

ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И СОСТАВА СПЛАВА СПИЦ КИРШНЕРА ПРИ ОСТЕОСИНТЕЗЕ ПАЛЬЦЕВ КИСТИ В УСЛОВИЯХ НАРУШЕННОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ПРИТОКА

А. Ю. Фурманов¹, Т. А. Алексеева², О. Н. Лазаренко³

¹Национальный институт хирургии и трансплантологии
им. А. А. Шалимова НАМН Украины, г. Киев

²Институт металлофизики им. В. Г. Курдюмова НАН Украины, г. Киев

³Национальная медицинская академия последипломного образования
им. П. Л. Шупика МОЗ Украины, г. Киев

CHANGE OF A SURFACE AND ALLOY CONTENT OF K-WIRES IN NAILING OF FINGERS UNDER IMPAIRED ARTERIAL INFLOW

A. Yu. Furmanov, T. A. Alekseeva, O. N. Lazarenko

The use of steel bone fixators often leads to development of postoperative complications sometimes connected with change of biomechanical properties of an implant and reaction against it by the surrounding tissues. One of the common complications of nailing with K-wires is their spontaneous migration. It is noted that the spontaneous migration of K-wires out of finger skeletons in early terms after surgery is typical for patients with posttraumatic impaired arterial perfusion of fingers. The considerable reduction of arterial inflow to the fingers results in the decline of oxygen level in tissues and is accompanied by the change of surface and alloy content of K-wires.

Key words: nailing, K-wire, ischemia, wires migration.

ЗМІНА ПОВЕРХНІ ТА СКЛАДУ СПЛАВУ ШПИЦЬ КІРШНЕРА ПРИ ОСТЕОСИНТЕЗІ ПАЛЬЦІВ КИСТІ В УМОВАХ ПОРУШЕНОГО АРТЕРІАЛЬНОГО ПРИТОКУ

О. Ю. Фурманов, Т. О. Алексеева, О. М. Лазаренко

Використання сталевих кісткових фіксаторів часто призводить до виникнення післяопераційних ускладнень, інколи пов'язаних зі зміною біомеханічних властивостей імплантата та реакцією на нього оточуючих тканин. Одним з поширених ускладнень остеосинтезу шпичками Кіршнера є їх самочинна міграція. Відмічено, що самочинна міграція шпичок Кіршнера із скелета пальців кисті в ранні терміни після синтезу характерна для пацієнтів з посттравматичним зменшенням артеріальної перфузії пальців. Значне послаблення артеріального притоку до пальців кисті призводить до зниження напруги кисню в тканинах і супроводжується зміною поверхні та складу сплаву шпичок Кіршнера.

Ключові слова: металоостеосинтез, шпичка Кіршнера, ішемія, міграція шпичок.

Введение

При создании фиксаторов для остеосинтеза учитываются многие свойства материала, из которых они производятся, что необходимо для разрешения к их применению. В то же время использование металлоконструкций часто приводит к возникновению послеоперационных осложнений, в ряде случаев связанных с изменением биомеханических свойств имплантата и реакцией на него окружающих тканей.

Применение металлических спиц Киршнера в хирургии кисти широко распространено ввиду своей технической простоты, быстроты, надежности при соблюдении показаний и зачастую является методом выбора соединения костных фрагментов. Одним из распространенных осложнений остеосинтеза спицами Киршнера является их самопроизвольная миграция, что часто приводит к образованию вторичной костной

деформации [1, 11]. Отмечено, что самопроизвольная миграция спиц Киршнера из скелета пальцев кисти в ранние сроки после синтеза характерна для пациентов с посттравматическим уменьшением артериальной перфузии пальцев [5]. Значительное ослабление артериального притока к пальцам кисти приводит к снижению напряжения кислорода в тканях [6] и к изменению количества лактата и пирувата в периферической крови [3], что, в свою очередь, может приводить к разрушению металла.

Ишемия всегда сопровождается воспалением, а ключевым моментом в любом воспалении является активация полиморфноядерных нейтрофильных гранулоцитов, которые после своей активизации начинают продуцировать токсические метаболиты [8]. Цитотоксическое действие нейтрофилов, мигрирующих в зону ишемии, связано с их способностью высвобож-

дать свободные радикалы кислорода – супероксидный, гидроксильный и перекись водорода [2, 9]. В данной работе провели исследование поверхности спиц Киршнера и их состава методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) [4] после остеосинтеза у пациентов с различными характеристиками артериального притока в ткани пальцев кисти [5]. В результате проведенных исследований [10] установили, что изменение химических свойств металлического имплантата связано с происходящими на его поверхности окислительными процессами, что сопровождается ее деструкцией и селективным изменением элементного состава сплава [7].

Цель исследования – изучить изменения поверхности и элементного состава сплава спиц Киршнера, примененных для металлоостеосинтеза на пальцах кисти, в зависимости от нарушения артериального притока в тканях пальца.

Материалы и методы

Под наблюдением находилось 24 пациента, которым произвели *остеосинтез на пальцах кисти* в плановом порядке по поводу их посттравматических деформаций. Пациентам, при помощи стандартной ортопедической дрели со скоростью вращения 800 об/мин, были установлены спицы Киршнера с перьевой трехгранной заточкой диаметром 1,2 мм и длиной 150 мм. Длина костно-спицевого канала составляла 40 ± 4 мм.

У всех 24 пациентов при помощи лазерной *дотлевой флуометрии* провели измерение перфузии в тканях пальца с контролем на неповрежденном аналогичном пальце здоровой кисти. У 18 пациентов с понижением перфузии в тканях провели *селективную ангиографию*.

Пациентов разделили на 4 группы по 6 человек в каждой соответственно характеристикам кровотока [4]:

- в *I группу* включили пациентов с нормальными показателями артериального притока;
- во *II группу* – с отсутствием проходимости только по 1 из собственных ладонных пальцевых артерий и снижением перфузии в тканях на 23–29%;
- в *III группу* – с отсутствием проходимости по 1 из собственных ладонных пальцевых артерий и сохранением кровотока по второй суженной ладонной собственной пальцевой артерии и снижением перфузии в тканях на 30–35%;
- в *IV группу* – с отсутствием магистральных собственных ладонных пальцевых артерий и коллатеральным кровотоком, сопровождавшимся снижением перфузии в тканях на 35–48%.

У всех пациентов определили сроки нахождения фиксаторов в костях пальцев кисти до их извлечения.

Провели *анализ поверхности 6 исходных спиц Киршнера* до эксплантации и их *количественный состав* на растровом электронном микроскопе (РЭМ) Jeol (Япония) с различными увеличениями $\times 2000$.

Исследовали *поверхность и качественный состав спиц, удаленных после нахождения в костях пальцев кисти*, тем же методом у 6 пациентов каждой группы.

Статистические исследования провели с использованием программы *Statistica 7.0*.

Результаты и их обсуждение

Анализ остеосинтеза спицами Киршнера костей пальцев кисти выявил, что у пациентов *I и II групп фиксации была устойчивой* до истечения необходимого ее срока и, в среднем, составила $25,5 \pm 0,5$ суток. Спицы удалили в плановом порядке в запланированные сроки. При этом у 5 пациентов *III* и у 4 пациентов *IV групп* наблюдали *начало самопроизвольной миграции спиц* на $18,5 \pm 0,5$ и $11,5 \pm 0,5$ суток соответственно, что привело к необходимости их удаления ранее запланированных сроков (табл. 1).

Данные РЭМ по элементному составу поверхности спиц Киршнера до металлоостеосинтеза представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Сроки устойчивой фиксации
костей пальцев кисти
у пациентов разных групп**

Группы пациентов	Количество больных	Количество спиц	Срок устойчивой фиксации (сутки), $M \pm m$
I	6	10	$24,5 \pm 0,5$
II	6	9	$24,5 \pm 0,5$
III	6	10	$18,5 \pm 0,5$
IV	6	12	$11,5 \pm 0,5$

Таблица 2

**Химический анализ исходного состава
сплава спиц (n=6)**

Элемент	Весовой % (Σ)
Si	$0,54 \pm 0,08$
Cr	$21,06 \pm 0,13$
Mn	$1,38 \pm 0,03$
Fe	$67,39 \pm 0,16$
Ni	$9,63 \pm 0,21$
Итого:	100

Как видно из табл. 2, химический состав спиц соответствовал таковому нержавеющей стали, разрешенной к применению в медицине.

Изучение *поверхности исходных спиц* показало наличие характерных дефектов поверхности, связанных с процессом изготовления (рис. 1)

Проведенная *спектроскопия спиц, удаленных из ишемизированных тканей пациента*, показала изменения их поверхности с образованием отдельных участков глубокого разрушения (рис. 2–5), а также нарушение их химического состава. При этом степень

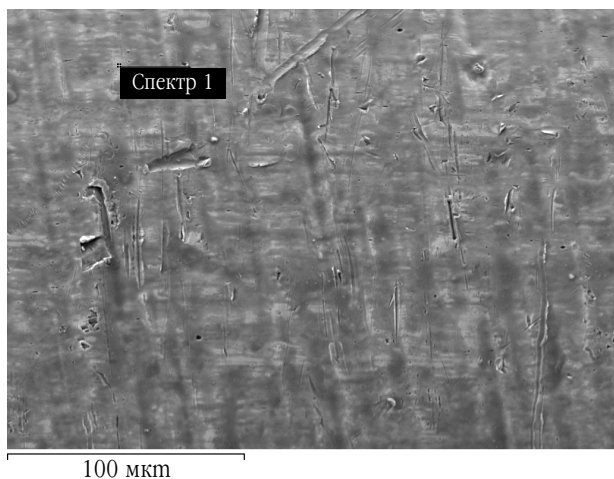


Рис. 1. Електронне зображення поверхні спиці до імплантації в організм пацієнта

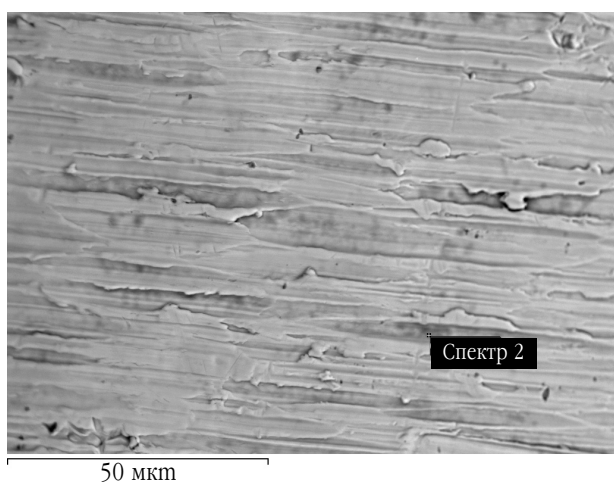


Рис. 2. Електронне зображення поверхні спиці після извлечения из организма пацієнта, характерное для I и II групп

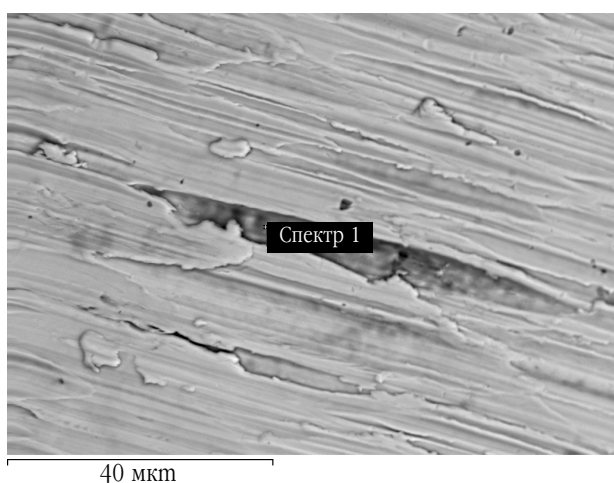


Рис. 3. Електронне зображення поверхні спиці після извлечения из организма пацієнта, характерное для III и IV групп

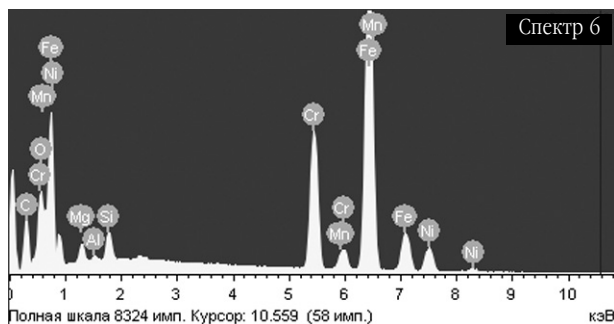


Рис. 4. Химический спектр поверхности спицы после извлечения из организма пацієнта, характерный для I и II групп

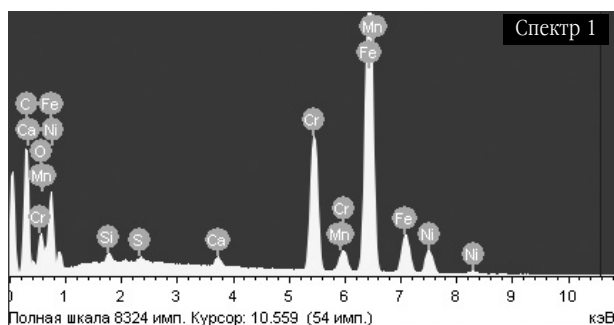


Рис. 5. Химический спектр поверхности спицы после извлечения из организма пацієнта, характерный для III и IV групп

деструкции и изменение химического состава отличались в различных группах пацієнтов.

Провели оценку изменения химического состава поверхности спиц Киршнера у пацієнтов всех групп согласно данным РЭМ (табл. 3).

Проведенное вычисление характера коэффициента корреляции (табл. 4) показало, что при достоверности

Таблица 3

Изменение химического состава поверхности спиц Киршнера у пацієнтов всех групп (n=24), M±m

Элемент	Группы пацієнтов по 6 человек			
	I	II	III	IV
Si	0,54±0,08	0,96±0,06	0,63±0,06	–
Cr	21,06±0,13	20,58±0,41	20,62±0,55	1,35±0,01
Mn	1,38±0,02	1,00±0,01	1,01±0,01	–
Fe	67,39±0,16	63,85±0,24	64,99±0,43	3,22±0,01
Ni	9,63±0,40	8,99±0,48	8,95±0,55	0,57±0,02
Ti	>0,05	>0,05	>0,05	58,27±0,57
Ca	–	–	–	0,31±0,03
V	–	–	–	2,10±0,02
O	–	1,2±0,13	3,39±0,85	33,58±0,01

Таблиця 4
Коефіцієнт кореляції между изменениями химического состава поверхности спиц 4-х групп пациентов

Группы	I	II	III	IV
I	1,00	1,00	1,00	-0,33
II	1,00	1,00	1,00	-0,33
III	1,00	1,00	1,00	-0,32
IV	-0,33	-0,33	-0,32	1,00

$p < 0,05$ для всех полученных значений прослеживается определенная связь изменений химического состава поверхности спиц Киршнера между I, II и III группами пациентов, в то же время зависимость между I–III и IV группой является существенно нелинейной, что является следствием значительного увеличения количества кислорода на поверхности металла.

Анализ поверхности спиц показал, что у пациентов с нормальной артериальной перфузией изменение состава сплава фиксаторов не происходило. В то же время у пациентов с нарушением артериальной перфузии в результате реакции ишемизированных тканей происходило селективное растворение поверхностного слоя сплава, а в появившихся коррозионных щелях (рис. 4), образованных в результате процессов гальваноза, состав сплава менялся настолько, что легирующие элементы сплава становились его основой.

Во всех образцах отмечено снижение концентрации железа, хрома и никеля в сплаве (Fe, Cr и Ni).

В образцах II, III и IV групп на поверхности спиц появляется кислород. Особенно его количество возросло на образцах IV группы, у которых на поверхности в отдельных участках практически полностью растворилось железо и никель (Fe и Ni), а сама поверхность образцов покрылась окислами титана (Ti). Таким образом, в процессе нахождения в ишемизированных тканях металлических спиц состав их поверхности претерпел существенные изменения.

Интенсивность процессов изменения сплава спиц находилась в прямой зависимости от степени нарушения артериального притока и была наиболее выражена у пациентов IV группы со значительными посттравматическими изменениями нарушения артериального русла и снижением перфузии более чем на 35%, что клинически проявилось в более раннем возникновении самопроизвольной миграции окисленных спицевых металлофиксаторов.

Выводы

1. Пребывание спиц Киршнера в костной ткани при использовании на кисти в условиях ишемии сопровождается деструкцией поверхности металлофиксаторов и изменением их элементного состава.

2. Деструкция поверхности металла и изменение его элементного состава находится в прямой зависимости от степени посттравматического нарушения артериального притока и снижения перфузии

3. Ранняя самопроизвольная миграция спиц Киршнера у пациентов с посттравматическим нарушением артериального притока в пальцах кисти и снижением перфузии более 35% связана с выраженными окислительными процессами в области поверхности спицевых металлофиксаторов

4. Для пациентов с посттравматическим нарушением артериального притока в пальцах кисти и снижением перфузии требуется индивидуальный подбор методов остеосинтеза.

Выражаем благодарность

сотруднику Института металлофизики им. В. Г. Курдюмова НАН Украины, мл. науч. сотр., канд. ф-м. наук **В. А. Тинькову** за проведенные измерения.

Литература

1. Беспальчук П. И. Операции в травматологии и ортопедии / Беспальчук П. И., Прохоров А. В., Волотовский А. И. – Минск : ООО “Попурри”, 2001. – 208 с.
2. Динамика процессов репарации сложного аллотрансплантированного комплекса тканей / Дубович Т. А., Гомоляка И. В., Галич С. П. [и др.] // Клин. хирургия. – 2005. – № 4–5. – С. 100.
3. Особливості сполучених ушкоджень сухожиль згиначів пальців кисті в “критичній зоні” у дітей / Дольницький О. В., Фурманов О. Ю., Карчемський В. І. [та ін.] // Зб. наук. пр. XIII з’їзду ортопедів-травматологів України. – Донецьк, 2001. – С. 306–309.
4. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ / Гоулдстейн Дж., Ньюберри Д., Эчлин П. [и др.]. – М. : Мир, 1984. – 303 с.
5. Фурманов А. Ю. Осложнения остеосинтеза пальцев кисти спицами Киршнера в условиях посттравматического нарушения их артериального притока / А. Ю. Фурманов // Клин. хирургия. – 2010. – № 9. – С. 48–50.
6. Фурманов А. Ю. Особенности артериального кровообращения у больных с отдаленными последствиями травм кисти и пальцев / А. Ю. Фурманов // Там же. – 2009. – № 2. – С. 43–46.
7. Castner D. G. Biomedical surface science : foundations to frontiers / D. G. Castner, B. D. Ratner // Surf Sci. – 2002. – Vol. 500. – P. 28–60.
8. Seiler J. G. Compartment Syndromes of the Upper Extremity / J. G. Seiler, P. J. Casey // J. South Orthop. Assoc. – 2009. – № 9. – P. 233–247.
9. Shepro D. Microvascular research / D. Shepro. – NY. : Elsevier, 2006. – 1187 p.
10. The corrosion stents stability after implantation (experimental study) / Lazarenko O., Aleksyeyeva T., Mikhalovsky S. [et al.] // VI Congres Francophone de Cardiologie Interventionnelle. – France, Paris, 2004. – P. 124.
11. Unusual migration of K-wire following fixation of clavicle fracture : a case report / Bezer M., Aydın N., Erol B. [et al.] // Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. – 2009. – № 15 (3). – P. 298–300.