліків у порівнянні з доступом через стегнову артерію. Він використовується тільки в разі наявності протипоказань або нездоланих технічних труднощів при проведенні стегового доступу до артеріального русла, таких як: периферичне розташування пухлин верхніх кінцівок (недостатня довжина артеріальних катетерів) та критичні зміни стегових артерій, що не дозволяють здійснити даний вид доступу. Після виконання артеріального доступу проводиться оглядова ангіографія необхідного сегмента судинного русла та оцінюється особливості анатомічних співвідношень пухлини та суміжних органів і тканин, а також наявність можливості селективної катетеризації судин, що живлять пухлину [23].

Після виконання діагностичної ангіографії судин, що живлять пухлину, проводять їх ідентифікацію та канюляцію за допомогою предмодельованих катетерів № 4-5 F або за допомогою мікрокатетерів [24]. Мікрокатетери мають деякі переваги. Емболічний агент може бути доставлений із магістральної судини та потенційно знизити ймовірність нецільової емболізації. Судини, що живлять пухлину, у багатьох випадках є гіпертрофованими безіменними судинами, та їх канюляція катетерами великого калібру більш складна.

При використанні катетера великого калібру артеріальний спазм може призвести до помилкових

кінцевих пунктів емболізації, що у підсумку знизить ефективність самої процедури. Так само труднощі емболізації створюють короткі артеріальні стовбури, що йдуть до пухлини від магістральних судин, оскільки існує високий ризик потрапляння застосованих емболів у магістральні судинні стовбури з подальшим тромбозом периферичних відділів судинного русла [25]. Тому невіддільною частиною операції є системна гепаринізація з контролем показників коагулограми.

При проведенні передопераційної емболізації судин, які живлять пухлину, значно поліпшується відмежування тканини пухлини, зменшуються її розміри, полегшується видалення, істотно зменшується крововтрата під час операції, зменшується травматичність та тривалість втручання при збільшенні його обсягу. Це підвищує радикальність та ефективність хірургічного лікування, дозволяє в ряді ситуацій уникнути повторних операцій, зменшує тяжкість перебігу післяопераційного періоду, підвищує ефективність ад'ювантних методів лікування. У деяких неоперабельних випадках виключення живлення новоутворення є єдиним значущим засобом контролю прогресії пухлини, клінічної детеріорації та запобігання тумор-асоційованих геморагічних ускладнень [26, 27].

Після емболізації проводиться повторна ангіографія, яка демонструє ступінь деваскуляризації пухлини та оцінює прохідність суміжної магістральної нормальної судинної мережі. Також для пом'якшення очікуваного перитуморального набряку, що виникає як наслідок емболізації, застосовують внутрішньовенне введення стероїдів. Зазвичай постангіографічне спостереження включає клінічну перевірку магістрального та периферичного пульсу, неврологічне обстеження для виявлення будь-якого клінічного погіршення, що може бути вторинним внаслідок виникнення ішемії [28].

Матеріали для ТАЕ. Одним із основних принципів рентгенендоваскулярної емболізації є селективна установка катетера у відповідну судину, що йде до пухлини, та досягнення контрольованої оклюзії цієї судини. Сучасний технологічний прогрес ендоваскулярної хірургії призводить до розробки більш досконалих мікрокатетерів та мікроемболів (мікросфери), які містять лікарські речовини, що дозволяє значно розширити застосування цього методу в онкології [29]. Емболізуючими агентами виступають гемостатичні губки та їх суспензії, акриловий клей, частки полівінілалкоголя, а також металеві спіралі [30]. Щодо порівняльних результатів застосування того чи іншого емболічного матеріалу – їх проведено й опубліковано дуже мало.

При виборі мікрочастинок для емболізації керуються багатьма чинниками: це тип пухлини, її локалізація, мета процедури. Але найбільш важливим є досвід лікаря, який проводить цю процедуру [31]. Виділяють солідні (густі) та рідкі речовини.

Для механічної оклюзії судин пухлини застосовують частки полівінілалкоголя (ПВА), які змішують з

контрастом та вводять селективно через мікрокатетер під контролем рентгеноскопії. Розміри цих частинок складають від 45-150 до 1000-1180 мкм (Contour PVA particles, Boston Scientific, США). Зазвичай для більшості процедур емболізації пухлин використовують частки ПВА розміром 150-250 мкм. Ембосфери (BiosphereMedical, Inc., США) є альтернативою мікрочастинок емболічної речовини, що складається з триакрилових желатинових мікросфер.

На відміну від частинок ПВА, які можуть мати нерівну поверхню та різний розмір, мікросфери – це сферичні частинки одного розміру та форми. Завдяки цьому вони є ідеальним матеріалом для дистального проникнення в ложе пухлини. У порівнянні з частинками ПВА в результаті передопераційної емболізації пухлини за допомогою ембосфер значно зменшується об'єм крововтрати під час операції [32]. Після проведення емболізації пухлини мікросфери не погіршують стан, а тільки викликають помірну запальну реакцію [33].

Рідку речовину, яка тромбує, – Н-бутил цианоакрилат (НБЦА) (Trufill NBCA Liquid Embolic, Cordis Corp.) також використовують для емболізації пухлин. При приготуванні НБЦА необхідно уникати контакту речовини з іонними розчинами (кров'ю, контрастом, фізіологічним розчином). Речовину, яка зв'язує, спочатку розбавляють 25-30% етиодолом (Cordis Corp.) – маслянистим середовищем, що збільшує час полімеризації мономера НБЦА та поліпшує якість полімерної маси. Онух (Micro Therapeutics, Inc.) – це рідка емболічна речовина, що складається з сополімеру – етиленвінілового спирту, розчиненого в диметилсульфоксиді. Перевагою Онух перед НБЦА при емболізації пухлини з високою васкуляризацією вважають те, що він полімеризується при висиханні, не склеюється, а також дозволяє ефективно контролювати велике заповнення вогнища з меншим ризиком передчасної полімеризації, венозної оклюзії, склеювання катетера [34].

Іноді для лікування пухлин із високою васкуляризацією застосовують етиловий спирт. Алкоголь має низький рівень в'язкості, що сприяє глибокому проникненню в осередок пухлини. Він є надзвичайно цитотоксичним, внаслідок цього викликає фібриноїдний некроз ендотелію та тромбоз судини. Етанол повільно вводять в уражене місце. Через 5-10 хвилин настає тромботичний ефект. Повна оклюзія, як правило, вимагає поетапного підходу до емболізації [35]. Емболізація етанолом дуже болюча, тому її проводять під загальною анестезією.

Відокремлювані або штовхальні спіралі (COILs) найбільш безпечні для емболізації пухлин з високою васкуляризацією. Відокремлювані платинові спіралі забезпечують дуже точне розгортання та можуть бути видалені, якщо був неправильно обраний розмір або їх розміщення [36]. У ситуації, що загрожує життю, при високому ризику кровотечі при передопераційній емболізації метастатичних пухлин деякі фахівці обира-

ють комбінацію частинок емболів ПВА та спіралей із нержавіючої сталі або платини.

Агенти у вигляді частинок можуть мати деякі потенційні переваги, оскільки знижується частота неселективної емболізації [37]. А. Yamamoto та ін. (2006) у своєму дослідженні, присвяченому операційній крововтраті після емболізації, не виявили клінічно значущої різниці між трисакрилжелатиновими мікросферами та ПВА [38].

Желатинова абсорбуюча губка – гемостатичний засіб, що надає короткочасний (до декількох тижнів) емболізуючий ефект, використовується, як правило, для передопераційної емболізації судин гіперваскуляризованих злоякісних пухлин кінцівок, а також екстрацеребральних пухлин, якщо виконання оперативного втручання планується найближчим часом (від 24 до 72 годин). Введення контролюється за допомогою ангіографії та виконується до візуального уповільнення і припинення кровотоку в судинах, що живлять новоутворення [39].

Строки перед хірургічним лікуванням. Під час аналізу проведених досліджень за даними літератури оперативні втручання з приводу злоякісних пухлин кінцівок зазвичай виконувалися в терміни від 48 до 72 годин після емболізації [40]. S. Sun та ін. (1998) не виявили суттєвої різниці між пацієнтами, що перенесли операцію протягом перших 24 годин після емболізації, в порівнянні з тими, хто переніс операцію після 36 годин та більше [41]. Чи впливає часовий інтервал між передопераційною емболізацією та наступним виконанням операції на виникнення інтраопераційних або післяопераційних ускладнень, а також на результат лікування, залишається невідомим.

Нозологічні форми пухлин. Здебільшого дані літератури вказують на ефективність проведення передопераційної емболізації при метастазах нирково-клітинного раку, гепатоцелюлярній карциномі та раку щитоподібної залози [42]. При метастазах інших первинних пухлин ефективність передопераційної емболізації залишається до кінця не визначеною, незважаючи на твердження багатьох авторів про те, що всі метастази за визначенням є гіперваскулярними, а деякі з них є надзвичайно гіперваскулярними.

Ефективність ТАЕ. При виборі методу емболізації враховується ряд факторів: ангіоархітектоніка пухлини, топографічна анатомія та мета, з якою проводиться хірургічна операція. З огляду на те, що при частковій емболізації часто буває значна інтраопераційна кровотеча, бажано домагатися повної деваскуляризації. Ефективною вважається процедура, коли васкуляризація пухлини скорочується більш ніж на 70% [43]. У середньому ефективність становить від 36 до 80% оклюзії судин, що живлять пухлину. Більш точно важко визначити ефект передопераційної емболізації при хірургічному лікуванні злоякісних пухлин м'язово-кісткової системи, тому що це залежить від типу первинної пухлини, її розташування, а також виду

хірургічного лікування. Усе це може впливати на об'єм інтра- та післяопераційної крововтрати.

Ускладнення. Ускладнення трансартеріальної емболізації зустрічаються приблизно в 7-9% випадків [44]. Вони можуть виникати як під час процедури (анестезіологічні, технічні), так і після її проведення (наслідки ішемії, реакція на емболізуючий матеріал та ін.). Основним ускладненням емболізації судин є постемболізаційний синдром різного ступеня, який розвивається практично у всіх пацієнтів [45, 46]. До його основних проявів можна зарахувати: лихоманку, біль в області проведення емболізації, нудоту, блювоту, загальну інтоксикацію [47]. Як правило, він розвивається протягом перших двох діб із моменту виконання емболізації та минає на 5-6 добу. Однак, якщо йдеться про проведення передопераційної емболізації, симптоми інтоксикації не встигають розвинути. Тому достатнім виявляється забезпечення адекватної аналгезії при проведенні процедури, оскільки больовий синдром з'являється практично відразу після її виконання [48]. Значно рідше зустрічаються такі ускладнення, як розпад пухлини з утворенням раневого дефекту шкірних покривів, пошкодження магістральної судини, через яку відбувається процедура [49], мінущі парестезії та парез сідничного нерва, а також абсцес сідничної області.

Висновки

Трансартеріальну емболізацію слід враховувати в алгоритмі лікування первинних або вторинних пухлин кісток. Передопераційна емболізація при скелетно-м'язових пухлинах є відносно безпечним та ефективним методом передопераційного етапу перед хірургічним лікуванням [50]. Її проведення сприяє зменшенню больового синдрому, зниженню потреби в гемотрансфузії під час, а також після операції, що має позитивне значення при органозбережних операціях або операціях, які калічать, на великих сегментах із високим ризиком кровотечі [51], коли є ураження хребта та елементів спинного мозку [52], або в незручних для хірургічного доступу місцях, коли очікується тривалий час операція [53]. Поєднання хірургічного лікування з передопераційною селективною рентгеноендоваскулярною емболізацією судин, що живлять пухлину, здатне розширити можливості радикального хірургічного лікування та знизити частоту рецидивів злоякісних пухлин кінцівок [54]. З удосконаленням технологій та проведенням подальших досліджень у сфері ТАЕ показання та методи селективної емболізації пухлин кістково-м'язової системи продовжують розвиватися, що в цілому підвищує ефективність лікування пацієнтів.

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

References

1. Давыдов МИ, Аксель ЕМ. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2012 году. М.: Издательская группа РОНЦ, 2014:46.
Davydov MI, Aksel EM. Statistics of malignant neoplasms in Russia and CIS in 2012. M.: Publishing group, cancer research center. 2014:46. (Russian).
2. Чиссов ВИ, Старинский ВВ, Петрова ГВ. Злокачественные новообразования в России в 2010 г. (заболеваемость и смертность). М.: ФГБУ "МНИОИ им. П.А.Герцена", 2012:34.
Chissov VI, Starinsky VV, Petrova GV. Malignant neoplasms in Russia in 2010 (morbidity and mortality). M.: FGBU "MNIIOI im.PA Gertsena". 2012:34. (Russian).
3. Сидоренко ЮС, Салатов РН, Шатова ЮС. Факторы прогноза злокачественных опухолей мягких тканей // Современные подходы к терапии больных распространенным раком отдельных локализаций: Сб. статей под ред. ЮС Сидоренко. М.: ФГБУ "МНИОИ им. ПА Герцена". 2005:507–510.
Sidorenko YS, Salatov RN, Shatova YS. Sidorenko YS, Salatov RN, Shatova YS. Prognosis factors for malignant soft tissue tumors. Modern approaches to the treatment of patients with advanced cancer of certain localizations. Digest of articles edited by Sidorenko YS. M.: FGBU "MNIIOI im.PA Gertsena". 2005:507–510. (Russian).
4. Хазов АВ. Диссертация на соискание степени кандидата медицинских наук на тему "Хирургическое лечение сарком мягких тканей конечностей с применением эндоваскулярных вмешательств и криовоздействия". С.-Петербург. 2017:148.
Khazov AV. The dissertation for the degree of candidate of medical sciences on the topic "Surgical treatment of sarcomas of soft tissues of limbs with the use of endovascular interventions and cryotherapy". S-Petersburg. 2017:148. (Russian).
5. Мартынков ДВ, Харатишвили ТК, Бохан БЮ, Феденко АА, Буров ДА, Алиев МД, Петроченко НС. Синхронное развитие локального рецидива и отдаленных метастазов у пациентов с саркомами мягких тканей. Саркомы костей мягких тканей опухоли кожи. 2011; 4:51-56.
Martynkov DV, Kharatishvili TK, Bohyan BY, Fedenko AA, Burov DA, Aliev MD, Petrochenko NS. Synchronous development of local recurrence and distant metastases in patients with soft tissue sarcoma. Bone and soft tissue sarcomas and tumors of the skin. 2011; 4:51-56. (Russian).
6. Maretty-Nielsen K, Aggerholm-Pedersen N, Keller J, Safwat A, Vaerentzen S, Pedersen AB. Relative mortality in soft tissue sarcoma patients: a Danish population-based cohort study. BMC Cancer. 2014; 9:682. DOI: 10.1186/1471-2407-14-682.
7. Stojadinovic A, Leung DH, Allen P, Lewis JJ, Jaques DP, Brennan MF. Primary adult soft tissue sarcoma: time-dependent influence of prognostic variables. J.Clin.Oncol. 2002; 11:4344-4352. DOI: 10.1200/JCO.2002.07.154.
8. Алиев МД. Современные подходы к лечению сарком мягких тканей. Прак.онкол. 2004; 4:250–255.
Aliev MD. Modern approaches to the treatment of soft tissue sarcomas. Pract.oncol. 2004; 4:250-255. (Russian).
9. Yang JC, Chang AE, Baker AR [et al.]. A randomized prospective study of the benefit of adjuvant radiation therapy in the treatment of soft tissue sarcomas of the extremity. J.Clin.Oncol. 1998; 16:197–203. DOI: 10.1200/JCO.1998.16.1.197.
10. Misasi N, Sadile F. Selective arterial embolization in orthopaedic pathology. Analysis of long-term results. Chir Organi Mov. 1991; 76(4): 311-6. PMID: 1800042.
11. Манихас ГМ, Ханевич МД, Вашкуров СМ и др. Рентгенэндоваскулярные особенности кровоснабжения злокачественных мягкотканых опухолей. Российский онкологический журнал. 2014; 4:32–33.
Manikhas GM, Khanevich MD, Vashkurov SM [et al.]. X-ray endovascular features of blood supply to malignant soft tissue tumors. Russian Oncology Journal. 2014; 4:32-33. (Russian).
12. Dawbarn RH. The starvation operation for malignancy in the external carotid area. JAMA. 1904; 17:792-795.
13. Kerber CW, Wong W. Liquid acrylic adhesive agents in interventional neuroradiology. Neurosurg. Clin. N. Am. 2000; 11(1):85–99. DOI: 10.1016/S1042-3680(18)30148-7.
14. Bucheler E, Hupe W, Hertel EU [et al.]. Catheter embolization of renal tumours. Rofo. 1976; 124(2):134–8. doi: 10.1055/s-0029-1230298.
15. Chu JP, Chen W, Li JP [et al.]. Clinicopathologic features and results of transcatheter arterial chemoembolization for osteosarcoma. Cardiovasc Intervent Radiol. 2007; 30(2):201–6. DOI: 10.1007/s00270-005-0302-y.
16. Munk PL, Legiehn GM. Musculoskeletal interventional radiology: applications to oncology. Semin Roentgenol 2007; 42(3):164–74. DOI: 10.1053/j.ro.2007.04.004.
17. Pazonis TJ, Papanastassiou ID, Maybody M, Healey JH. Embolization of hypervascular bone metastases reduces intraoperative blood loss: a case-control study. Clin Orthop Relat Res. 2014; 472(10):3179-87. DOI: 10.1007/s11999-014-3734-3.
18. Ханевич МД, Манихас ГМ, Вашкуров СМ, Куканов МА, Хазов АВ. Сочетание эмболизации сосудов и криовоздействия в хирургическом лечении сарком мягких тканей. Вестник хирургии им. ИИ Грекова. 2015; 174(4):39-44.
Khanevich MD, Manikhas GM, Vashkurov SM, Kukanov MA, Khazov AV. Combination of vessel embolization and cryotherapy in surgical treatment of soft tissue sarcomas. Vestnik chirurgii im. II Grekova. 2015; 174(4): 39-44. (Russian).
19. Olieman A. F., van Ginkel R. J., Hoekstra H. J. [et al.]. Angiographic response of locally advanced soft-tissue sarcoma following hyperthermic isolated limb perfusion with tumor necrosis factor. Ann. Surg. Oncol. 1997; 4(1):64–69. DOI: 10.1007/BF02316812.
20. Owen R. Embolization of Musculoskeletal Bone Tumors. Seminars in Interventional Radiology. 2010; 27(02):111–123. DOI: 10.1055/s-0030-1253510.
21. Wong SJ, Urlings T, Seng C, Leong S, Tan BS, Tan MH. Pre-Operative Embolisation of Musculoskeletal Tumours. A Single Centre Experience. Malaysian Orthopaedic Journal. 2020; 14(1):42-48. DOI: 10.5704/МОJ.2003.007.
22. Кедрова АГ, Лебедев ДП, Шабловский ОР, Астахов ДА, Косый ВВ, Леваков СА, Ванке НС. Современная химиоэмболизация сосудов малого таза как этап лечения злокачественных опухолей тела и шейки матки. Клиническая практика. 2016. 2:50-56.
Kedrova AG, Lebedev DP, Shablovsky OR, Astakhov DA, Kosiy VV, Levakov SA, Wanke NS. Modern transarterial chemoembolization as a step towards the treatment of malignant tumors of the uteri and cervix. Clinical practice. 2016. 2:50-56. (Russian).
23. Reuter M, Heller M, Heise U, Beese M. Transcatheter embolization of tumors of the muscular and skeletal systems. Rofo. 1992; 156:182-188. DOI: 10.1055/s-2008-1032861.
24. Ishiguchi T, Itoh S, Fukatsu H, Itoh Y, Horikawa Y, Tadokoro M [et al.]. Arterial embolization therapy for metastatic bone and soft-tissue tumors with microcatheter and micro coils. Pub Med. 1991; 51(3):260-9. PMID: 2047201.
25. Ibrahim WH, Safran ZA, Hasan H, Zeid WA. Preoperative and therapeutic embolization of extremities of bone and soft tissue tumors. Angiology. 2013; 2:151-156. DOI: 10.1177/0003319711436075.
26. Hart JL, Davagnanam I, Chandrashekar HS, Brew S. Angiography and selective microcatheter embolization of a falicine meningioma

- supplied by the artery of Davidoff and Schechter. *J. Neurosurg.* 2011; 114(3):710–713. DOI: 10.3171/2010.4.JNS10218.
27. Свистов ДВ, Беншабан АУ, Кандыба ДВ [и др.]. Морфологические изменения при эмболизации сосудистой сети гиперваскуляризованного новообразования на модели почки животного: экспериментальное исследование. *Вестн. Рос. воен.-мед.акад.* 2006; 2:87–93.
28. Ramsey Ashour, Ali Aziz-Sultan. Preoperative Tumor Embolization. *Neurosurg Clin N Am.* 2014; 25(3):607-17. DOI: 10.1016/j.nec.2014.04.015.
29. Negussie AH, Dreher MR, Carmen GJ [et al.]. Synthesis and characterization of image-able polyvinyl alcohol microspheres for image-guided chemoembolization. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine.* 2015; 26:198. DOI: 10.1007/s10856-015-5530-3.
30. Дударев ВС, Акинфеев ВВ, Жолнерович ЕМ. Эмболотерапия в интервенционной радиологии. *Новости лучевой диагностики.* 1998; 2:28-29.
31. Щеглов ДВ, Загородний ВН, Мамедов ДГ, Улутабанча ХЭ. Технические аспекты эндоваскулярной эмболизации обильно васкуляризованных опухолей интра- и экстракраниальной локализации и шеи. *Український неврологічний журнал.* 2013; 2:83-87.
32. Scheglov DV, Zagorodniy VN, Mammadov JG, Ulutabanca HE. Technical aspects of endovascular embolization of hypervascular tumors of intra-, extracranial and neck localization. *Ukrainian neurosurgical journal.* 2012; 2:83-87. (Russian).
33. Bendszus M, Klein R, Burger R [et al.]. Efficacy of trisacryl gelatin microspheres versus polyvinyl alcohol particles in the preoperative embolization of meningiomas. *Am. J. Neuroradiol.* 2000; 21:255-261. PMID: 10696005.
34. Beaujeux R, Laurent A, Wassef M [et al.]. Trisacryl gelatin microspheres for therapeutic embolizations II: preliminary clinical evaluation in tumors and arteriovenous malformations. *Am. J. Neuroradiol.* 1996; 17:541-549. PMID: 8881251.
35. Horak D [et al.]. Poly(HEMA)based embolic material in endovascular surgery of liver. *Polymer in medicine.* 2002; 32(3-4):48–62. PMID: 12677651.
36. Koverzanova E, Usachev S, Gumargaliev K, Kokov L. Possibility of using embolizing preparation derived from poly(2hydroxyethyl methacrylate) (polyHEMA) for chemoembolization. *Chemistry & Chemical Technology.* 2009; 3(1):73–76. (Russian).
37. Iwamoto S, Takao S, Nose H, Otomi Y, Takahashi M, Nishisho T [et al.]. Usefulness of transcatheter arterial embolization prior to excision of hypervascular musculoskeletal tumors. *J Med Invest.* 2012; 59(3-4):284-8. DOI: 10.2152/jmi.59.284.
38. Basile A, Rand T, Lomoschitz F [et al.]. Trisacryl gelatin microspheres versus polyvinyl alcohol particles in the preoperative embolization of bone neoplasms. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2004; 27(5):495–502. DOI: 10.1007/s00270-003-0147-1.
39. Yamamoto A, Shigeki I, Makito K [et al.]. Evaluation of tris-acrylgelatin microsphere embolization with monochromatic x rays: comparison with polyvinyl alcohol particles. *J Vasc Interv Radiol.* 2006; 17:1797-802. DOI: 10.1097/01.RVI.0000243614.87529.b0.
40. Пятикоп ВА, Котляревский ЮА, Кутовой ИА [и др.]. Предоперационная эмболизация сосудов, кровоснабжающих первичные опухоли головного мозга. *Український нейрохірургічний журнал.* 2012; 3:14-19.
41. Pyatikop VA, Kotlyarevsky YA, Kutovoy IA [et al.]. Preoperative embolization of blood vessels supplying primary brain tumors. *Ukrainian neurosurgical journal.* 2012; 3:14-19. (Russian).
42. Ratasvuori M, Sillanpää N, Wedin R, Trovik C, Hansen BH, Laitinen M. Surgery of non-spinal skeletal metastases in renal cell carcinoma: no effect of preoperative embolization? *Acta Orthop.* 2016; 87:183-188. DOI: 10.3109/17453674.2015.1127726.
43. Sun S, Lang EV. Bone metastases from renal cell carcinoma: preoperative embolization. *J.Vasc Interv. Radiol.* 1998; 9:263-269. DOI: 10.1016/S1051-0443(98)70267-2.
44. Kim W, Han I, Jae HJ [et al.]. Preoperative embolization for bone metastasis from hepatocellular carcinoma. *Orthopedics.* 2015; 38:99–105. DOI: 10.3928/01477447-20150204-56.
45. Nima Omid-Fard, Charles G, Fisher, Manraj Ks Heran. The Evolution of Pre-Operative Spine Tumour Embolization. *Br. J. Radiol.* 2019; 92(1100):20180899. doi: 10.1259/bjr.20180899.
46. Stijn EW, Geraets P, Koen Bos Johan van der Stok. Preoperative embolization in surgical treatment of long bone metastasis: a systematic literature review. *EFORT Open Rev.* 2020; 29(1):17-25. doi: 10.1302/2058-5241.5.190013.
47. Bissler JJ, Racadio J, Donnelly LF, Johnson ND. Reduction of postembolization syndrome after ablation of renal angiomyolipoma. *Am.J.Kidney Dis.* 2002; 5:966-971. DOI: 10.1053/ajkd.2002.32770.
48. Ganguli S, Faintuch S, Salazar G, Rabkin D. Postembolization syndrome: changes in white blood cell counts immediately after uterine artery embolization. *JVIR.* 2008; 19(3):443-445. DOI: 10.1016/j.jvir.2007.11.021.
49. Хохриков ГИ, Миронов СП, Балберкин АВ, Самочатов ДН, Колондаев АФ. Применение артериальной эмболизации при опухолях и опухолеподобных заболеваниях опорно-двигательного аппарата. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2007; 1:74-77.
50. Khokhrikov GI, Mironov SP, Balberkin AV, Samochatov DN, Kolondaev AF. The use of arterial embolization in tumors and tumor-like diseases of the musculoskeletal system. *Kremlin medicine. Clinical Herald.* 2007; 1:74-77. (Russian).
51. Hemingway AP, Allison DJ. Complications of embolization: Analysis of 410 procedures. *Radiology.* 1988; 166(3):669-72. DOI: 10.1148/radiology.166.3.3340761.
52. Hare WS, Holland CJ. Paresis following internal iliac artery embolization. *Radiology.* 1983; 146(1):47-51. DOI: 10.1148/radiology.146.1.6849068.
53. Geraets SEW, Bos PK, van der Stok J. Preoperative embolization in surgical treatment of long bone metastasis: a systematic literature review. *EFORT Open Reviews,* 2020; 5(1):17–25. DOI: 10.1302/2058-5241.5.190013.
54. Manke CC, Bretschneider TT, Lenhart MM [et al.]. Spinal metastases from renal cell carcinoma: effect of pre-operative particle embolization on intraoperative blood loss. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001; 22:997–1003. PMID: 11337348.
55. Griessenauer CJ, Salem M, Hendrix P, Foreman PM, Ogilvy CS, Thomas AJ. Preoperative embolization of spinal tumors. A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2016; 87:362-371. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.11.064.
56. Pankaj Gupta, Shivanand Gamanagatti. Preoperative Transarterial Embolisation in Bone Tumors. *World J Radiol.* 2012; 28(5):186-92. DOI: 10.4329/wjr.v4i5.186.
57. Börüban S, Sancak T, Yildiz Y, Saglik Y. Embolization of benign and malignant bone and soft tissue tumors of the extremities. *Diagn Interv Radiol.* 2007; 13(3):164-71. PMID: 17846993.

Preoperative Transarterial Embolization of Malignant Tumors of the Extremities (Current State of the Problem) (Review)

Solomitsyn Ye.O., Protsenko V.V.

SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", Kyiv

Summary. The article considers current issues of modern medicine, in particular the use of the method of transarterial embolization of blood vessels in the treatment of malignant tumors of the extremities. The purpose, indications, technical features and materials used for its implementation, as well as contraindications and complications are highlighted. Its efficiency in preparation of the patient for a surgery of musculoskeletal malignant tumor is considered. Analysis of the modern domestic and foreign literature shows that now indications for use of this method expand, and technical possibilities of the equipment and physical and chemical properties of materials improve. The issues of further study and development of the problem are outlined.

Key words: review; transarterial embolization (TAE); malignant tumors of the extremities; soft tissue sarcomas; metastatic lesions; surgical vascular occlusion.

Предоперационная трансартериальная эмболизация злокачественных опухолей конечностей (современное состояние проблемы) (Обзор)

Солоницын Е.А., Проценко В.В.

ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

Резюме. В статье рассмотрена актуальная проблема современной медицины, в частности применение метода трансартериальной эмболизации сосудов при лечении злокачественных опухолей конечностей. Освещены цели, показания, технические особенности и материалы, которые применяются для ее проведения, а также противопоказания и осложнения. Рассмотрена эффективность метода при подготовке пациента к оперативному вмешательству по поводу злокачественной опухоли мышечно-скелетной системы. При анализе современной отечественной и иностранной литературы выяснено, что в настоящее время расширяются показания для использования данного метода, совершенствуются технические возможности оборудования и физико-химические свойства материалов. Очерчены вопросы дальнейшего изучения и решения данной проблемы.

Ключевые слова: обзор; трансартериальная эмболизация (ТАЭ); злокачественные опухоли конечностей; саркомы мягких тканей; метастатические поражения; хирургическая сосудистая окклюзия.

Відомості про авторів:

Солоницын Евгений Олегович – кандидат медицинских наук, лікар ортопед-травматолог відділу хірургії хребта зі спінальним (нейрохірургічним) центром ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(050)9342881. E-mail: eugenio.solomitsyn@gmail.com. ORCID: 0000 0001 7057 1405.

Проценко Володимир Вікторович – доктор медицинских наук, професор, провідний науковий співробітник відділу патології стопи та складного протезування ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(050)3803781. E-mail: ip15@ukr.net. ORCID: 0000 0001 8896 8371.

Information about authors:

Solomitsyn Yevgen Oleksiiouych – Ph.D. in Medicine, orthopedic traumatologist at the Department of Spine Surgery with Spinal (Neurosurgical) Center, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: eugenio.solomitsyn@gmail.com. Tel. +38(050)9342881. ORCID: 0000 0001 7057 1405.

Protsenko Volodymyr Viktorouych – D.Med.Sc., professor, leading researcher at the Department of Foot Pathology and Complex Prosthetics, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine", 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: ip15@ukr.net. Tel. +38(050)3803781. ORCID: 0000 0001 8896 8371.

Сведения об авторах:

Солоницын Евгений Алексеевич – кандидат медицинских наук, доктор ортопед-травматолог отдела хирургии спины со спинальным (нейрохирургическим) центром ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", ул. Бульварно-Кудряв-

ская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(050)9342881. E-mail: eugenio.solonitsyn@gmail.com. ORCID: 0000 0001 7057 1405.

Проценко Владимир Викторович – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела патологии стопы и сложного протезирования ДУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(050)3803781. E-mail: ip15@ukr.net. ORCID: 0000 0001 8896 8371.

Для кореспонденції: Проценко Володимир Вікторович, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(050)3803781. E-mail: **ip15@ukr.net**.

For correspondence: Protsenko Volodymyr V., 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(050)3803781. E-mail: **ip15@ukr.net**.

Для кореспонденции: Проценко Владимир Викторович, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(050)3803781. E-mail: **ip15@ukr.net**.

УДК: 617.576-089(091)(477)

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-75-82

Development of Hand Surgery in Ukraine

Strafun S.S.¹, Borzykh O.V.², Kurimyi I.M.¹, Ivchenko D.V.³, Bilyi S.I.⁴,
Tymoshenko S.V.¹, Lieskov V.H.¹, Yarova M.L.¹, Lysak A.S.¹

¹SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

²National Military Medical Clinical Center “Main Military Clinical Hospital”
of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³MNE “Emergency and Ambulance City Hospital”
of Zaporizhzhia City Council, Zaporizhzhia, Ukraine

⁴MNE “City Clinical Hospital No 16” of the Dnipro City Council, Dnipro, Ukraine

Summary. During the period of rapid industrialization, there was a need to create a new approaches to treat hand injuries due to rapid development of metallurgical, mining and engineer industry, which were accompanied by a high level of injuries with a significant amount of disability in the second half of 20th century, in Donetsk, Dnipropetrovsk and Kharkiv regions. New stage in the development of hand surgery and microsurgery in Ukraine began in the 80's: the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity under the direction of I. Antoniuk was opened on the basis of the SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine” in Kyiv in 1982. Development of hand surgery in the western regions of Ukraine began in the 90's. In Lviv, on the initiative of O. Toropovskiyi, on the basis of the City Hospital No 8, a Center of Microsurgery and Surgery of the Hand was created. In Zakarpattia (Uzhhorod) since 1997, on the initiative of V. Haiovich and A. Pogoriliak, microsurgery and hand surgery service was established, which is now under the care of the Combustiology Department. In Volyn (Lutsk), hand surgery service is transmitted to the initiative group, also working at the City Combustiology Center. In Ivano-Frankivsk, Chernivtsi, Ternopil and Rivne, initiative groups in the field of hand surgery service have been formed in the structure of orthopedics and traumatology departments. 2005 was marked by the opening of another center for surgery of the hand in Lubansk on the initiative of V. Ivchenko and under the guidance of V. Golovchenko, whose surgeons owned microsurgical equipment and provided highly skilled assistance to the population of this region. Ukrainian Hand Surgery Society (UHSS) was created in 2012, and led by Professor S. Strafun, as a result of collaboration of all hand surgery centers. In 2014, UHSS was accepted into the Federation of European Societies for the Surgery of the Hand (FESSH).

Key words: hand surgery; history of hand surgery; hand surgery in Ukraine.

ская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(050)9342881. E-mail: eugenio.solonitsyn@gmail.com. ORCID: 0000 0001 7057 1405.

Проценко Владимир Викторович – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела патологии стопы и сложного протезирования ДУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(050)3803781. E-mail: ip15@ukr.net. ORCID: 0000 0001 8896 8371.

Для кореспонденції: Проценко Володимир Вікторович, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(050)3803781. E-mail: **ip15@ukr.net**.

For correspondence: Protsenko Volodymyr V., 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(050)3803781. E-mail: **ip15@ukr.net**.

Для кореспонденции: Проценко Владимир Викторович, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(050)3803781. E-mail: **ip15@ukr.net**.

УДК: 617.576-089(091)(477)

DOI: 10.37647/0132-2486-2020-105-2-75-82

Development of Hand Surgery in Ukraine

Strafun S.S.¹, Borzykh O.V.², Kurimyi I.M.¹, Ivchenko D.V.³, Bilyi S.I.⁴,
Tymoshenko S.V.¹, Lieskov V.H.¹, Yarova M.L.¹, Lysak A.S.¹

¹SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

²National Military Medical Clinical Center “Main Military Clinical Hospital”
of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³MNE “Emergency and Ambulance City Hospital”
of Zaporizhzhia City Council, Zaporizhzhia, Ukraine

⁴MNE “City Clinical Hospital No 16” of the Dnipro City Council, Dnipro, Ukraine

Summary. During the period of rapid industrialization, there was a need to create a new approaches to treat hand injuries due to rapid development of metallurgical, mining and engineer industry, which were accompanied by a high level of injuries with a significant amount of disability in the second half of 20th century, in Donetsk, Dnipropetrovsk and Kharkiv regions. New stage in the development of hand surgery and microsurgery in Ukraine began in the 80's: the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity under the direction of I. Antoniuk was opened on the basis of the SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine” in Kyiv in 1982. Development of hand surgery in the western regions of Ukraine began in the 90's. In Lviv, on the initiative of O. Toropovskiyi, on the basis of the City Hospital No 8, a Center of Microsurgery and Surgery of the Hand was created. In Zakarpattia (Uzhhorod) since 1997, on the initiative of V. Haiovich and A. Pogoriliak, microsurgery and hand surgery service was established, which is now under the care of the Combustiology Department. In Volyn (Lutsk), hand surgery service is transmitted to the initiative group, also working at the City Combustiology Center. In Ivano-Frankivsk, Chernivtsi, Ternopil and Rivne, initiative groups in the field of hand surgery service have been formed in the structure of orthopedics and traumatology departments. 2005 was marked by the opening of another center for surgery of the hand in Lubansk on the initiative of V. Ivchenko and under the guidance of V. Golovchenko, whose surgeons owned microsurgical equipment and provided highly skilled assistance to the population of this region. Ukrainian Hand Surgery Society (UHSS) was created in 2012, and led by Professor S. Strafun, as a result of collaboration of all hand surgery centers. In 2014, UHSS was accepted into the Federation of European Societies for the Surgery of the Hand (FESSH).

Key words: hand surgery; history of hand surgery; hand surgery in Ukraine.



Yu. Kolontai



I. Antoniuk



O. Borzykh

During the period of rapid industrialization, there was a need to create a new approaches to treat hand injuries due to rapid development of metallurgical, mining and engineer industry, which were accompanied by a high level of injuries with a significant amount of disability in the second half of 20th century, in Donetsk, Dnipropetrovsk and Kharkiv regions.

Department of Maxillofacial Surgery in Donetsk was re-profiled in a 40-bed traumatological department to assist patients with hand diseases and injuries and their consequences under the direction of R. Lyba in 1970. Under the direction of M. Andruson, the Department of Skin and Plastic Surgery on the basis of the SI "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMS of Ukraine" was established in the beginning of 1972 in Kharkiv, and in 1974, on the basis of the Dnipropetrovsk City Hospital No 2, 20 beds were allocated for patients with hand injury on the initiative of Yu. Kolontai.

New stage in the development of hand surgery and microsurgery in Ukraine began in the 80's: the Department

of Microsurgery and Reconstructive Surgery of Upper Extremity under the direction of I. Antoniuk was opened on the basis of the SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine" in Kyiv in 1982.

Interregional departments of surgery of the hand were opened same year, in Dnipropetrovsk under the direction of A. Hulai and Yu. Kolontai on the basis of the City Hospital No 2; in 1985, in Kharkov under the direction of O. Chuchelin on the basis of the City Hospital No 3; and in 1987, in Donetsk under the direction of O. Borzykh on the basis of the Regional Traumatological Hospital.

During the 80-90's, hand surgeons from all regions of Ukraine took care of the following issues: surgery and rehabilitation of finger flexor and extensor tendons; upper extremity peripheral nerves and brachial plexus surgery; treatment and prevention of hand ischemic contracture; creation of the system of reconstructive surgical treatment in case of neglected brachial plexus and peripheral nerves injuries; development of a system of reconstructive surgical treatment in case



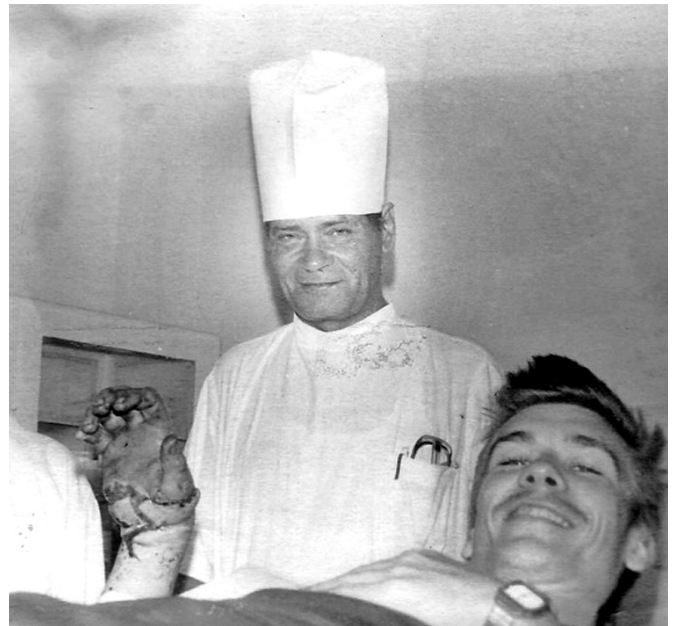
First surgeons of the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity.
Left to right: V. Leskov, O. Movchan, A. Liabakh, S. Strafun, V. Haiovich, I. Kurinnyi



Newspaper Headline: Magicians from Eighth Hospital. About microsurgical limb replantation in Lviv

of polystructural upper extremity trauma, including gunshot wounds; surgical treatment of Dupuytren's contracture; treatment of tendinopathy; reconstructive interventions for upper extremity fractures and their consequences; treatment of congenital pathology of the hand; development of external fixation devices for hand fractures treatment; replantation of the upper extremity segments.

In October 1985, on the initiative of the Dnipropetrovsk Center for Surgery of the Hand, monothematical conference "Treatment of Hand Injuries and Their Consequences" was held for the first time in Ukraine. In



O. Toropovskiy and his patient after a successful hand replantation

1992, first Ukrainian (with international participation) scientific and practical conference on surgery of the hand "Hand Injury: Primary Care and Rehabilitation of Patients" was held, and was attended by 137 delegates from Ukraine, Russia, and Belarus.

The Republican Center for Surgery of the Hand was established on the basis of the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity of the SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine" in 1988. Employees of this center shared their experience with surgeons from other institutions. Thus, on the basis of trauma department of the City Hospital No 3, the Kyiv City Center for Surgery of the Hand was opened, and the cooperation with other hand surgery departments was established with the assistance of the republican center's specialists.

Development of hand surgery in the western regions of Ukraine began in the 90's. In Lviv, on the initiative of O. Toropovskiy, on the basis of the City Hospital No 8, the Center of Microsurgery and Surgery of the Hand was created.



October 1985, first Ukrainian monothematical conference "Treatment of Hand Injuries and their Consequences"



V. Ivchenko



V. Gayovich



S. Strafun

In Zakarpattia (Uzhhorod), since 1997, on the initiative of V. Haiovich and A. Pogoriliak, microsurgery and hand surgery service was established, which is now under the care of the Combustiology Department. In Volyn (Lutsk), hand surgery service is transmitted to the initiative group, also working at the City Combustiology Center. In Ivano-Frankivsk, Chernivtsi, Ternopil and Rivne, initiative groups in the field of hand surgery service have been formed in the structure of orthopedic and trauma departments.

In the 2nd millennium, specialists from the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity (Kyiv) regularly went to the regional and district centers in order to teach and demonstrate surgical interventions, and invite orthopedic and trauma surgeons to

study surgery of the hand. The program of monthly training on tendon surgery and some aspects of surgery of the hand was implemented at that time. Dozens of orthopedic and trauma surgeons got specialization in hand surgery according to that program.

2005 was marked by the opening of another center for surgery of the hand in Luhansk on the initiative of V. Ivchenko and under the guidance of V. Holovchenko, whose surgeons owned microsurgical equipment and provided highly skilled assistance to the population of this region.

“Ukrainian Hand Surgery Society” (UHSS) was created in 2012, and led by prof. S. Strafun, as a result of collaboration of all hand surgery centers; in 2014, UHSS



Left to right: O. Borzykh, I. Kurinnyi, H. Millesi, S. Strafun, R. Schmidhammer, V. Leskov

was accepted into the Federation of European Societies for the Surgery of the Hand (FESSH).

Until 2014, Donetsk and Luhansk had full-profile microsurgery and hand surgery centers, which provided emergency round-the-clock assistance to all people of this and other regions of Ukraine with injuries and diseases of the hand, polystructural extremity trauma, and tissue defects.

Since the beginning of the military conflict at the east of Ukraine, hand surgery department in Luhansk has been destroyed and ransacked, and does not function. The department in Donetsk has lost its high level of qualification, since all leading specialists have moved from occupied territories and work in various centers of Ukraine.

At present, our experts are regular participants in the annual FESSH Congress, and young specialists participate in the FESSH Academy. Due to close scientific and practical communication with European colleagues, leading specialists in microsurgery and reconstructive surgery of the upper extremity are always in the trend of the world's events in the surgery of the hand field.

Several training sessions on tendon surgery and microsurgery have been conducted in Ukraine, with the participation of internationally renowned experts, such as Hanno

Millesi. A regular hands-on practice seminar "Hand surgery course" was started in 2018; since then, a hundred specialists were able to improve their skills in tendon suture, bone osteosynthesis, and use of regenerative technologies in the field of surgery of the hand.

In 2017, I. Kurinnyi was elected as the president of Ukrainian Hand Surgery Society.

Ukrainian hand surgery society uses different methods in order to teach trauma and orthopedic surgeons the surgery of the hand, such as: training courses and seminars, webinars, lectures, presentations in various scientific and scientific-practical forums, publications in professional and popular science magazines, publications of methodological materials and monographs.

We see further perspective in the development and implementation of modern technologies in hand surgery, closer integration with FESSH and directly with the European hand surgery societies. It is important to conduct a variety of training programs with the support of FESSH, both in Ukraine and in other European countries.

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.

Розвиток хірургії кисті в Україні

Страфун С.С.¹, Борзих О.В.², Куринний І.М.¹, Івченко Д.В.³, Білий С.І.⁴, Тимошенко С.В.¹, Лесков В.Г.¹, Ярова М.Л.¹, Лисак А.С.¹

¹ ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

² Національний військово-медичний клінічний центр "ТБКТ" МО України, м. Київ

³ КНП "МЛЕ та ШМД" ЗМР, м. Запоріжжя

⁴ КНП "МКЛ № 16" ДМР, м. Дніпро

Резюме. У другій половині ХХ століття, в період бурхливої індустріалізації, через швидкий розвиток металургійної, гірничої та інженерної промисловості, який супроводжувався високим рівнем травм зі значним рівнем інвалідності, в Донецькій, Дніпропетровській та Харківській областях виникла потреба у створенні нових підходів до лікування ушкоджень верхньої кінцівки. Новий етап розвитку хірургії кисті та мікрохірургії в Україні розпочався у 1980-х роках: у Києві у 1982 р. на базі ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України" під керівництвом І.Г. Антоноука було створено відділення "Мікрохірургії та реконструктивної хірургії верхньої кінцівки". Розвиток хірургії кисті у західних областях України розпочався у 1990-х роках. У Львові за ініціативи О.М. Тороповського на базі 8-ї міської лікарні було створено центр "Мікрохірургії та хірургії кисті". На Закарпатті (Ужгород) із 1997 року за ініціативи В.І. Гайовича та А.Й. Погоріляка створено службу мікрохірургії та хірургії кисті, яка зараз перебуває під опікою комбустіологічного відділення. На Волині (Луцьк) хірургією кисті займається ініціативна група, яка також працює в міському центрі комбустіології. В Івано-Франківську, Чернівцях, Тернополі та Рівному – в структурі ортопедичних та травматологічних відділень сформовані ініціативні групи у сфері обслуговування хірургії верхньої кінцівки. 2005 рік відзначився відкриттям Луганського центру хірургії кисті за ініціативи В.К. Івченка та під керівництвом В.В. Головченко, хірурги якого мали мікрохірургічне обладнання та надавали висококваліфіковану допомогу населенню цього регіону. "Українська асоціація хірургії кисті" була створена у 2012 році в результаті співпраці всіх центрів хірургії кисті України, її першим президентом став

проф. С.С. Страфун, а в 2014 році асоціація стала повноправним членом Федерації Європейських товариств хірургії кисті (FESSH).

Ключові слова: хірургія кисті; історія хірургії кисті; хірургія кисті в Україні.

Развитие хирургии кисти в Украине

Страфун С.С.¹, Борзых А.В.², Куринный И.Н.¹, Ивченко Д.В.³,
Бильий С.И.⁴, Тимошенко С.В.¹, Лесков В.Г.¹, Яровая М.Л.¹, Лысак А.С.¹

¹ ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины", г. Киев

² Национальный военно-медицинский клинический центр "ГВКГ" МО Украины, г. Киев

³ КНП "ГБЭ и СМП" ЗГС, г. Запорожье

⁴ КНП "ГКБ № 16" ДГС, г. Днепр

Резюме. Во второй половине XX века, в период бурной индустриализации, в результате быстрого развития металлургической, горной и инженерной промышленности, которое сопровождалось высоким уровнем травм со значительным уровнем инвалидности, в Донецкой, Днепропетровской и Харьковской областях возникла потребность в создании новых подходов к лечению поврежденных верхней конечности. Новый этап развития хирургии кисти и микрохирургии в Украине начался в 1980-х годах: в Киеве в 1982 году на базе ГУ "Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины" под руководством И.Г. Антонюка было создано отделение "Микрохирургии и реконструктивной хирургии верхней конечности". Развитие хирургии кисти в западных областях Украины началось в 1990-х годах. Во Львове по инициативе А.Н. Тороповского на базе 8-й городской больницы был создан центр "Микрохирургии и хирургии кисти". На Закарпатье (Ужгород) с 1997 года по инициативе В.И. Гайовича и А.И. Погорилыка создана служба микрохирургии и хирургии кисти, которая сейчас находится под опекой комбустиологического отделения. На Волыни (Луцк) хирургией кисти занимается инициативная группа, которая также работает в городском центре комбустиологии. В Ивано-Франковске, Черновцах, Тернополе и Ровно – в структуре ортопедических и травматологических отделений сформированы инициативные группы в сфере обслуживания хирургии верхней конечности. 2005 год был отмечен открытием Луганского центра хирургии кисти по инициативе В.К. Ивченко и под руководством В.В. Головченко, хирурги которого владели микрохирургическим оборудованием и оказывали высококвалифицированную помощь населению этого региона. "Украинская ассоциация хирургии кисти" была создана в 2012 году в результате сотрудничества всех центров хирургии кисти Украины, ее первым президентом стал проф. С.С. Страфун, а в 2014 году ассоциация стала полноправным членом Федерации Европейских обществ хирургии кисти (FESSH).

Ключевые слова: хирургия кисти; история хирургии кисти; хирургия кисти в Украине.

Відомості про авторів:

Страфун Сергій Семенович – член-кореспондент НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач відділом "Мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки" ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: strafun-s@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8178-9290>.

Борзых Олександр Володимирович – доктор медичних наук, професор Національного військово-медичного клінічного центру "ГВКГ" МО України, вул. Госпітальна, 16, Київ, 02000, Україна. E-mail: natashabor@ukr.net.

Куринний Ігор Миколайович – доктор медичних наук, провідний науковий співробітник відділу "Мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки" ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: ignikur@gmail.com.

Івченко Дмитро Валерійович – доктор медичних наук, директор КНП "МЛЕ та ШМД" ЗМР КНП "МЛЕ та ШМД" ЗМР, вул. Перемоги, 80, Запоріжжя, 69000, Україна.

Білий Сергій Іванович – кандидат медичних наук, завідувач Міжобласним центром хірургії кисті КНП “МКЛ №16” ДМР, КНП “МКЛ №16” ДМР, просп. Богдана Хмельницького, 19, Дніпро, 49069, Україна.

Тимошенко Сергій Вікторович – кандидат медичних наук, науковий співробітник відділу “Мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки” ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: setym@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-4153>.

Лесков Володимир Григорович – кандидат медичних наук, лікар ортопед-травматолог відділу “Мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки” ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна.

Ярова Марина Леонідівна – кандидат медичних наук, науковий співробітник науково-організаційного методичного відділу ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: iarova.marina@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0029-3611>.

Лисак Андрій Сергійович – лікар ортопед-травматолог науково-організаційного методичного відділу ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. E-mail: dr.andrew.lysak@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9042-8884>.

Information about authors:

Strafun Serhii Semenovych – corresponding member of NAMS of Ukraine, D.Med.Sc., professor, head of the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: strafun-s@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8178-9290>.

Borzykh Oleksandr Volodymyrovych – D.Med.Sc., professor at the National Military Medical Clinical Center “Main Military Clinical Hospital” of the Ministry of Defense of Ukraine, 16 Hospitalna St., Kyiv, 02000, Ukraine. E-mail: natashabor@ukr.net.

Kurimnyi Ihor Mykolaiovych – D.Med.Sc., leading researcher at the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: ignikur@gmail.com.

Ivchenko Dmytro Valeriiovych – D.Med.Sc., professor, director of the MNE “Emergency and Ambulance City Hospital” of Zaporizhzhbia City Council, 80 Peremohy St., Zaporizhzhbia, 69000, Ukraine.

Bilyi Serhii Ivanovych – Ph.D. in Medicine, head of the Interregional Center of Surgery of the Hand, MNE “City Clinical Hospital No 16” of the Dnipro City Council, 19 Bohdan Khmelnytskyi Ave., Dnipro, 49069, Ukraine.

Tymoshenko Serhii Viktorovych – Ph.D. in Medicine, researcher at the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: setym@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-4153>.

Lieskov Volodymyr Hryhorovych – Ph.D. in Medicine, orthopedic traumatologist at the Department of Microsurgery and Reconstructive Surgery of the Upper Extremity, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine.

Yarova Maryna Leonidivna – Ph.D. in Medicine, researcher at the Scientific and Organizational Methodological Department, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: iarova.marina@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0029-3611>.

Lysak Andrii Serhiiiovych – orthopedic traumatologist at the Scientific and Organizational Methodological Department, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: dr.andrew.lysak@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9042-8884>.

Сведения об авторах:

Страфун Сергей Семенович – член-корреспондент НАМН Украины, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением “Микрохирургии и реконструктивно-восстановительной хирургии верхней конечности” ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: strafun-s@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8178-9290>.

Борзых Александр Владимирович – доктор медицинских наук, профессор Национального военно-медицинского клинического центра “ВКГ” МО Украины, ул. Госпитальная, 16, Киев, 02000, Украина. E-mail: natashabor@ukr.net.

Куринной Игорь Николаевич – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения “Микрохирургии и реконструктивно-восстановительной хирургии верхней конечности” ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: natashabor@ukr.net.

Ивченко Дмитрий Валерьевич – доктор медицинских наук, профессор, директор КНП “ГБЭ и СМП” ЗГС, ул. Победы, 80, Запорожье, 69000, Украина.

Билый Сергей Иванович – кандидат медицинских наук, заведующий Межобластным центром хирургии кисти КНП “ГКБ № 16” ДГС, просп. Богдана Хмельницкого, 19, Днепр, 49069, Украина.

Тимошенко Сергей Викторович – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения “Микрохирургии и реконструктивно-восстановительной хирургии верхней конечности” ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: setym@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-4153>.

Лесков Владимир Григорьевич – кандидат медицинских наук, врач ортопед-травматолог отделения “Микрохирургии и реконструктивно-восстановительной хирургии верхней конечности” ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина.

Яровая Марина Леонидовна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник научно-организационного методического отделения ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: iarova.marina@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0029-3611>.

Лысак Андрей Сергеевич – врач ортопед-травматолог научно-организационного методического отделения ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. E-mail: dr.andrew.lysak@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9042-8884>.

Для кореспонденції: Лисак Андрій Сергійович, лікар ортопед-травматолог ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Київ, 01601, Україна. Тел. +38(095)4296942. E-mail: dr.andrew.lysak@gmail.com.

For correspondence: Lysak Andrii S., orthopedic traumatologist at the Scientific and Organizational Methodological Department, SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, 27 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv, 01601, Ukraine. Tel. +38(095)4296942. E-mail: dr.andrew.lysak@gmail.com.

Для кореспонденции: Лысак Андрей Сергеевич, врач ортопед-травматолог ГУ “Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины”, ул. Бульварно-Кудрявская, 27, Киев, 01601, Украина. Тел. +38(095)4296942. E-mail: dr.andrew.lysak@gmail.com.

COVID-19. Вказівки та рекомендації Європейської асоціації спортивної травми, артроскопії та хірургії колінного суглоба (ESSKA) щодо відновлення ортопедичної хірургії

Task Force: Mouton C., Hirschmann M., Ollivier M., Seil R., Menetrey J.

Review Committee: Beaufils P., Calder J., Dejour D., Jones H., Hantes M., Kort N., Milano G., Monllau J.C., Pereira H., Pujol N., Randelli P., Zaffagnini S.

ЗМІСТ

Розділ 1. Планування перед операцією.

Розділ 2. Хірургічні показання.

Розділ 3. Рекомендоване особисте захисне обладнання для персоналу ортопедо-травматологічного відділення.

Розділ 4. Післяопераційне спостереження.

Розділ 1. Планування перед операцією

Питання: коли я буду відновлювати свою хірургічну діяльність, що я маю робити?

– Уникайте госпіталізації хворих із безсимптомним перебігом інфекції для запобігання вторинного спалаху COVID.

– Підтримуйте у закладі постійний COVID-негативний план ведення пацієнта.

– Бережіть своїх пацієнтів, колег, персонал, ваш заклад.

– Приймайте рішення на основі місцевих особливостей, дотримуйтесь законодавчих обмежень та вказівок ваших органів охорони здоров'я.

Запам'ятайте! Периопераційна COVID-інфекція може мати більш високий рівень ускладнень та смертності серед пацієнтів із супутніми захворюваннями.

Питання: в якому закладі мені слід відновити свою діяльність?

В ідеалі заклад має перебувати у відокремленій установі, де немає COVID, або в окремій будівлі установи, де немає COVID, і має використовуватись лише для **вибіркової** хірургії або **термінової**, меншою мірою **вибіркової** хірургії.

Питання: які основні вимоги до моїх співробітників та персоналу?

В ідеалі всі співробітники мають пройти тестування (тест ПЛР на COVID, імунний / серологічний тест, якщо можливо), перш ніж відновити практику. Відповідно до розвитку пандемії, їх слід регулярно контролювати (наприклад, щотижня).

Питання: як слід визначити та обрати перших пацієнтів для операції?

Цей вибір ґрунтується на чотирьох параметрах: вік, вплив COVID, фактори ризику (ASA), соціально-професійна ситуація.

За даними впливу COVID-19 (H.V. Fineberg, New England Journal of Medicine), було описано шість типів пацієнтів [1]:

1) тим, про кого не відомо, чи вони інфіковані, потрібно пройти тест на COVID-ПЛР за 48-72 год до операції (+ інші засоби відповідно до ваших офіційно встановлених норм та правил);

2) тим, хто інфікований, але безсимптомно, необхідно провести тест ПЛР на COVID, імунний / серологічний тест, якщо це дозволено і доступно, і КТ легень перед операцією;

3) тим, хто одужав від інфекції і, можливо, має адекватний імунітет, необхідно провести імунний / серологічний тест, якщо це дозволено та доступно перед операцією;

4) тим, хто вважається зараженим (особи, які мають ознаки та симптоми, що відповідають хвороби, які спочатку було діагностовано як негативні), необхідно провести повторний тест на COVID-ПЛР, імунний / серологічний тест, якщо це дозволено і доступно, і КТ легень перед тим, як розглядати питання проведення будь-якої операції;

5) тим, хто інфікований (тест COVID, КТ легень), необхідно відмовити в проведенні будь-якої вибіркової хірургічної операції на шість тижнів, і, якщо це дозволено та доступно, до операції потрібно повторити імуносерологічний тест;

6) тим, хто інфікований супутнім захворюванням (тест COVID, КТ легень), необхідно відкласти будь-яку вибірково хірургічну операцію до повного одужання (принаймні на два місяці), а потім провести імунний / серологічний тест, якщо це дозволено та доступно.

Таблиця 1

Виділення груп теоретичного ризику зараження залежно від віку та категорії пацієнтів за H.V. Fineberg [1]

Категорія/ Вік	<40	40-60	60-70	>70
1				+
2			+	++
3		+	++	+++
4	+	++	+++	++++
5	+	++	+++	++++
6	++	+++	++++	+++++

– Для вибіркової операції пацієнти 1, 2, 3 категорій повинні мати пріоритет незалежно від діагнозу. Відповідно до діагнозу, пацієнти 4, 5, 6 категорій мають повністю відновитися і виявити адекватну імунну відповідь.

– ASA I та II повинні мати пріоритет незалежно від діагнозу.

– Фактори ризику (наприклад, вік >60 років, ожиріння, високий артеріальний тиск, серцево-судинні за-

хворювання та діабет) є умовами скасування втручання на цій ранній фазі (завжди має бути обговорення з анестезіологами).

– Соціально-професійну ситуацію слід розглядати з пріоритетом для активних працівників.

Питання: який тип доопераційного скринінгу рекомендується застосовувати в цей період пандемії?

- Доопераційна анкета.
- Детальна дискусія з пацієнтом про його/її ситуацію (наприклад, завдяки теле- або відеоконференції).
- Тест на ПЛР COVID-19 та/або імунний / серологічний тест за 48-72 год до початку операції.
- Розгляньте інші діагностичні тести (наприклад, КТ легень; бактеріологічне дослідження калу).
- С-реактивний білок.
- Розгорнутий аналіз крові (виключити лімфоцитопенію).
- Моніторинг температури тіла до дня операції.
- Повторний моніторинг симптомів COVID при госпіталізації (лікарняна контрольна карта).

Розділ 2. Хірургічні показання

Питання: які види операцій охоплюють рекомендації ESSKA?

Категорії А і В визначення AAOS (Американської академії ортопедичної хірургії) – чотири типи ортопедичних процедур у період пандемії:

- a) лише екстрені випадки (стани з можливістю загрози життю хворого чи втрати кінцівки);
- b) термінові види операцій (інфекції ендопротезованих суглобів, більшість випадків травми);
- c) термінові / частково вибіркові (гострі стани внутрішньо- та навколосуглобових пошкоджень зв'язок та сухожил'я (наприклад, пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки, пошкодження меніска типу "ручки валізи"), вибіркові випадки травми);
- d) вибіркові (тотальне ендопротезування суглобів, хронічні внутрішньо- та періартикулярні пошкодження зв'язок та сухожил'я, хронічні синдроми здавлення периферійного нерва).

Сюди входять усі типи операцій у випадках переважно хронічних станів або у випадках гострих травм, якщо операція може бути відкладена, не завдаючи серйозної шкоди пацієнтам. Точніше, розглядаються такі процедури: відновлення цілісності сухожил'я або зв'язок внутрішньо- або періартикулярних хронічного та гострого характеру; корегувальні остеотомії, тотальне ендопротезування суглобів; високоспеціалізовані опе-

рації на плечових, ліктьових, кульшових, колінних та гомілковостопних суглобах; відновні операції на кистях і стопах.

Питання: чи існують деякі види операцій, які є безпечнішими за інші за сучасного стану знань?

Наразі концентрація вірусу ГРВІ Cov-2 у суглобових, навколосуглобових та кісткових тканинах та рідинах інфікованих пацієнтів не відома. Однак доцільно припустити, що вона нижча в тканинах опорно-рухового апарату, ніж у тканинах органів дихання або травлення. Враховуючи ці невизначеності, рекомендується зменшити такі види операцій, при яких генерується велика кількість аерозолів, як електрокоагуляція, робота з осциляторними пилками, а також процедури ультразвукової кавітації. За відсутності чітко встановлених наукових критеріїв, малоінвазивні та артроскопічні втручання можуть мати найменший ризик зараження (S. Lei et al. [2]).

Питання: які види операції слід розглянути спочатку?

На даний час вважається, що пацієнти категорій 1-3 (див. табл. 1), що поєднують критерії молодого віку, відсутність супутніх захворювань та малоінвазивну або артроскопічну операцію, представляють найменший ризик як для пацієнтів, так і для хірургів. Їх слід вважати пріоритетними, якщо вибіркові операції будуть відновлені. Операції з більш високим ступенем інвазивності / втрати крові можуть бути виконані пізніше. Спочатку слід віддавати перевагу хірургічним процедурам, які супроводжуються перебуванням у лікарні не більше 2-3 днів.

Питання: яким типам знеболення слід надати перевагу?

Профілактика коронавірусного зараження шляхом аерозолізації у потенційно зараженого пацієнта має бути пріоритетною (N. Rajan, G.P. Joshi [3]). Тому місцева / регіональна анестезія повинна мати перевагу над проведенням анестезії з інтубацією дихальних шляхів, коли це можливо для вибіркових ортопедичних процедур верхньої та нижньої кінцівки. Повідомляється, що спінальна анестезія є безпечною навіть у пацієнтів, позитивних на COVID (Zhong et al. [4]). За можливості пацієнти повинні мати хірургічні маски під час процедури. У разі проведення анестезіологічних процедур **при інтубації дихальних шляхів** хірурги мають знати, що можлива аерозолізація через газу, що видихаються. Після процедури слід мінімізувати кашель, а також післяопераційну нудоту та блювоту.

Таблиця 2

Вказівки AAOS щодо вибіркової хірургії (модифіковані)

Категорія	А	В	С	Д
Ступінь невідкладності	Невідкладна	Термінова	Термінова / частково вибіркова	Вибіркова
Вид операції	Загроза життю чи кінцівкам	інфекції ендопротезованих суглобів, більшість випадків травми	гострі стани внутрішньо- та навколосуглобових пошкоджень зв'язок та сухожил'я (наприклад, пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки, пошкодження меніска типу "ручки валізи"), вибіркові випадки травми	тотальне ендопротезування суглобів, хронічні внутрішньо- та періартикулярні ушкодження зв'язок та сухожил'я, хронічні синдроми здавлення периферійного нерва

Розділ 3. Рекомендоване особисте захисне обладнання для персоналу ортопедо-травматологічного відділення

Питання: за яких типових процедур відбувається генерація аерозолів?

Процедури генерації аерозолів (ПГА) бувають дихальні і хірургічні. Дихальні ПГА, такі як інтубація, мають високий ризик передачі респіраторних вірусних інфекцій, таких як COVID-19. Хірургічні ПГА, такі як використання високошвидкісних електроінструментів, пов'язані з високим ризиком передачі вірусних частинок у рідинах тіла та шматочках тканини тіла. Відомо, що COVID-19 присутній у всіх рідинах організму.

Питання: які процедури травматолога-ортопеда призводять до генерації аерозолів?

Хірургічна маніпуляція	Рівень хірургічної генерації аерозолів
високошвидкісні прилади, такі як осциляторна пила чи бур	високий
дріль	високий
ультразвукова кавітація, системи пульс-лаваж	високий
електрокоагуляція	високий

Питання: чому халати слід використовувати в операційній?

Стерильні хірургічні халати є частиною стандартного захисту в операційній. Під час кожної операції члени операційної команди, що складається з хірурга, асистентів та медичної сестри, носять стерильні хірургічні халати, щоб зменшити інтраопераційне зараження рани та мінімізувати ризик зараження пацієнта. Це також особистий захист від крові та рідин тіла, які часто розпорошуються в радіусі 3-8 метрів навколо операційного столу.

Питання: який тип халатів доступний?

Рівні безпеки халатів для медичного використання можна класифікувати як 1-4.

Халати рівня 1 мають використовуватися в умовах мінімального ризику, таких як робота у відділенні або для відвідувачів.

Халати рівня 2 мають використовуватися в процедурах із низьким рівнем ризику, таких як відбір венозної крові.

Халати рівня 3 зазвичай використовуються для процедур середнього ризику, таких як артеріальна кровотеча або EP.

Халати рівня 4 зберігають для процедур високого ризику, таких як хірургічне втручання або за наявності підозри на інфекційні захворювання.

Шоломи або тоги також можуть бути варіантом захисту від розпилен, але вони захищають від повітряно-крапельної передачі COVID-19 лише у поєднанні з респіраторними масками.

Питання: які відомі типи масок для обличчя?

Є три різних типи одноразових масок. Одноразові маски для обличчя, хірургічні маски та респіраторні маски.

Питання: чим відрізняються маски для обличчя?

Маски для обличчя одноразового використання, як правило, тонкі і складаються лише з одного шару,

здатні фільтрувати більш великі частинки (3 мкм). Хірургічні маски, як правило, ефективніші, ніж одноразові маски для обличчя при фільтруванні частинок вірусу. Медична або хірургічна маска може бути достатньою для запобігання передачі крапель, тоді як для респіраторної інфекції потрібна респіраторна маска.

Питання: чи захищають хірургічні маски від передачі COVID-19, що переноситься повітрям?

Ні, загальний консенсус серед хірургів полягає в тому, що звичайні хірургічні маски не пропонують захисту від АГП високого ризику.

Питання: чи забезпечують кілька хірургічних масок захист від повітряно-крапельної передачі COVID-19?

Ні.

Питання: які маски захищають від передачі COVID-19, що переноситься повітрям?

Необхідно використовувати респіраторні маски для очищення повітря. Респіраторні маски, як правило, фільтрують частинки меншого розміру (0,3 мкм), ніж хірургічні маски.

Питання: які є стандарти для масок?

Європейський стандарт (EN 149: 2001) класифікує респіраторні маски на три різні категорії: фільтраційні респіраторні маски 1 (FFP1), фільтраційні респіраторні маски 2 (FFP2) та фільтраційні респіраторні маски 3 (FFP3). FFP2 можна порівняти зі стандартом США N95 [19].

Питання: які маски рекомендуються і для чого?

Для респіраторних АГП потрібні маски FFP3 або респіратори, що очищають повітря, тоді як для хірургічного АГП потрібні лише маски FFP2.

Питання: які ще є важливі фактори для оптимального захисту за допомогою масок?

Пристосування для фіксації та розмір маски має надзвичайно важливе значення. Тільки маска ідеального розміру і добре підігнана забезпечує ефективну герметизацію дихальних шляхів.

Питання: для чого потрібен захист очей за допомогою окулярів або щитка для обличчя?

Захист очей є критичним для лікарів ортопедів-травматологів, оскільки багато таких процедур, як використання електроінструментів, часто призводять до забруднення кожного працівника операційної в приміщенні та забруднення поверхні в операційній в радіусі до 6 метрів навколо операційного столу.

Питання: якими мають бути засоби індивідуального захисту в операційній?

Нижче наведені збалансовані рекомендації щодо засобів індивідуального захисту в операційній зоні для пацієнтів позитивних на COVID-19 або пацієнтів із підозрою на COVID-19:

Розділ 4. Післяопераційне спостереження

Питання: які особливості пов'язані з післяопераційним періодом?

Для забезпечення належного післяопераційного ведення хворих після ваших вибіркових операцій країна, регіон, місто мають бути частково або повністю відкриті, зокрема з відновленням роботи фізіотерапевтів та амбулаторних установ.

	Медичний персонал	Маски		Хірургічні халати	Захист очей	Рукавички
		Маски хірургічні	Респіратор FFP1 – FFP3 (N95-100)			
Транспортування хворого в та з операційної	Особи, які беруть участь у перевезенні пацієнтів	так	ні	Рівень 1	ні	так
Транспортування хворого в операційну	Медичний персонал операційної	так	ні	Рівень 1	так	так
Інтубація та початок анестезії в операційній	Медичний персонал операційної	ні	так	>Рівень 3	Так, якщо відстань від хворого менше 2 метрів	так
Хірургічна операція, включаючи процедури генерації аерозолів (ПГА)	Медичний персонал операційної, де проводиться операція	ні	>FFP2/N95/FFP3/N99	>Рівень 3	Так, якщо відстань від хворого менше 2 метрів	Так, дві пари
Хірургічна операція, включаючи процедури генерації аерозолів (ПГА)	Інший медичний персонал операційного блоку	Так	ні	>Рівень 3	так	так
Хірургічна операція, включаючи процедури генерації аерозолів (ПГА)	Медичний персонал операційної, де проводиться операція	ні	>FP2/N95/FFP3/N99 чи респіратор з примусовим очищенням повітря, якщо хірург цього потребує	>Рівень 3	Так, якщо відстань від хворого менше 2 метрів	так
Хірургічна операція, включаючи процедури генерації аерозолів (ПГА)	Інший медичний персонал операційного блоку	так		>Рівень 3	так	так
Екстубація і закінчення анестезії в операційній	Медичний персонал операційної, де проводиться операція	ні	>FFP2/N95/FFP3/N99	>Рівень 3	Так, якщо відстань від хворого менше 2 метрів	так
Прибирання в операційній залі	Персонал, який прибирає	ні	>FFP2/N95/FFP3/N99	>Рівень 3	так	так

Післяопераційні призначення слід планувати відразу після операції для виявлення можливих ускладнень, пов'язаних із COVID.

Якщо можливо, слід проводити післяопераційне спостереження за пацієнтом із застосуванням візуальної конференції та/або телемедичної допомоги для мінімізації повторних післяопераційних візитів і, отже, обмеження переміщення пацієнта.

Потрібно забезпечити повне планування порядку денного лікування та точно обговорити його з пацієнтом перед операцією.

Тільки після забезпечення стандартизованої і достатньої післяопераційної реабілітації може плануватись оперативне лікування пацієнта.

References

1. Fineberg HV. Editorial: Ten weeks to crush the curve. *New Engl J Med* April 2020
2. Lei S et al.: Clinical characteristics and outcomes of patients undergoing surgeries during incubation period of COVID-19 infection. *Lancet Journal Open* April 2020.

3. Rajan N, Joshi GP. The COVID-19: Role of ambulatory surgery facilities in this global pandemic. *Anesth Analg*. 2020 Apr 1. Doi: 10.1213/ANE.0000000000004847. Online ahead of print.

4. Zhong Q, Liu YY, Luo Q, Zou YF, Jiang HX, Li H, Zhang JJ, Li Z, Yang X, Ma M, Tang LJ, Chen YY, Zheng F, Ke JJ, Zhang ZZ. Spinal anaesthesia for patients with coronavirus disease 2019 and possible transmission rates in anaesthetists: retrospective, single-centre, observational cohort study. *Br J Anaesth*. 2020 Mar 28. pii: S0007-0912(20)30161-6. doi: 10.1016/j.bja.2020.03.007. [Epub ahead of print].

5. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/index.html>.

6. American Academy of Orthopaedic Surgeons. <https://www.aaos.org/about/covid-19-information-for-our-members/aaos-guidelines-for-elective-surgery>.

7. The Journal of Bone and Joint Surgery. https://journals.lww.com/jbjsjournal/Citation/9000/Preparing_to_Perform_Trauma_and_Orthopaedic.99768.aspx.

8. The Journal of Bone and Joint Surgery. <https://journals.lww.com/jbjsjournal/Pages/default.aspx?sessionEnd=tre>.

9. Living mapping and living systematic review of Covid-19 studies. <https://covid-nma.com>.

Підготували переклад д.м.н. І.М. Зазірний та проф. О.О. Коструб

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 “ї”, 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 англійському 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 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 рядковий помер.

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 англomовним 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)**.

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 (титульний 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 проходило 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 зван-

ня, 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 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, публікуються 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 трижневий 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.

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.

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 21.08.2020 р. Наклад 1000 прим. Ціна договірна.

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