

## WSTĘPNA OCENA MIESZANINY BIOCERAMIKI NOWEJ GENERACJI Z ALLOGENNYMI PRZESZCZEPAMI KOSTNYMI W BADANIACH RADIOLOGICZNYCH, DENSYTOMETRYCZNYCH I WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH. BADANIA IN VIVO

NIEDZIELSKI K., \*\*, KOKTYSZ R., \*\*\* WOŹNIAK J., \*\*\*\*  
MAZURKIEWICZ M., \*\*\*\*\* CHOLEWA-KOWALSKA K., \*\*\*\*\*  
ŁĄCZKA M., \*\*\*\*\* DOMŻALSKI M., \*\*\*\*\*

\* KLINIKA ORTOPEDII I TRAUMATOLOGII INSTYTUTU „CZMP” W  
ŁÓDZI  
\*\* ZAKŁAD ORTOPEDII I TRAUMATOLOGII DZIECIĘCEJ I KATEDRY  
ORTOPEDII I TRAUMATOLOGII UM W ŁÓDZI  
\*\*\*CENTRALNY SZPITAL KLINICZNY MON WIM. ZAKŁAD PATO-  
MORFOLOGII WARSZAWA  
\*\*\*\*SZPITAL MIEJSKI IM KAROLA JONSCHERA. ODDZIAŁ ORTOPEDII,  
ŁÓDŹ  
\*\*\*\*\*KATEDRA MECHANIKI DOŚWIADCZALNEJ I BIOMECHANIKI POLI-  
TECHNIKI KRAKOWSKIEJ  
\*\*\*\*\*AGH, KATEDRA TECHNOLOGII SZKŁA I POWŁOK AMORFICZ-  
NYCH, KRAKÓW  
\*\*\*\*\* KLINIKA ORTOPEDII I ORTOPEDII DZIECIĘCEJ UM W ŁÓDZI

### Streszczenie

*Autorzy w opisywanych badaniach przedstawiają ocenę wyników radiologicznych i biomechanicznych w gąbania się mieszaniny biokomponentów składających się z bioceramiki nowej generacji symbolizowanej jako „S2” wraz z allogennymi przeszczepami kostnymi w proporcjach 1/3, 1/2, 1/3 użytej bioceramiki w stosunku do wiórów kostnych. Badania radiologiczne przeprowadzono w Pracowni Radiologii Stomatologicznej Instytutu Stomatologii Akademii Medycznej w Łodzi, wykorzystując nowoczesną metodę obrazowania w oparciu o „Zestaw Radioigrafii Cyfrowej Digora”. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono w Katedrze Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki Politechniki Krakowskiej na maszynie wytrzymałościowej „Instron” model 4465. Na podstawie wstępnych obserwacji autorzy konkludują, że zastosowana mieszanina biokomponentów jakimi jest bioceramika nowej generacji wraz z użytymi allogennymi przeszczepami kostnymi w różnych proporcjach prowadzi do wygojenia sztucznie wytworzonego ubytku kostnego kości promieniowej królika i potencjalnej przebudowy kości.*

**Słowa kluczowe:** bioceramika nowej generacji, przeszczepy kostne, ubytki kostne, badania doświadczalne, densytometryczne, wytrzymałościowe, radiologiczne, zwierzęta

[Inżynieria Biomateriałów, 58-60,(2006),231-235]

### Wstęp

Zabiegi rekonstrukcyjne ubytków kostnych są jedną z dawniejszych dziedzin transplantologii. Używane do tego celu przeszczepy allogenne pomimo wielu zalet niosą wielkie ryzyko przeniesienia chorób wirusowych zwłaszcza HBV, HCV, HIV. Natomiast przeszczepy autogenne mogą nie wystarczyć do pokrycia ubytku kostnego, a ponadto

## PRELIMINARY EVALUATION OF A NEW GENERATION BIO-CERAMICS BLEND WITH ALLOGENOUS BONE GRAFTS IN RADIOGRAPHIC, DENSITOMETRIC AND STRENGTH TESTS. AN *IN VIVO* STUDY

NIEDZIELSKI K., \*\*, KOKTYSZ R., \*\*\* WOŹNIAK J., \*\*\*\*  
MAZURKIEWICZ M., \*\*\*\*\* CHOLEWA-KOWALSKA K., \*\*\*\*\*  
ŁĄCZKA M., \*\*\*\*\* DOMŻALSKI M., \*\*\*\*\*

\* CLINICS OF ORTHOPAEDICS AND TRAUMATOLOGY OF THE POLISH  
MOTHER MEMORIAL INSTITUTE IN LODZ  
\*\* UNIT OF THE CHILDREN ORTHOPAEDICS AND TRAUMATOLOGY IN  
THE MEDICAL UNIVERSITY IN ŁÓDŹ  
\*\*\*CENTRAL CLINICAL HOSPITAL OF THE MINISTRY OF DEFENCE  
WIM. UNIT OF PATHOMORPHOLOGY, WARSAW  
\*\*\*\*"KAROL JONSCHER" MUNICIPAL HOSPITAL. DEPARTMENT OF  
ORTHOAEDICS, ŁÓDŹ  
\*\*\*\*\*CHAIR OF EXPERIMENTAL MECHANICS AND BIOMECHANICS IN  
THE TECHNICAL UNIVERSITY IN CRACOW  
\*\*\*\*\*UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, CHAIR OF  
GLASS TECHNOLOGY AND AMORPHOUS COATINGS, KRAKOW  
\*\*\*\*\* CLINICS OF ORTHOPAEDICS AND CHILDREN ORTHOPAEDICS  
IN THE MEDICAL UNIVERSITY IN ŁÓDŹ

### Abstract

*In the described study authors present evaluation of radiographic and biomechanic results of healing of a blend of bio-compounds consisting of a new generation bio-ceramics, marked as "S2" with allogenuous bone grafts in proportion of 1/3, 1/2, 2/3 (bio-ceramics / bone chips), into a bone. Radiographic tests have been performed in the Laboratory of Stomatological Radiography in the Institute of Stomatology in the Medical Academy in Łódź, using a modern imaging method based on the „Set of Digital Radiography - Digora”. Strength tests have been performed in the Chair of Experimental Mechanics and Biomechanics in the Technical University in Cracow, using the equipment „Instron” model 4465. Basing on the preliminary observations the authors conclude that the applied blend of biocomponents in form of a new generation bio-ceramics and allogenuous bone grafts used in various ratios, leads to healing of an artificially prepared bone defect of the rabbit radial bone, and to potential reconstruction of bone.*

**Keywords:** new generation bio-ceramics, bone grafts, bone defects, experimental study, densitometric, strength, radiographic, animals.

[Engineering of Biomaterials, 58-60,(2006),231-235]

### Introduction

Reconstruction procedures of bone defects belong to the oldest fields of transplantology. The allogenuous grafts used for this purpose, despite numerous advantages, are connected with a minor risk of transmission of viral diseases, especially of HBV, HCV, and HIV. Autogenous grafts, on the other hand, may be insufficient to fill a bone defect, and moreover, expose a patient to an additional surgical procedure and possibility of additional infection. This is why the authors decided to find out, how would allogenuous bone

narażają pacjenta na dodatkowy zabieg operacyjny i możliwość dodatkowej infekcji. Z tego powodu postanowiono sprawdzić jak zachowuje się wstawianie przeszczepów kostnych allogennych w mieszaninie z ceramiką nowej generacji w różnych proporcjach [1,2,3].

## Material, cele pracy i metody

Założeniem pracy było opracowanie doświadczalnego modelu uzupełniania sztucznie wytworzonego ubytku kostnego kości promieniowej królika mieszaniną przeszczepów kostnych allogennych z biomateriałem nowej generacji symbolizowanym „S2”. Bioceramika nowej generacji została wytworzona w formie granul o składzie chemicznym  $80\text{SiO}_2 \cdot 4\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 16\text{CaO}$  w (molach) o wymiarach granul od  $500\mu\text{m}$  do  $800\mu\text{m}$ . Bioceramikę nowej generacji wyprodukowano w AGH, Katedra Technologii Szkła i Powłok Amorficznych w Krakowie. W badaniach zaplanowano ocenę aktywności biologicznej mieszaniny biokomponentów w oparciu o badania radiologiczne w systemie cyfrowej obróbki obrazu „Digora”, wytrzymałościowe w oparciu o badania tensyometryczne. Porównanie zdolności przebudowy allogennych przeszczepów kostnych królika z grupą badawczą w której zastosowano biomateriał nowej generacji S2 z wymieszanymi wiórkami kostnymi w proporcjach 1/3, 1/2, 2/3 użytego biomateriału w stosunku do przeszczepów kostnych jako mieszaniny implantacyjnej w odniesieniu do zaplanowanych dwóch okresów obserwacji 3 oraz 6 miesięcy po implantacji stosowanych biokomponentów. W pracy analizie poddano wyniki z 6 miesięcznego okresu obserwacji

Badania doświadczalne przeprowadzono w Zwierzętarni Uniwersytetu Medycznego w Łodzi zgodnie z zezwoleniem komisji bioetycznej do badań nad zwierzętami Nr zezwolenia ŁBD 190. Badania przeprowadzono na królikach rasy B-New-Zeland po 6 zwierząt w każdej grupie. Metoda i

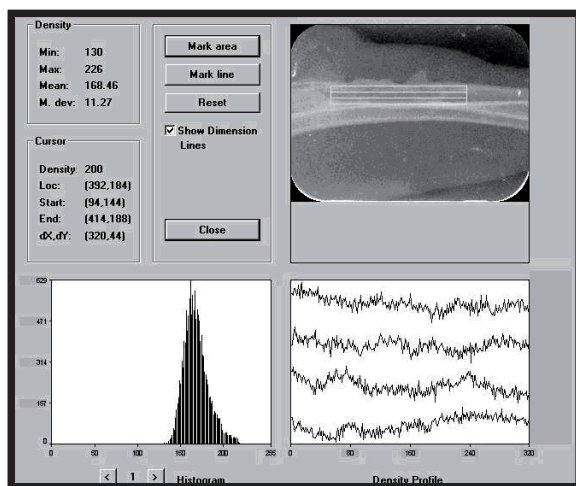
grafts blended with a new generation ceramics in various ratios heal into [1,2,3].

## Material, aims and methods

The assumption of the study was development of an experimental model of filling of an artificially produced bone defect of rabbit radial bone with blend of allogeneous bone grafts with a new generation bio-material marked as „S2”. The new generation bio-ceramics has been produced in form of granules with chemical composition  $80\text{SiO}_2 \cdot 4\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 16\text{CaO}$  (in moles), and granule size ranging from  $500\mu\text{m}$  through  $800\mu\text{m}$ . The new generation bio-ceramics was produced in the University of Science and Technology, in the Chair of Glass Technology and Amorphous Coatings in Krakow. The study included evaluation of biological activity of the bio-component blend basing on radiographic tests in the system of digital image processing „Digora”, and strength tests based on extensometric tests. Reconstruction ability of rabbit allogeneous bone grafts comparing to the study group, in which a new generation bio-material S2 was blended with bone chips in ratios of 1/3, 1/2 and 2/3 (bio-material / bone grafts) was evaluated in 3 and 6 months after the implantation. Results after 6 months of observation are taken into account in this study.

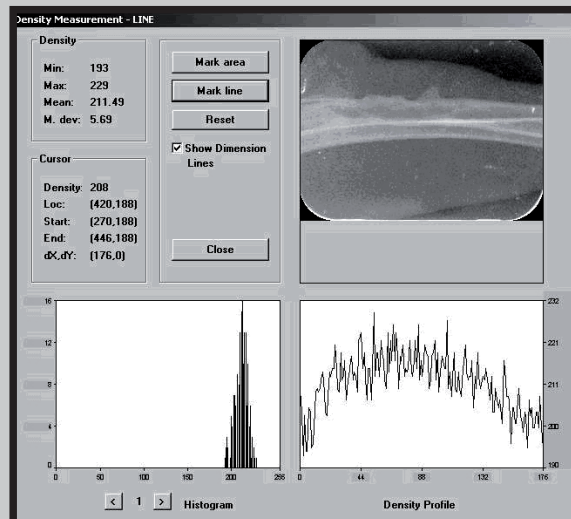
Experimental study was performed in the Animal Laboratory in the Medical University in Łódź, according to the permission obtained from the Commission of Bioethics for tests on animals, permission no. ŁBD 190. The tests were conducted on rabbits of the B-New-Zeland breed, 6 animals in each group. The method and surgical technique have been described in previous reports [4].

Radiographic tests have been performed in standard conditions in the setting of the Stomatological Radiographic Laboratory in the Institute of Stomatology in the Medical



**RYS.1.** Technika obliczania pomiaru optycznej gęstości kości mierzona polem powierzchni w obszarze standaryzowanego ubytku kostnego- z obrazu komputerowego. Fotografia ekranu komputera pokazuje aktywne okno i narzędzia pomiarowe oraz dostępne opcje programu „Digora for Windows 1,51”.

**FIG.1.** Technique of calculation of the bone optical density measured with area in the field of the standardized bone defect – on a computer image. Computer screen shows an active window and measurement tools, and available “Digora for Windows 1.51” software options.



**RYS.2.** Technika obliczania pomiaru optycznej gęstości kości mierzona linią warstwę kości korowej- z obrazu komputerowego. Fotografia ekranu komputera pokazuje aktywne okno i narzędzia pomiarowe oraz dostępne opcje programu „Digora for Windows 1,51”.

**FIG.2.** Technique of bone optical density calculation measured with a line of cortical bone layer – in the computer image. The computer screen shows an active window and measuring tools and available options of the “Digora for Windows 1.51” software.

technika operacyjna została opisana w wcześniejszych doniesieniach [4].

Badania radiologiczne przeprowadzono w standardowych warunkach w Pracowni Radiologii Stomatologicznej Instytutu Stomatologii Akademii Medycznej w Łodzi, wykorzystując nowoczesną metodę obrazowania w oparciu o „Zestaw Radioigrafii Cyfrowej Digora”. Zestaw ten składa się z: aparatu RTG zębowego SATELEC X – MIND, płytek rejestrujących obraz, skanera i współpracującego komputera PC. Obraz radiologiczny rejestrowano na płytkach fosforanowych wielokrotnego użycia. Uzyskiwany obraz cyfrowy poddawano działaniom korekcji programowych ujętych w systemie Rozdzielczość obrazu wynosiła 512 x 460 pixeli przy wielkości zdjęcia 30 x 40 mm [5].

Na RYS.1. przedstawiono technikę obliczania gęstości optycznej mierzonej polem powierzchni pola powierzchni w obszarze standaryzowanego ubytku kości w okresie 6 miesięcy od implantowanego biomateriału. Natomiast na RYS.2. przedstawiono technikę obliczania gęstości optycznej kości zbitnej (warstwy korowej) mierzonej linią.

Badania wytrzymałości kości króliczych na zginanie przeprowadzono w Katedrze Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki Politechniki Krakowskiej na maszynie wytrzymałościowej „Instron” model 4465. Kość podpierano na podporach o rozstawie 50 mm i obciążano ją z prędkością 200 mm/min, w kierunku jej naturalnego ugięcia. Badania przeprowadzono w pomieszczeniu o temperaturze 21°C, i wilgotności 50%. Dane rejestrowano głowicą pomiarową siły z zakresem do 5000 N i dokładnością do 0,1 N.[ 6,7]

W badaniach zastosowano model z podparciem dwupunktowym i obciążonym siłą skupioną w środku pomiędzy podporami określając następujące funkcje:

D/Y - ugięcie kości przy maksymalnej sile w [mm],

L/Y - maksymalna siła w badanej próbce w [kN],

E/Y - energia potrzebna do uzyskania maksymalnej siły w [J],

E - energia zużyta do złamania kości w [J],

S -(Slope) funkcja określająca, jak dużą siłę należy przyłożyć do kości aby jej ugięcie wynosiło 1 mm w [N/mm].

Wyniki

W ocenie radiologicznej po 6 miesiącach obserwacji uzyskano podobne obserwacje we wszystkich grupach badawczych z minimalnymi różnicami. Przebudowa kostna w grupie przeszczepów kostnych jest niejednorodna przebiega chaotycznie obserwuje się zjawiska resorpcji przeszczepu bez odbudowy łoża kostnej. Natomiast we wszystkich grupach gdzie stosowano mieszaninę biomateriału z przeszczepami kostnymi z zastosowaną w różnych proporcjach składu mieszanki stwierdzono, że odbudowa jest bardziej harmonijna. Nie stwierdzono istotnych różnic z przewagą dla którejkolwiek grupy badawczej w odbudowie kostnej sztucznie wytworzonego ubytku kostnego. W tych grupach również stwierdzono obecność resorpcji zastosowanego implantu mieszaniny ale jest ona niepełna przeciwnie jak w grupie z przeszczepami kostnymi.

Jedną z nowocześniejszych technik obrazowych oceny radiogramów i określenia przebudowy kostnej są badania denzytometryczne. W przedstawianych badaniach posłużono się jednym z systemów cyfrowego pomiaru gęstości kości „Digora”.

Analizę badań optycznego pomiaru gęstości kości zaplanowano wykonując pomiar liniowy warstwy korowej kości nieoperowanej w stosunku do pomiaru polem powierzchni obszaru z łoża kostnej wypełnionej w różnych proporcjach mieszaniną biomateriału z allogennymi przeszczepami kostnymi. Na podstawie analizy statystycznej nie zaobserwowano pomiędzy grupami badawczymi istotnych różnic statystycznych wg testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa przy  $p=0.81$  dla grup gdzie stosowano implant kości allogennej i

Academy in Łódź, using a modern imaging method based on the “Set of Digital Radiography - Digora”. The set consists of: a stomatological X-ray apparatus SATELEC X – MIND, image registration plates, scanner and a PC computer. Radiographic images were registered on multiply-use phosphate plates. The obtained digital images were corrected by the system operating software. Resolution of images was 512 x 460 pixels, with image size 30 x 40 mm [5].

FIG.1 presents optical density calculation technique measured with area of the standardised bone defect after 6 months from the bio-material implantation. And the FIG.2 presents technique of optical density calculation of a compact bone (cortical bone) measured with a line.

Rabbit bone flexural strength tests have been performed in the Chair of Experimental Mechanics and Biomechanics in the Technical University in Krakow using the testing equipment „Instron” model 4465. A bone was supported on supports with spacing on 50 mm and load was applied with rate of 200 mm/min, in the direction of the bone natural compression. The tests have been performed in a room with temperature of 21°C, and relative humidity of 50%. Data have been registered with a 5000 N capacity measuring head and accuracy of up to 0.1 N.[ 6,7]

The study utilised a model with double point of support and loaded with a force focused in the middle, between the supports, determining the following functions:

D/Y – bone compression with maximal force [mm],

L/Y – maximal force in the study sample [kN],

E/Y – energy required to obtain the maximal force [J],

E - energy used for bone breaking [J],

S -(Slope) a function defining, what force has to be applied to obtain a bone compression of 1 mm [N/mm].

Results

Radiographic evaluation after 6 months of follow-up brought similar observations in all study groups, with minimal differences. Bone reconstruction in the group of bone grafts is not uniform, chaotic and there are phenomena of the graft resorption observed without reconstruction of a bone site. However, in all groups where a blend of bio-material with bone grafts was used with various ratios it was found that reconstruction is more harmonious. No significant differences were found that would indicate advantage of one study group in bone reconstruction of an artificially produced bone defect. In those groups also presence of resorption of the blend used for the implant was found, but it is not complete, contrary to the group with bone grafts.

One of the most modern imaging techniques used for evaluation of radiographs and determination of bone reconstruction is densitometry. In this study one of the systems of digital bone density measurement – “Digora”, was used.

Analysis of bone density optical measurement was planned performing a linear measurement of not treated cortical bone layer comparing to the measurement of the area of a bone site filled with the blend of biomaterial with allogeneous bone grafts in various ratios. No significant statistical differences were observed basing on the statistical analysis according to the ANOVA tests, Kruskal-Wallis rang, with  $p=0.81$  for groups in which implant with allogeneous bone and blend of bio-material with allogeneous bone were used; and  $p=0.44$  for the group where measurement of the cortical layer of intact (not operated) bone was performed. However, very significant features for bone reconstruction were found taking into account analysis of arithmetic means of optical densities for individual groups of implants in comparison to the cortical layer. In the group with blend of bone grafts with bio-ceramics in 1/2 ratio, and in the group with 2/3 of bio-ceramics and 1/3 of bone grafts approximately 15% lower optical density was found comparing to the optical density of cortical layer of the intact bone. An in the group,

Grupa badawcza Study group	Średnia Mean	Mediana Median	Min	Max	SD
K50%	163	163	150	179	8.28
KP	151	171	74	184	39.9
K70%	163	183	123	191	32.5
K30%	160	160	146	181	12.9

ANOVA [df 27] F 0.32 p=0.81  
 K50% - mieszanina w proporcji po " przeszczepów kostnych jak i biomateriału  
 blend in ratio of 50/50 bone grafts to bio-material  
 KP – przeszczepy kostne allogenne  
 allogeneous bone grafts  
 K70% - mieszanina w proporcji 2/3 biomateriału i 1/3 przeszczepów kostnych  
 blend of 2/3 of bio-material and 1/3 of bone grafts  
 K30% - mieszanina w proporcji 1/3 biomateriału i 2/3 przeszczepów kostnych  
 blend of 1/3 of bio-material and 2/3 of bone grafts

**TABELA 1. Wartości gęstości optycznej mierzonej polem powierzchni implantu w analizowanych grupach pomiarowych.**  
**TABLE 1. Optical density values measured with area of the implant in the analysed study groups.**

mieszaniny biomateriału z kością allogenną; i  $p=0.44$  ocenianą dla grupy gdzie stosowano pomiar warstwy korowej kości nienaruszonej (nieoperowanej). Natomiast biorąc pod uwagę analizę średnich arytmetycznych gęstości optycznej z poszczególnych grup implantów w porównaniu do warstwy korowej stwierdzono bardzo istotne cechy dla odbudowy/przebudowy kości. W grupie z mieszaniną przeszczepów kostnych i bioceramiki w stosunku 1/2 oraz w grupie symbolizowanej jako 2/3 bioceramiki do 1/3 przeszczepów kostnych stwierdzono tylko o ok. 15% mniejszą gęstość optyczną w stosunku do gęstości optycznej warstwy korowej kości nienaruszonej. Natomiast w grupie gdzie zastosowano tylko przeszczepy kostne oraz mieszaninę 1/3 bioceramiki i 2/3 przeszczepów kostnych wartość ta była mniejsza o ok. 25%. Wyniki badań densytometrycznych dla poszczególnych grup wraz z podstawowymi statystykami przedstawiono w TABELACH 1 i 2.

W przeprowadzonych badaniach wytrzymałościowych analiza statystyczna wykazała, że znamienne statystycznie tylko są dwie funkcje (L/Y) - maksymalna siła w badanej próbie oraz funkcja (Slope) określająca jak dużą siłę należy przyłożyć do kości aby jej ugięcie wynosiło 1 mm w [N/mm]. W porównaniu do przeprowadzonych wcześniejszych badań doświadczalnych ta funkcja jest prawdopodobnie najbardziej przydatną do analizy doświadczalnych badań wytrzymałościowych na zwierzętach w modelu z dwupunktowym podparciem [6, 7].

Na podstawie analizy statystycznej dla funkcji (Slope) przeprowadzonej testem ANOVA rang wg Kruskala-Wallisa stwierdzono statystycznie znamienne różnice pomiędzy kością z wytworzonym ubytkiem kostnym bez implantacji, w porównaniu do wszczepów mieszaniny biomateriału z przeszczepami kostnymi jak i samymi przeszczepami kostnymi  $p=0.001$ . Na podstawie analizy średnich arytmetycznych stwierdzono przyrost parametru Slope dla wszystkich grup badawczych w porównaniu do grupy z ubytkiem kostnym. Z przeprowadzonych badań wytrzymałościowych analiza statystyczna średnich arytmetycznych wykazała, że w przypadku tego parametru określającego jak dużą siłę w [N/mm] należy przyłożyć do kości aby jej ugięcie wynosiło 1 mm jest prawie 2,8 razy większa w grupach kości z implantami w stosunku do grupy kości z wytworzonym tylko ubytkiem kostnym. Pośrednio świadczy to o przebudowie implantu kostnego (mieszaniny kostnej z biomateriałem) i zwiększe-

Grupa badawcza Study group	Średnia Mean	Mediana Median	Min	Max	SD
K50%	163	163	150	179	8.28
KP	151	171	74	184	39.9
K70%	163	183	123	191	32.5
K30%	160	160	146	181	12.9

ANOVA [df 27] F 0.32 p=0.81  
 K50% - mieszanina w proporcji po " przeszczepów kostnych jak i biomateriału  
 blend in ratio of 50/50 bone grafts to bio-material  
 KP – przeszczepy kostne allogenne  
 allogeneous bone grafts  
 K70% - mieszanina w proporcji 2/3 biomateriału i 1/3 przeszczepów kostnych  
 blend of 2/3 of bio-material and 1/3 of bone grafts  
 K30% - mieszanina w proporcji 1/3 biomateriału i 2/3 przeszczepów kostnych  
 blend of 1/3 of bio-material and 2/3 of bone grafts

**TABELA 2. Wartości gęstości optycznej korówkowej mierzonej pomiarem liniowym w analizowanych grupach pomiarów.**  
**TABLE 2. Cortical optical density values measured with linear measurement in the analysed groups of measurements.**

where only bone grafts and the blend of 1/3 bio-ceramics with 2/3 bone grafts were used, this value was app. 25% lower. Results of densitometric tests for individual groups, along with the basic statistical analysis are presented in TABLES 1 and 2.

In the performed strength tests the statistical analysis showed that just two functions are statistically significant: (L/Y) – maximal force in the study sample, and the (Slope) function defining the force to be applied to the bone to obtain a 1 mm compression [N/mm]. Comparing to the previous experimental studies, this function is probably the most useful for analysis of experimental strength tests on animals, utilising a model with double-point support [6, 7]. Basing on the statistical analysis for the (Slope) function performed with the ANOVA test with Kruskal-Wallis rang, statistically significant differences were found between a bone with produced bone defect and without implantation, comparing to the implants of biomaterial blend with bone grafts and the bone grafts alone,  $p=0.001$ . Basing on the

Grupa badawcza Study group	Średnia Mean	Mediana Median	Min	Max	SD
K50/50	206	211	147	243	32.8
KP	198	210	139	257	48.3
K70	209	234	95	269	66.8
K30	209	226	130	271	52.5
Defect	74.6	78.6	51.7	83	11.6

ANOVA [df 27] F 9,92 p=0.001  
 K50% - mieszanina w proporcji po " przeszczepów kostnych jak i biomateriału  
 blend in ratio of 50/50 bone grafts to bio-material  
 KP – przeszczepy kostne allogenne  
 allogeneous bone grafts  
 K70% - mieszanina w proporcji 2/3 biomateriału i 1/3 przeszczepów kostnych  
 blend of 2/3 of bio-material and 1/3 of bone grafts  
 K30% - mieszanina w proporcji 1/3 biomateriału i 2/3 przeszczepów kostnych  
 blend of 1/3 of bio-material and 2/3 of bone grafts  
 Ubytek - kość z wytworzonym ubytkiem kostnym bez implantowanych przeszczepów kostnych jak mieszaniny przeszczepów kostnych z biomateriałem  
 Defect – bone with a produced bone defect, without implanted bone grafts nor blend of bone grafts with a bio-material

**TABELA 3. Wartości zmiennej SLOPE w zależności od grup badawczych.**  
**TABLE 3. SLOPE variable values depending on the study group.**

niu odporności na zniszczenie kości.

## Podsumowanie

Przedstawiane badania są nowatorskie, w napotkanej literaturze nie znaleziono podobnych badań doświadczalnych zarówno ocenie radiologicznej i biomechanicznej a przede wszystkim zastosowania mieszaniny biokomponentów jakim jest bioceramika nowej generacji wraz z allogennymi przeszczepami kostnymi.

Przedstawiane badania oraz wstępna ocena demonstrowanych wyników radiologicznych, densytometrycznych i biomechanicznych z okresu 6 miesięcznej obserwacji nie upoważniają nas do wyciągania ostatecznych wniosków. Badanie wymagają między innymi weryfikacji histopatologicznej, która jest w toku.

Natomiast można wstępnie konkludować, że zastosowana mieszanina biokomponentów jakimi jest bioceramika nowej generacji wraz z użytymi allogennymi przeszczepami kostnymi w różnych proporcjach prowadzi do wygojenia sztucznie wytworzonego ubytku kostnego kości promieniowej królika i potencjalnej przebudowy kości.

analysis of arithmetic means, increase of the Slope parameter was found for all study groups, comparing to the group with bone defect. In the performed strength tests, the statistical analysis of arithmetic means showed that in case of this parameter defining what force, expressed in [N/mm] should be applied to the bone to achieve 1 mm compression, the force is almost 2.8-times larger in the groups of bones with implants comparing to the group of bones with bone defect produced. Indirectly the fact testifies for reconstruction of the bone implant (blend of bone with bio-material) and increased resistance to bone destruction.

## Conclusion

The presented study is innovative. There are no similar experimental studies involving radiographic and biomechanical evaluation available in literature, and – what most important – there are nor previous studies on using the blend of bio-components in form of a new generation bio-ceramics with allogeneous bone grafts.

The presented study and a preliminary evaluation of the presented radiographic, densitometric and biomechanical tests obtained after 6 months of follow-up do not authorise us to draw any final conclusions. The results have to be, among others, confirmed with histopathological methods, and those studies are under way.

We can, however, draw a preliminary conclusion that the applied blend of bio-components in form of the new generation bio-ceramics with allogeneous bone grafts in various ratios leads to healing of an artificially produced bone defect of the rabbit radial bone and to potential bone reconstruction.

## Piśmiennictwo

- [1] Glancy G. L., Brugioni R. E., Eilert R. E., Chang F. M.: Autograft versus allograft for benign lesions in children. Clin. Orthop. Rel. Res. 1991; 262: 28 – 33.
- [2] Laurie S. W., Kaban L. B., Mulliken J. B., Murray J. E. Donor - site morbidity after harvesting rib and iliac bone. Plast. Reconstr. Surg. 1984; 73: 933 – 938.
- [3] Schwartz Z., Somers A., Mellonig J. T., Chapa J., Luna M., Carnes J. R. D. L., Cochran D. L., Dean D. D., Boyan B. D.: Ability of commercial demineralized bone allograft to induce bone formation is donor age – dependent but not gender – dependent. Trans. Orthop. Res. Soc. 1997; 22: 230.
- [4] Niedzielski Krysipin.: Właściwości biologiczne i przydatność bioceramiki nowej generacji Sz2 w zabiegach rekonstrukcyjnych kości. Badania doświadczalne. Rozprawa habilitacyjna. UM w Łodzi 2004. ISBN 83-88940-81-3.

## References

- [5] Niedzielski K., Wilamski M., Synder M.: Bioceramika pochodzenia żelowego jako substytut kości (badania in vivo) – doniesienie wstępne. Część I. Badania histopatologiczne i radiologiczne. Chir. Narz. Ruchu i Ortop. Pol. 2002; 67 (4): 385 – 394.
- [6] Niedzielski K., Synder M., Mazurkiewicz S., Łączka M., Cholewa-Kowalska K., Koktysz R.: Badania biomechaniczne nowej generacji ceramiki Sz2 jako materiałów kośćcozastępczych stosowanych w wypełnieniu ubytków kostnych wytworzonych doświadczalnie. Inżynieria Biomateriałów 2003; (28): 3 - 8.
- [7] Niedzielski K., Synder M., Mazurkiewicz M.: The strenght test analysis of bone filed with new generation bioceramics S2. SICOT/ SIROT 2002 XXII World Congress – San-Diego, CA, USA – 23 - 30 Sierpnia 2002: 11.
- [8] Krysipin Niedzielski.: Właściwości biologiczne i przydatność bioceramiki nowej generacji Sz2 w zabiegach rekonstrukcyjnych kości. Badania doświadczalne. Rozprawa habilitacyjna. Uniwersytet Medyczny w Łodzi 2004.