

УДК: [616.718.5-001.5-089.227.84/.223]-002

DOI: 10.51309/2411-6858-2021-20-1-3-17

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕБІГУ ЗАПАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ПАЦІЄНТІВ
ПІСЛЯ БІОС ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ
БІОІНЕРТНИХ ТА БІОДЕГРАДУЮЧИХ ІМПЛАНТІВ
НА ОСНОВІ МАГНІЄВОГО СПЛАВУ МС-10**

Яцун Є.В.^{1,2}, Прозорова Г.О.³, Чорний В.М.¹, Головаха М.Л.¹, Івченко Д.В.^{1,2}

¹ Запорізький державний медичний університет, м. Запоріжжя

² КУ КНП МЛЕ та ШМД ЗМР м. Запоріжжя

³ Міжнародний класичний університет імені Пилипа Орлика, м. Миколаїв

**PROGRESSION OF INFLAMMATORY PROCESSES IN PATIENTS
AFTER IM NAILING USING BIOINERT AND BIODEGRADABLE
IMPLANTS BASED ON MC-10 MAGNESIUM ALLOY**

Yatsun E.V.^{1,2}, Prozorova G.O.³, Chorny V.M.¹, Golovakha M.L.¹, Ivchenko D.V.^{1,2}

¹ Zaporizhia State Medical University, Zaporizhia

² KU KNP MLE and SHMD ZMR of Zaporizhia

³ Philip Orlyk International Classical University, Mykolayiv

Резюме. Сучасна медицина широко використовує штучні матеріали для заміни пошкоджених тканин і органів. Біодеградуючі імплантати повинні поступово замінюватися живою тканиною і функціонувати протягом заданого періоду часу, а також не мати негативного впливу на навколишні тканини і організм в цілому. Практичний та науковий інтерес мають клінічні дослідження біохімічних показників, що характеризують інтенсивність запальних реакцій після виконання БІОС з використанням біодеградуючих імплантів. **Мета дослідження:** обґрунтування застосування імплантів, виготовлених з біодеградуючого магнієвого сплаву МС-10, в динамічному БІОС при діафізарних переломах великогомілкової кістки. **Матеріали і методи:** дослідження виконано на 34 пацієнтах з діафізарними переломами великогомілкової кістки, які походили оперативне лікування (БІОС). В якості фіксатора використовувалися канюльовані інтрамедулярні титанові стрижні. Після закритої репозиції, виконувався БІОС великогомілкової кістки. Для блокування стрижня у 16 пацієнтів в статичний (круглий) отвір, вводився гвинт виготовлений з магнієвого сплаву МС-10. У 18 пацієнтів в статичний отвір, вводився гвинт виготовлений з титану. Забір крові для досліджень в обох групах здійснювали: до та після операції, через 2 та 4 тижнів, 2 та 4 місяців після операції. Біохімічні дослідження крові проводились з визначенням в плазмі крові концентрації фібриноген-мономерних комплексів (β -нафтоловий тест). **Результати.** проведене дослідження активності АсАТ та АлАТ визначило меншу її активність (на 19 та 29 %) у хворих з застосування біодеградуючих гвинтів в порівнянні з групою хворих де БІОС виконувався з застосуванням біоінертних гвинтів. Аналогічна ситуація спостерігалася і при дослідженні ШОЕ, вмісту фібриногену В та загального білірубину у крові хворих обох груп спостереження. **Висновки.** Проведене дослідження переконливо доводить можливість застосування біодеградуючого матеріалу (магнієвий сплав МС-10) при виготовленні імплантів для БІОС хворих з переломами довгих кісток.

Ключові слова: біодеградація, магнієвий сплав, запалення, блокуючий інтрамедулярний остеосинтез.



Вступ. Сучасна медицина широко використовує штучні матеріали для заміни пошкоджених тканин і органів. Залежно від їх призначення, біодеградуючі імплантати повинні поступово замінюватися живою тканиною і функціонувати протягом заданого періоду часу, а також не мати негативного впливу на навколишні тканини і організм в цілому. Як показує аналіз наукових робіт за останнє десятиліття кількість наукових статей присвячених вивченню токсикологічних характеристик сплавів на основі магнію, їх впливу на остеогенез, а також використання в остеосинтезі значно зросла [1-6]. Науковий і практичний інтерес мають клінічні дослідження динаміки ряду ключових біохімічних показників, що характеризують інтенсивність запальних реакцій.

Мета дослідження. Обґрунтування застосування імплантатів, виготовлених з біодеградуючого магнієвого сплаву MC-10, в динамічному БІОС при діафізарних переломах великогомілкової кістки.

Матеріал та методи. У відділенні травматології КНП КБЕ І СМП м. Запоріжжя, експериментальне дослідження виконали у 34 пацієнтів з діафізарними переломами великогомілкової кістки. За класифікацією АО / ASIF 42A - B і 42A-C2. У групі було 19 чоловіків і 15 жінок. Середній вік хворих склав 48 років. Операції виконувалися в терміни від 2-х до 14 днів після травми. В якості фіксатора використовувалися канюльовані інтрамедулярні титанові стрижні. Після закритої репозиції, виконувався БІОС великогомілкової кістки. Для дистального блокування застосовувалися титанові гвинти D - 5 mm. У проксимальному відділі, в динамічне (овальне) отвір, вводився гвинт D - 5 mm, з повною нарізкою різьблення виготовлений з титанового сплаву. У 16 пацієнтів в статичний (круглий) отвір, вводився гвинт D - 5 mm, H - 40 mm, виготовлений з магнієвого

Introduction. Modern medicine widely uses artificial materials to replace damaged tissues and organs. Depending on their purpose, biodegradable implants shall be gradually replaced with living tissue and stay functioning within the specified period. It shall also have no negative impact on surrounding tissues and a human body in general. Analysis of scientific papers for the recent decade, dedicated to toxicological characteristics of magnesium-based alloys, their impact on osteogenesis, and their use in osteosynthesis demonstrates a significant growth [1-6]. Scientifically and practically interesting are clinical studies of the dynamics of a range of key biochemical values specifying the intensity of inflammatory responses.

Task of the study: to substantiate the use of implants made of a biodegradable magnesium alloy MC-10 in dynamic IM nailing of fractures of tibial diaphysis.

Materials and methods. The trauma care department of KU KNP MLE and SHMD ZMR of Zaporizhia has carried out an experimental study of 34 patients with diaphyseal tibial fractures. According to AO / ASIF classification, there were 42A - B and 42A-C2. The group comprised of 19 men and 15 women. Average age of the patients was 48 years old. The operations were made between the 2nd and the 14th day after the injury. A cannulated titanium intramedullary nail served as a blocking pin. The closed reposition was followed with IM nailing of a tibia. For distal locking we applied titanium screws D-5mm. In a proximal part, a full-thread screw D-mm made of titanium alloy was inserted into the dynamic (oval) hole of the nail. In 16 patients, we applied a screw D-5mm, H - 40 mm made of magnesium alloy MC-10 (TU U 24.4-14307794-270:2018) in the static (round) hole of the nail.

сплаву МС-10 (ТУ У 24.4-14307794-270:2018). У 18 пацієнтів в статичний отвір, вводився гвинт D- 5 mm, Н - 40 mm, виготовлений з титану.

В процесі лікування, для створення більш щільного контакту між кісткових уламків, часто виникає необхідність у виконанні операції по динамізації перелому. Вона полягає у видаленні гвинта з статичного (круглого) отвору. Це дає можливість гвинту в динамічному (овальному) отворі, зміщуватися і дозволяє кістковим уламкам зберігати щільний контакт [7].

Забір крові для біохімічних та цитологічних досліджень в обох групах здійснювали з такою періодичністю: до та після операції, через 2 тижні, 4 тижні, 2 місяці та 4 місяці після операції. Біохімічні дослідження крові проводились в атестованому відділі лабораторної клінічної діагностики КНП МЛЕ та ШМД м. Запоріжжя з використанням біохімічного аналізатора FLEXOR E (Нідерланди), фотометру фотоелектричного КФК-2 (Росія), напівавтоматичного біохімічного аналізатора SOLAR PV1251 (Беларусь). Біохімічні показники визначались з використанням стандартних сертифікованих діагностичних наборів та тест-систем: ПрАТ «Реагент» (Україна), «Лабораторія Гранум» (Україна). Визначення в плазмі крові концентрації фібриноген-мономерних комплексів (β -нафтоловий тест) проводили згідно наказу МОЗ України № 417 від 15.11.2002 р. Статистичний аналіз отриманих показників виконаний з використанням програм «Microsoft Office Excel 2003», «STATISTICA® for Windows 6.0» (StatSoft Inc., № AXXR712D833214FAN5). Для перевірки нормальності розподілу в групах використовували тест Колмогорова – Смирнова. По кожній з ознак у досліджуваних групах визначали середню арифметичну величини (M) і похибку середнього (m). Для порівняння середніх значень і ви-

During the period of treatment, to create a tighter contact between the bone fragments, it is frequently required to carry out a surgical dynamization of the fracture. It stipulates the removal of a screw from the static (round) hole. This makes the screw in the dynamic (oval) hole able to displace, preserving the tight contact of the bone fragments [7].

Collection of blood samples for biochemical and cytological studies in the both groups took place as follows: before and after the operation, in 2 weeks, 4 weeks, 2 months, and 4 months after the surgery. Biochemical blood studies were performed at the attested clinical diagnostics department of KU KNP MLE and SHMD ZMR of Zaporizhia using FLEXOR E (the Netherlands) biochemical analyzing machine, KFK-2 (Russia) photoelectric photomeasuring device, SOLAR PV1251 (Belarus) semi-automatic biochemical analyzer. For the determination of biochemical values, applied were standard certified diagnostic sets and test-systems by PrJSC “Reagent” (Ukraine), “Laboratory Granum” (Ukraine). The concentration of fibrinogen-monomer complex (β -naphthol test) was carried out under the Order by the HCM of Ukraine No. 417 of 15.11.2002. Statistical analysis of the obtained values was done by the software «Microsoft Office Excel 2003», «STATISTICA® for Windows 6.0» (StatSoft Inc., № AXXR712D833214FAN5). To verify the normalcy of distribution, we used Smyrnov-Kolmogorov test. For each of the values in study groups, we calculated an arithmetic mean (M) and a mean error (m). To compare the mean values and discover the effect of specific factors upon conditions of a normal distribution, and in a case of equal group dispersions in two independent selections, we used the Stud-



явлення впливу певних факторів за умови нормального розподілу і у випадку рівності групових дисперсій у двох незалежних вибірках використовували t-критерій Стьюдента. Якщо розподіл у групах відрізнявся від нормального, використовували тест Манна-Уїтні. Залежність між ознаками визначали в разі нормального розподілу значень за допомогою кореляційного аналізу за Пірсоном, а розподіл, що відрізнявся від нормального – за Спірманом. У разі виявлення статистично значимої кореляції проводили лінійний регресійний аналіз. Для порівняння частот застосовували метод Хі-квадрат. У всіх видах статистичного аналізу розраховували досягнутий рівень достовірності (P), критичний рівень достовірності у даному дослідженні приймався рівним 0,05.

Результати. Провідну роль в процесах реалізації запальних реакцій відіграє печінка, тому дослідження активності її амінотрансфераз представляє науковий інтерес. Результати дослідження динаміки активності аспартатаміно-трансферази (AsAT) представлені у табл. 1.

ent's t-criterion. If the distribution in the groups differed from the normal one, we used the Mann-Whitney test. The dependence between the features was registered in a case of normal distribution of the values with a correlation analysis by Pearson, while the distribution other than a normal one – by Spearman. Having discovered a statistically significant correlation, we applied a linear regression analysis. To compare the frequencies, we used Chi-square method. In all the types of the statistical analysis, we calculated the achieved level of certainty (P). A critical certainty level for this study was taken as 0.05.

Results. Liver plays a leading role in the embodiment of inflammatory responses, so it is scientifically interesting to study the activity of its aminotransferases. The results of studying the activity of aspartaminotransferase (AsAT) in dynamics are represented on table 1.

Таблиця 1. Зміна активності ряду ферментів при використанні для БІОС біодеградуючих (магнієвих) та біоінертних гвинтів

Table 1. Changes in the activity of certain ferments within the use of biodegradable (magnesium-based) and bioinert screws for IM nail

Термін спостереження / <i>Observation period</i>	AsAT, Од/л / <i>AsAT, U/l</i>	AlAT, Од/л / <i>AnAT, U/l</i>	AsAT/ AlAT / <i>AsAT / AnAT</i>	СРБ / <i>SRB</i>
При використанні біодеградуючих гвинтів / <i>Biodegradable screws</i>				
До операції / <i>Before the operation</i>	0,6 ± 0,04	0,40 ± 0,04	1,53 ± 0,08	- / +
Після операції / <i>After the surgery</i>	0,60 ± 0,05	0,34 ± 0,05	2,21 ± 0,29*#	++ / +++
через 2 тижні / <i>in 2 weeks</i>	0,59 ± 0,03	0,55 ± 0,05*#	1,14 ± 0,08*#	- / +
через 4 тижні / <i>in 4 weeks</i>	0,6 ± 0,03	0,49 ± 0,03	1,25 ± 0,06	-
через 2 місяці / <i>in 2 months</i>	0,42 ± 0,04#	0,33 ± 0,04#	1,3 ± 0,05	- / +
через 4 місяці / <i>in 4 months</i>	0,78 ± 0,03#	0,71 ± 0,07#	1,15 ± 0,06	-

При використанні біоінертних гвинтів / Bioinert screws				
До операції / <i>Before the operation</i>	0,57 ± 0,05	0,5 ± 0,06	1,45 ± 0,26	- / +
Після операції / <i>After the surgery</i>	0,68 ± 0,04	0,45 ± 0,03	1,54 ± 0,07	++ / +++
через 2 тижні / <i>in 2 weeks</i>	0,68 ± 0,04	0,44 ± 0,02	1,57 ± 0,09	+
через 4 тижні / <i>in 4 weeks</i>	0,66 ± 0,03	0,48 ± 0,02	1,39 ± 0,04	- / +
через 2 місяці / <i>in 2 months</i>	0,4 ± 0,02 [#]	0,28 ± 0,02 [#]	1,42 ± 0,05	- / +
через 4 місяці / <i>in 4 months</i>	0,83 ± 0,04 [#]	0,68 ± 0,03 [#]	1,24 ± 0,05 [#]	- / +

Примітки: * - відмінності достовірні порівняно з групою хворих, яким операцію здійснювали з використанням імплантів з біоінертного матеріалу ($p \leq 0,05$); # - відмінності достовірні ($p \leq 0,05$) порівняно з попереднім терміном спостереження

Notes: * - the difference is significant compared to the group of patients who got the operation with the implants made of bioinert material ($p \leq 0,05$); # - the difference is significant ($p \leq 0,05$) compared to the previous observation period

Дослідження динаміки змін активності ферменту в першій групі хворих, яким БІОС здійснювали з використанням біодеградуєчих магнієвих гвинтів показало, що достовірних ($p \leq 0,05$) відмінностей між аналогічними показниками хворих з другої групи (для виготовлення гвинтів використовувався біоінертний сплав) не виявлено на жодному з етапів спостереження (табл. 1.).

Травма скелетних м'язів викликає гіпоксію м'язової тканини, і в саме цих умовах малат-аспартатний шунт сприяє енергоутворенню без значних витрат кисню. При використанні для БІОС біоінертних гвинтів активність АсАТ протягом 2 тижнів поступово зростала (в середньому на 19%), а потім спостерігалось достовірне зниження активності ферменту і через 2 місяці показник вже на 30% виявився меншим за вихідне значення (табл. 1.).

Використання магнієвого сплаву для виготовлення гвинтів показало стабільну активність ферменту протягом 4 тижнів (табл. 1). Через 2 місяці після операції спостерігалось аналогічне попередній групі зниження активності АсАТ.

Вірогідно, підвищення активності трансаміназ пов'язане або з необхідністю відведення продуктів гліколізу від органів, які знаходилися в умовах гіпоксії, або з підвищенням енергетичних витрат печінкою.

The study of dynamics of the changes in the activity of the ferment in the first group of patients who underwent IM nailing with biodegradable magnesium screws hasn't shown any significant differences ($p \leq 0,05$) from the similar values of the patients from the second group (with the screws produced of bioinert alloy) at all stages of the observation (Table 1).

A trauma to skeleton muscles causes the hypoxia in soft tissues. In such conditions, malat-aspartat shunt promotes production of energy without a significant use of oxygen. In a case of bioinert screws for IM nailing, the activity of AsAT was gradually growing during 2 weeks (on average in 19%), then followed by a significant decrease in the activity of the ferment. 2 months later, this value was 30% lower than the initial one (Table 1).

The use of magnesium alloy for the screw demonstrated a stable activity of the ferment during 4 weeks (Table 1). 2 months after the operation, there was a decrease in the AsAT activity, similar to the one in the previous group.

The increase in the activity of transaminases could possibly relate either to the necessity to evacuate the products of glycolysis from organs under the effect of hypoxia, or with the growth of the liver's power spendings. In such a context, the increase in the



У цьому контексті підвищення активності трансаміназ зовсім не свідчить лише про лізис клітин.

Результати дослідження показали, що протягом перших двох тижнів після операції активність АЛАТ в обох групах достовірно ($p \leq 0,05$) не відрізнялась як від початкової активності ферменту так і між аналогічними показниками обох груп (табл. 1). Лише на 14 день активність ферменту в першій групі виявилась достовірно вищою (на 29%) за аналогічний показник другої групи.

Пізніше спостерігалось зниження активності АЛАТ в обох групах, причому достовірної різниці за даним показником на 2 та 4 місяць спостережень не виявлено (табл. 1.).

Відношення АсАТ/АЛАТ називається коефіцієнтом де Рітиса. У нормі він становить $1,33 \pm 0,42$, при захворюваннях печінки – нижче за цю величину, а при захворюваннях серця – вище [7,8].

Визначення динаміки коефіцієнта де Рітиса в групі хворих з біоінертними імплантатами на усіх термінах спостереження не показало суттєвого відхилення від норми (табл. 1.).

В групі хворих, де застосовувались імплантати з магнієвого сплаву відразу після операції спостерігалось достовірно ($p \leq 0,05$) підвищення АсАТ/АЛАТ на 44%, у порівнянні з початковим значенням коефіцієнта де Рітиса, не за рахунок підвищення активності АсАТ, а за рахунок зниження активності АЛАТ (табл. 1). В подальших термінах спостереження показник нормалізувався.

Предикторами розвитку запально-токсичної стадії окрім різкого приросту активності амінотрансфераз, є також збільшення вмісту в крові С-реактивного білка (СРБ) [8,9,10].

Результати дослідження цього показника (табл. 1.) свідчать, що пік припадає на гострий після операційний період в обох групах. Проте серед прооперованих

activity of transaminases doesn't witness lysis of the cells.

Results of the study have shown that during the first two weeks after the operation, the activity of АІАТ in the both groups didn't differ significantly ($p \leq 0,05$) from the initial activity of the ferment, as well as from similar values in the both groups (Table 1). On the 14th day only, the activity of the ferment appeared significantly higher (in 29%) than the similar value of the second group.

Later, both groups demonstrated the decrease in the activity of АІАТ, at that during the 2nd and the 4th months after the surgery, no significant difference in these values has been disclosed (Table 1).

The interrelation between АsАТ/АІАТ is called de-Ritis index. Normally it equals $1,33 \pm 0,42$. In liver diseases it appears lower, in cardiac – higher [7,8].

The determination of the de-Ritis index in dynamic for the patients from the bio-inert implants group during all periods of observation showed no significant violation of the normal (Table 1).

Within the group of patients with the implants made of the magnesium alloy, a significant ($p \leq 0,05$) increase of the АsАТ/АІАТ in 44% was observed after the surgery at once, compared to their initial value of de-Ritis index, but not due to higher activity of АsАТ, but due to lower one of АІАТ (Table 1). In later observation periods, this value came to normal one.

Among predictors of the inflammatory-toxic stage development, except for the acute growth in aminotransferase, is also the growth of C-reactive blood protein (СRВ) [8,9,10].

The studies of this value (Table 1) verify that the peak falls within the acute surgical period in both groups. However, the patients after surgery with the magnesium implants demonstrated a more intensive SRB regression in their blood serum, compared to ІМ

з магнієвими імплантатами регрес вмісту СРБ у плазмі крові відбувався інтенсивніше, порівняно з групою, де для БІОС було використано біоінертні гвинти.

Дослідження динаміки фібриногену (табл. 2.) показало, що статистично значимі відмінності за даним показником між двома групами виявлено лише в до операційному періоді та відразу після БІОС. Так, при використанні біодеградуючих магнієвих гвинтів, показник на 34,5% перевищував аналогічне значення у другій групі. Аналіз крові хворих відразу після БІОС з використанням біодеградуючих імплантатів показав зростання показника на 10%, а при використанні біоінертних – на 33,8%. В подальшому рівень фібриногену у хворих з I групи залишався стабільним протягом 2 місяців, а у II групі відмічалось достовірне ($p \leq 0,05$) зростання показника до кінця другого тижня після оперативного втручання (на 37,9% порівняно з попереднім значенням). Через місяць після БІОС і до кінця терміну спостереження в обох групах рівень фібриногену поступово зменшувався. Достовірно значимих відмінностей між середнім значенням показника у групах не виявлено (табл. 2).

nailing with bioinert screws.

The observation of fibrinogen in the dynamic (Table 2) has shown that statistically significant difference of this value between the two groups appeared only within the pre-operation period and after the IM nailing at once. Thus, in case of biodegradable magnesium screws, its value was 34.5% higher than the similar one in the second group. The blood analysis of patients just after the IM nailing with the biodegradable implants has shown the increase in this value in 10%, and in case of bioinert ones – in 33.8%. Later, the level of fibrinogen in patients from the 1st group remained stable within 2 months, while in the second group we saw significant ($p \leq 0,05$) growth of this value till the end of the second day after the surgery (in 37.9% compared to the initial value). In a month after IM nailing, and till the end of the observation period, the levels of fibrinogen in the both groups dropped gradually. Both groups demonstrated no significant differences between the mean values thereof (Table 2).

Таблиця 2. Визначення впливу продуктів біокорозії імплантатів з біодеградуючого та біоінертного сплавів на систему гемостазу після БІОС

Table 2. The effect of the biodegradation products on the hemostasis system after IM nailing with biodegradable and bioinert alloys

Термін спостереження / <i>Observation period</i>	Фібриноген, г/л / <i>Fibrinogen, g/l</i>	Фібриноген В / <i>B fibrinogen</i>	ШОЕ / ESR
При використанні біодеградуючих магнієвих гвинтів / <i>Biodegradable magnesium screws</i>			
до операції / <i>before the surgery</i>	6,58 ± 0,84*	+ / ++	25,23 ± 2,99*
після операції / <i>after the surgery</i>	7,24 ± 0,49*	++ / +++	39,62 ± 4,45 [#]
через 2 тижні / <i>in 2 weeks</i>	7,71 ± 0,61	- / +	26,15 ± 2,96 [#]
через 4 тижні / <i>in 4 weeks</i>	7,23 ± 0,65	-	14,31 ± 1,83 [#]
через 2 місяці / <i>in 2 months</i>	6,68 ± 0,84	+ / ++	19,62 ± 2,57
через 4 місяці / <i>in 4 months</i>	5,43 ± 0,39	- / +	8,69 ± 0,91 [#]



При використанні біоінертних гвинтів / Bioinert screws			
після операції / <i>after the surgery</i>	4,33 ± 0,20	+ / ++	15,57 ± 2,78
через 2 тижні / <i>in 2 weeks</i>	5,78 ± 0,31 [#]	++ / +++	30,81 ± 2,51 [#]
через 4 тижні / <i>in 4 weeks</i>	7,97 ± 0,46 [#]	+	27 ± 2,18
через 2 місяці / <i>in 2 months</i>	6,6 ± 0,4 [#]	- / +	14,95 ± 1,27 [#]
через 4 місяці / <i>in 4 months</i>	6,58 ± 0,58	+ / ++	21 ± 1,82 [#]
після операції / <i>after the surgery</i>	5,17 ± 0,26 [#]	- / +	9,81 ± 0,52 [#]

Примітки: * - відмінності достовірні порівняно з групою хворих, яким операцію здійснювали з використанням гвинтів з біоінертного матеріалу ($p \leq 0,05$); # - відмінності достовірні ($p \leq 0,05$) порівняно з попереднім терміном спостереження

Note: * - significant differenced compared to the group of patients with the screws of bioinert material ($p \leq 0,05$); # - significant differenc ($p \leq 0,05$) compared to the previous observation period

Проведені лабораторні дослідження якісного визначення вмісту фібриногену у плазмі крові показали наявність двох піків зростання показника – відразу після операції та через 2 місяці. І хоча тенденція аналогічна в обох групах, інтенсивність утворення фібриногену В переважала у групі, де БІОС здійснювали з використанням біоінертних імплантатів (табл. 2.). Другий пік зростання показника, вірогідно пов'язаний зі збільшенням рухової активності прооперованих та вторинною травматизацією оточуючих імплантат тканин. Хоча запальний процес невеликої інтенсивності сприяє прискоренню регенерації кістки та м'яких тканин.

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) у плазмі крові прямо пропорційна масі еритроцитів, різниці густини еритроцитів і плазми крові та пропорційна в'язкості плазми крові. Агрегація та аглютинація еритроцитів, збільшуючи масу осідаючих часток, прискорюють осідання. Основним фактором, що впливає на утворення монетних стовпчиків з еритроцитів, є білковий склад плазми крові. Усі білкові молекули знижують дзета-потенціал еритроцитів (негативний заряд, що сприяє взаємному відштовхуванню еритроцитів і підтриманню їх у завислому стані), але найбільше впливають асиметричні молекули — фібриноген, імуноглобуліни, а також гаптоглобін. На дзета-потенціал ери-

Laboratory studies of the qualitative content of B fibrinogen in blood serum disclosed two peaks of growth of this value – after the surgery at once and in 2 months. However, the trend is similar in the both groups, intensity of B fibrinogen formation in the group with bioinert implants prevailed (Table 2). The second peak of the growth the value may relate to the growing motions of the patients and the secondary trauma to the tissues around the implant. Agin, a slight inflammatory process promotes faster regeneration of bone and soft tissues.

Erythrocyte sedimentation rate (ESR) in a blood serum is in direct ratio to the mass of erythrocytes, the difference in density of the erythrocytes and the blood serum, and pro rata to the blood serum viscosity. The aggregation and agglutination of erythrocytes fasten the sedimentation by increasing the mass of the particles. The protein blood serum composition is the main factor of strain coin formation. All protein molecules decrease zeta-potential of erythrocytes (the negative charge ensuring mutual repulsion of erythrocytes and preserving their arching), but the most influent ones are asymmetric molecules – fibrinogen, immunoglobulin, and haptocorrin. Zeta-potential of erythrocytes is under the influence of other factors: blood serum pH (acidosis decreases ESR, alkalosis increases), blood serum ionic charge, lipids,

троцитів також впливають інші фактори: рН плазми крові (ацидоз знижує ШОЕ, алкалоз підвищує), іонний заряд плазми крові, ліпіди, в'язкість крові, наявність антиеритроцитарних антитіл. Референтні значення ШОЕ: чоловіки 1-10 мм/год, жінки 2-15 мм/год [11,12].

Поряд із лейкоцитозом і відповідними змінами лейкоцитарної формули підвищення ШОЕ служить достовірною ознакою наявності в організмі запальних процесів. У період загострення при прогресуванні запального процесу ШОЕ підвищується, у період видужання — знижується, але не так швидко, як зниження виразності лейкоцитарної реакції. Водночас прискорена ШОЕ не є специфічним показником для певного захворювання. Однак нерідко при наявності патології її зміни мають діагностичне і прогностичне значення й можуть бути показником ефективності проведеної терапії.

Результати проведених досліджень (табл. 2.) свідчать про те, що початкове значення показника (до операції) у групі, де застосовувались біодеградуєчі імпланти на 38% перевищувало аналогічний показник іншої групи. Стрімке зростання показника в післяопераційний період (на 57,1% у хворих з біодеградуєчими імплантами і на 97,5% хворих з біоінертними імплантами) пов'язано з активним запальним процесом. Протягом наступних чотирьох тижнів спостерігався стрімкий регрес ШОЕ в обох групах. При цьому ШОЕ у першій групі зменшилась на 63,9%, а у другій — на 51,5% (табл. 2). Через 2 місяці після БІОС в обох групах спостерігалось незначне зростання ШОЕ (табл. 2), що разом зі збільшенням рівня фібриногену В свідчить про незначне посилення запального процесу у тканинах. При цьому достовірно значимих відмінностей між аналогічними показниками обох груп не виявлено. Хвилеподібна динаміка ШОЕ в обох групах відображає етапність репаративного процесу.

blood viscosity, the presence of anti-erythrocytary agents. Referent values of ESR: men – 1-10 mm/hour; women – 2-15 mm/hour [11,12].

Along with the leukocytosis and the respective changes in leucogram, the increase in ESR is a testimony of inflammatory process in a body. Within the period of exacerbation during progression of the inflammatory process, ESR increases, and in the period of outcome – decreases, but not as fast as the expression of the leucocyte reaction drops. Simultaneously, faster ESR is not a specific feature of the present disease. However, in a pathology, its changes are of diagnostic and prognostic importance and could witness the efficiency of the therapy.

The results of the study (Table 2) signify that the initial values (before the surgery) in the group of biodegradable implants are 38% higher compared to similar values in the second group. The rapid growth of this value in the post-operation period (in 57.1% in patients with biodegradable implants, and in 97.5% in patients with bioinert ones) relates to the active inflammatory process. During the next four weeks, ESR regressed quickly in both groups. At that, ESR in the first group has dropped in 63.9%, while in the first one – in 51.5 % (Table 2). 2 months after the IM nailing, an insignificant ESR raise occurred in both groups (Table 2). Together with the raise in fibrinogen, this is a testimony of inflammatory processes in tissues. At that, we disclosed no significant differences between similar values in both groups. The wave-like ESR dynamics in both groups reflects the stages of the reparative process.



Висновки

1. Визначення активності аспартатамінотрансферази у плазмі крові хворих, яким БІОС здійснювали з використанням біоінертних гвинтів показало незначне зростання активності ферменту протягом двох тижнів (в середньому на 19%), що вірогідно пов'язано із запаленням травмованого м'язу; застосування біодеградуючих гвинтів супроводжувалось стабільною активністю ферменту протягом 4 тижнів, що свідчить про меншу інтенсивність запалення та можливість відведення продуктів гліколізу від травмованих м'язів, які знаходилися в умовах гіпоксії.

2. Визначення активності аланінамінотрансферази показало, що протягом перших двох тижнів після операції активність АЛАТ в обох групах достовірно ($p \leq 0,05$) не відрізнялась як від початкової активності ферменту так і між аналогічними показниками обох груп. Лише на 14 день активність ферменту в першій групі виявилась достовірно вищою (на 29%) за аналогічний показник другої групи.

3. Хвилеподібна динаміка ШОЕ, вмісту фібриногену В та загального білірубину у крові хворих обох груп відображає етапність репаративного процесу. Перший пік припадає на гострий післяопераційний період, а другий - через 2 місяці після операції. І хоча тенденція аналогічна в обох групах, інтенсивність цих прозапальних маркерів переважала у групі, де БІОС здійснювали з використанням біоінертних імплантатів. Другий пік зростання показника, вірогідно пов'язаний зі збільшенням рухової активності прооперованих та вторинною травматизацією оточуючих імплантат тканин і збільшенням навантаження на печінку.

4. Дослідження динаміки фібриногену показало, що статистично значимі відмінності за даним показником між двома групами виявлено лише в доопераційному періоді та відразу після БІОС.

Conclusions

1. The activity of aspartat-aminotransferase in blood serum of patients after IM nailing with bioinert screws only has demonstrated insignificant increase in the activity of the ferment during two weeks (10% on average). This may relate to the inflammation of the injured muscle. The use of biodegradable screws was specific with a stable activity of the ferment during 4 weeks, testifying lower intensity of the inflammation and the possibility of elimination of the products of glycolysis from the injured muscles in hypoxic conditions.

2. The activity of alaninaminotransferase has shown that within the first two weeks after the operation, the activity of ALAT in the both groups differed insignificantly ($p \leq 0,05$) as from the initial activity of the ferment, as between the similar values in both groups. Only on the 14th day, the activity of the ferment in the first group appeared significantly higher (in 29%) than the similar value of the second group.

3. The wave-like dynamics of ESR, fibrinogen B, and general bilirubin in the blood of both groups of patients reflects the stages of the reparative process. The first peak concurs with the acute post-operation period, and the second one occurs 2 months after the operation. Although this trend is similar for both groups, the intensity of those anti-inflammatory markers prevailed in the group of IM nailing with bioinert implants only. The second peak of growth of the value may relate to the increase in motion activity of the patients and a secondary traumatization of tissues around the implant and bigger load on the liver.

4. Dynamics of fibrinogen displays statistically significant differences in this value between the two groups only in the post-operation period and after IM nailing at once.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Література

1. Гусак ЄВ, Солодовник ОВ, Міщенко ОМ, Яновська ГО, Ярмоленко ОС, Курганська ВО, Дедкова КА, та ін. Дослідження поведінки магнієвих імплантатів *in vitro* в розчині SBF. Морфологія. 2016;10(3):110-3.
2. Городецький ВВ, Талібов ОБ. Препарати магнію в медичній практиці. Мала енциклопедія магнію. Москва: Медпрактика; 2004. 46 с.
3. Школьнікова МА. Метаболізм магнію і терапевтичне значення його препаратів. Посібник для лікарів. Москва: Медпрактика; 2002. 32 с.
4. Головаха МЛ, Беленічев ІФ, Жернова ГА, Чорний ВМ, Яцун ЄВ. Вплив продуктів біодеградації імплантів зі сплаву на основі магнію на організм лабораторних щурів. Запорожский медицинский журнал. 2013;(5):15-8.
5. Нерянов ЮМ, Головаха МЛ, Беленічев ІФ, Чорний ВМ, Яцун ЄВ. Дослідження токсичної дії продуктів біодеградації магнієвого сплаву в експерименті. Патологія. 2013;28(2):68-71. DOI:10.14739/2310-1237.2013.2.17795.
6. Головаха МЛ, Беленічев ІФ, Жерновая ГА, Черный ВН, Яцун ЕВ. Экспериментальная оценка общетоксического действия имплантатов из сплава на основе магния. Ортопедия, травматология и протезирование. 2014;(3):10-5.
7. Сергеев СВ, Загородний НВ, Абдулхабирова МА, Гришанин ОБ, Карпович НИ, Папоян ВС. Современные методы остеосинтеза костей при острой травме опорно-двигательного аппарата. Учебное пособие. Москва: Российский университет дружбы народов; 2008. Глава 2, Переломы, классификация, принципы лечения, заживление; с. 40-7.
8. Huang XJ, Glushakova O, Mondello S, Van K, Hayes RL, Lyeth BG. Acute Temporal Profiles of Serum Levels of UCH-L1 and GFAP and Relationships to Neuronal and Astroglial Pathology following Traumatic Brain Injury in Rats. J. Neurotrauma. 2015;32(16):1179-89. DOI:10.1089/neu.2015.3873.
9. Храпов ЮВ, Поройский СВ. Роль биомаркеров повреждения вещества головного мозга в диагностике, оценке эффективности лечения и прогнозировании исходов тяжелой черепно-мозговой травмы. Волгоградский научно-медицинский журнал. 2013;(3):10-20.
10. Гонський Я, Максимчук Т, Калинський М. Біохімія людини. Тернопіль: Укрмедкнига; 2002. 744 с.
11. Білошицький ВВ, Кобилецький ОЯ. Можливості біохімічних біомаркерів як засобів прогнозування перебігу черепно-мозкової травми. Український нейрохірургічний журнал. 2015;(1):4-14.
12. Луцик БД, редактор. Клінічна лабораторна діагностика: навчальний посібник для мед. ВНЗ IV рів. акред. 2-е видання. Київ: Медицина; 2018. 288 с.

References

1. Gusak E.V., Solodovnyk O.V., Mishchenko O.M., Yanovska G.O., Yarmolenko O.S., Kurganska V.O., Diedkova K.A. et al., Doslodzennia Povedinky Magniievkykh Implantativ *in vitro* v Rozchyni SBF [The Study of Magnesium Alloys Behavior *in vitro* in SB Solution: in Ukrainian]. Morphology. 2016;10(3):110-3.



2. Horodetskyi V.V., Talibov O.B. Preparaty Magniyu v Medychniy Praktytsi. Mala Encyclopediya Magniyu. [Magnesium Preparation in Practical Medicine. The Small Encyclopedia of Magnesium: in Ukrainian]. Moscow: Medpraktyka; 2004. 46p.
3. Shkolnikova M.A. Metabolism Magniyu I Terapevtychne Znachennia Yoho Preparativ. Posibnyk dlia likariv. [The Metabolism of Magnesium and Therapeutic Essence of the Preparations Thereof. A guidebook for physicians.: in Ukrainian]. Moscow: Medpraktyka; 2002. 32p.
4. Golovakha M.L., Belienichev I.F., Zhernova G.A., Chorny V.M., Yatsun E.V. Vplyv Produktiv Biodegradatsii Implantiv za Splavu na Osnovi Magniyu na Organism Laboratornykh Schyryv. [The Impact of the Products of Biodegradation of Magnesium-Based Alloy on Laboratory Rats: in Ukrainian]. Zaporizhzhia Medical Journal. 2013;(5):15-8.
5. Nerianov Y.M., Golovakha M.L., Belienichev I.F., Chorny V.M., Yatsun E.V. Doslidzennia Toksychnoyi Diyi Produktiv Biodegradatsii Maghievoho Splavu v Eksperymenti. Patologiya. [The Experimental Study of the Toxic Impact of Magnesium Alloys Degradation Products. Pathology: in Ukrainian]. 2013;28(2):68-71. DOI:10.14739/2310-1237.2013.2.17795.
6. Golovakha M.L., Belienichev I.F., Zhernovaya G.A., Chorny V.N., Yatsun E.V. Eksperymentalnaya Otsenka Obschetoxicologicheskogo Dejstvija Implantatov iz Splava na Osnove Magnija. Ortopediya, Travmatologiya n Protezirovanije [Experimental Study of a Generally-toxic Effect of Magnesium-based Alloy Implants. Orthopedics, Traumatology, and Prostheses: in Russian]. 2014;(3):10-5.
7. Sergeev S.V., Zagorodniy N.V., Abdulkhairov M.A., Grishanin O.B., Karpovich N.I., Papoyan V.S. Sovremennyje Metody Osteosinteza Kosteij pri Ostroj Travme Oporno-Dvigatel'nogo Apparata. [Modern Methods of Osteosynthesis in Acute Musculoskeletal Trauma: in Russian]. Teaching guide. Moscow: Russian University of Friendship of Peoples; 2008. Chapter 2, Fractures, classification, principles of treatment, healing; p. 40-7.
8. Huang XJ, Glushakova O, Mondello S, Van K, Hayes RL, Lyeth BG. Acute Temporal Profiles of Serum Levels of UCH-L1 and GFAP and Relationships to Neuronal and Astroglial Pathology following Traumatic Brain Injury in Rats. J. Neurotrauma. 2015;32(16):1179-89. DOI:10.1089/neu.2015.3873.
9. Khrapov Y.V., Porojskiy S.V. Rol Biomarkerov Povezhdeniya Veschestva Golovnoho Mozga v Diagnostike, Otsenke Effektivnosti Lecheniya I Prognozirovanii Ishodov Tyazhelyo Cherepno-Mozgovoy Travmy. [The Role of a Brain Substance Injury Biomarkers in Diagnostics, Assessment of Treatment Efficiency, and Forecasting Outcomes after a Severe Craniocerebral Trauma: in Russian]. Volgograd Scientific and Medical Journal. 2013;(3):10-20.
10. Honskyi Y., Maksymchuk T., Kalynskyi M. Biohimija Liudyny [Human Biochemistry: in Ukrainian]. Ternopil, Ukrmedknyha; 2002. 744 p.
11. Biloshytskyi V.V., Kobyletskyi O.Y. Mozhlyvosti Biohimichnykh Biomarkeriv yak Zasobiv Prognozuvannia Perebihu Cherepno-Mozkovoyi Travmy [The Opportunities of Biochemical Biomarkers as Means to Forecast a Craniocerebral Trauma Progression: in Ukrainian]. The Ukrainian Journal of Neurosurgery. 2015;(1):4-14.
12. Lutsyk B.D., editor. Clinichna Laboratorna Diahnostyka [Clinical Laboratory Diagnostics: the textbook for institutions of higher medical education of the 4th accreditation level. 2nd edition. Kyiv: Medicine; 2018. 288 p.

**INVESTIGATION OF THE COURSE OF THE INFLAMMATORY PROCESS
IN PATIENTS AFTER THE BIOS OF THE CIVIL BONE WITH
THE APPLICATION OF BIOINERT AND BIODENIGRAD**

Yatsun E.V.^{1,2}, Prozorova G.O.³, Chorny V.M.¹, Golovakha M.L.¹, Ivchenko D.V.^{1,2}

¹ Zaporizhia State Medical University, Zaporizhia

² KU KNP MLE and SHMD ZMR of Zaporizhia

³ Philip Orlyk International Classical University, Mykolayiv

Summary. Modern medicine widely uses artificial materials to replace damaged tissues and organs. Biodegradable implants should be gradually replaced with living tissue and stay functioning within a specified period, don't have any negative impact on surrounding tissues and a human body in general. Clinical studies of biochemical values specifying the intensity of inflammatory response to IM nailing with biodegradable implants are of clinical and scientific interest. **Task of the study:** to substantiate of the use of implants made of biodegradable magnesium alloy MS-10 in the dynamic IM nailing for diaphyseal fractures of the tibia. **Materials and methods.** The study involved 34 patients with diaphyseal tibial fractures, which resembled surgical treatment (IM nailing). Cannulated intramedullary titanium nails served as a blocking pin. The treatment included closed reposition followed with IM nailing of a tibia. To lock the nail, a screw made of magnesium alloy MS-10 was inserted in a static (round) hole in 16 patients. In 18 patients, a screw made of titanium was inserted into a static hole. The both groups passed blood sampling for studies, before and after the surgery, 2 and 4 weeks, 2 and 4 months after surgery. Biochemical blood tests were to determine the concentration of fibrinogen-monomer complexes in the blood plasma (β -naphthol test). **Results.** The study of the activity of AST and ALT found it lower (19 and 29%) in patients with biodegradable screws, compared to the group of patients with IM nailing locked with bioinert screws. The situation was similar with ESR, fibrinogen B and total bilirubin in the blood of patients in both groups. **Conclusions.** The study convincingly proves the expediency of the use of biodegradable material (magnesium alloy MS-10) to produce implants for the IM nailing for the patients with long bones' fractures.

Key words: biodegradation, magnesium alloy, inflammation, locking intramedullary nailing.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА
У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ БИОС БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОИНЕРТНЫХ И БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ИМПЛАНТАТОВ
НА ОСНОВЕ МАГНИЕВОГО СПЛАВА MS-10**

Яцун Е.В.^{1,2}, Прозорова Г.О.³, Черный В.М.¹, Головаха М.Л.¹, Ивченко Д.В.^{1,2}

¹ Запорожский государственный медицинский университет, г. Запорожье

² КУ КНП МЛЭ и СМП ОМС м. Запорожье.

³ Международный классический университет имени Филиппа Орлика., Г. Николаев

Резюме. Современная медицина широко использует искусственные материалы для замены поврежденных тканей и органов. Биоразлагаемые имплантаты должны постепенно замещаться живой тканью и функционировать в течение заданного периода времени, а также не иметь негативного влияния на окружающие ткани и организм в целом. Практический и научный интерес представляют клинические исследования биохимических показателей, характеризующих интенсивность воспалительных реакций после выполнения БИОС с использованием биodeградируемых имплантатов.



Цель исследования: обоснование применения имплантатов, изготовленных из биоразлагаемого магниевого сплава МС-10 в динамическом БИОС при диафизарных переломах большеберцовой кости. **Материалы и методы:** исследование выполнено на 34 пациентах с диафизарными переломами большеберцовой кости, которые подлежали хирургическому лечению (БИОС). В качестве фиксатора использовались канюлированные интрамедуллярные титановые стержни. После закрытой репозиции выполнялся БИОС большеберцовой кости. Для блокировки стержня 16 пациентам в статическое (круглое) отверстие вводился винт, изготовленный из магниевого сплава МС-10. У 18 пациентов в статический отверстие вводился винт из титана. Забор крови для исследований в обеих группах осуществляли до и после операции, через 2 и 4 недели, 2 и 4 месяцев после операции. В ходе биохимических исследований в плазме крови определяли концентрации фибриноген-мономерных комплексов (β -нафтоловый тест). **Результаты.** Проведенное исследование активности АсАТ и АлАТ определило меньшую её активность (на 19 и 29%) у больных после применения биодеградируемых винтов по сравнению с группой больных, где для БИОС применялись биоинертные винты. Аналогичная ситуация наблюдалась и при исследовании СОЭ, содержания фибриногена В и общего билирубина в крови больных обеих групп. **Выводы.** Проведенное исследование убедительно доказывает возможность применения биоразлагаемых материалов (магний-сплав МС-10) для изготовления имплантатов для БИОС переломов длинных костей.

Ключевые слова: биодеградация, магний-сплав, воспаление, блокирующий интрамедуллярный остеосинтез.

Відомості про авторів:

Яцун Євген Володимирович, завідувач ортопедо-травматологічним відділенням з ліжками політравми КНП "МКЛЕ та ШМД» Запорізької обласної Ради", вул. Перемоги 80, м. Запоріжжя, 69035. ORCID: 0000-0001-5467-9301.

Прозорова Галина Олександрівна, кандидат біологічних наук, доцент кафедри фармації Міжнародного класичного університету імені Пилипа Орлика, вул. Котельна, 2, м. Миколаїв, 54003

Чорний Вадим Миколайович, доктор медичних наук, доцент кафедри травматології та ортопедії Запорізького державного медичного університету, пр. Маяковського, 26, м. Запоріжжя, 69035

Івченко Дмитро Валерійович, доктор медичних наук, професор кафедри травматології та ортопедії ЗГМУ, директор КНП "МКЛЕ та ШМД» Запорізької обласної Ради", вул. Перемоги 80, м. Запоріжжя, 69035.

Головаха Максим Леонідович, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри травматології та ортопедії Запорізького державного медичного університету, пр. Маяковського, 26, м. Запоріжжя, 69035.

Information about the authors:

Yatsun Yevhen Volodymyrovych, Head of the Orthopedic and Traumatology Department with Polytrauma Beds of the Zaporizhzhya Regional Council, 80 Peremohy Street, Zaporizhia, 69035. ORCID: 0000-0001-5467-9301.

Prozorova Halyna Oleksandrivna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Pharmacy department of Pylyp Orlyk International Classical University, 2 Kotelna Street, Mykolayiv, 54003

Chorni Vadym Mykolayovych, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Traumatology and orthopedics department, Zaporizhzhia State Medical University, 26 Mayakovsky Ave., Zaporizhzhia, 69035

Ivchenko Dmytro Valeriyovych, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of ZSMU, Director of KNP "MKLE and SHMD" of Zaporizhzhia Regional Council, 80 Peremohy Street, Zaporizhzhia, 69035.

Golovakha Maksym Leonidovych, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Zaporizhzhia State Medical University, 26 Mayakovsky Ave., Zaporizhzhia, 69035.

Сведения об авторах:

Яцун Евгений Владимирович, заведующий ортопедо-травматологическим отделением с койками политравмы КНП "МКЛЕ и СМП» Запорожского областного совета", ул. Победы 80, г. Запорожье, 69035. ORCID: 0000-0001-5467-9301.

Прозорова Галина Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры фармации Международного классического университета имени Пилипа Орлика, ул. Котельная 2, г. Николаев, 54003

Чорный Вадим Николаевич, доктор медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии Запорожского государственного медицинского университета, пр. Маяковского, 26, г. Запорожье, 69035

Ивченко Дмитрий Валерьевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии ЗГМУ, директор КНП "МКЛЕ и СМП» Запорожского областного совета", ул. Победы 80, г. Запорожье, 69035

Головаха Максим Леонидович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Запорожского государственного медицинского университета, пр. Маяковского, 26, г. Запорожье, 69035.

Для кореспонденції: Яцун Євген Володимирович - завідувач ортопедо-травматологічним відділенням з ліжками політравми КНП "МКЛЕ та ШМД» Запорізької обласної Ради", м. Запоріжжя. 69035, вул Перемоги 80.

Тел. +380676137135. E-mail: yacun2017@gmail.com.

For correspondence: Yatsun Yevhen Volodymyrovych - Head of the Orthopedic and Traumatology Department with Polytrauma Beds of the Zaporizhzhia Regional Council, Zaporizhzhia Regional Medical Center. 69035, 80 Peremohy Street.

Tel. +380676137135. E-mail: yacun2017@gmail.com.

Для кореспонденции: Яцун Евгений Владимирович - заведующий ортопедо-травматологическим отделением с койками политравмы КНП "МКЛЕ и СМП» Запорожского областного совета", г. Запорожье. 69035, ул. Победы 80.

Тел. +380676137135. E-mail: yacun2017@gmail.com.