

EKSPERYMENTALNE BADANIA GWOŹDZI ŚRÓDSZPIKOWYCH RYGLOWANYCH

J. MARCINIAK*, R. BĘDZIŃSKI**,
L. J. JANKOWSKI**, W. CHRZANOWSKI*

*CENTRUM INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ,
UL. AKADEMICKA 2A, 44-100 GLIWICE

**POLITECHNIKA WROCLAWSKA, UL. ŁUKASIEWICZA 7/9, 50-371
WROCLAW

Wstęp

W grupie metod leczenia złamań i zaburzeń zrostu kości długich obok zespolenia płytkowych najczęściej stosowana jest osteosynteza śródspiżkowa. Z biomechanicznego punktu widzenia [1] gwoździowanie śródspiżkowe wykazuje wiele zalet [2]. Popularność gwoździowania śródspiżkowego ryglowanego wynika z faktu dużego obszaru jego stosowania oraz pozytywnych wyników leczenia [2].

Dominującą rolę w procesach naprawczych tkanki kostnej spełniają mikroruchy w szczelinie złamania. Odpowiednio dobrana podatność zespolenia zapewnia występowanie względnych, niewielkich ruchów odłamów. Przemieszczenia w kierunku poosiowym nie powinny przekroczyć wartości 0,8 mm [3], natomiast w kierunku poprzecznym powinny być bliskie zera, aby nie doprowadzić do ścinania tworzącego się regeneratu kostnego. Gwoździe śródspiżkowe, ze względu na umiejscowienie dokładnie w anatomicznej osi kości oraz dobre osadzenie w jamie szpiżkowej, zapewniają występowanie mikroruchów w szczelinie złamania, sprzyjając tym samym procesom naprawczym.

W pracy przedstawiono analizę wpływu sposobu ryglowania na wartość przemieszczeń odłamów kostnych oraz elementów systemu gwoździowania.

Metodyka badań

Badania prowadzono na modelach kości udowej firmy Sawbone o własnościach mechanicznych: $E=18600$ MPa, $\nu=0.3$ [4]. W pierwszym etapie analizie poddano sam model kości. Następnie model został przecięty, co symulowało złamanie, a do kanału szpiżkowego wprowadzono gwóźdź śródspiżkowy produkcji B.H.H. Mikromed o wymiarach 360x11. Badaniom poddano modele o zróżnicowanym sposobie ryglowania - RYS. 1. Dodatkowo, na końcach śrub ryglujących umieszczono znaczniki w postaci tarcz, w celu wyznaczenia przemieszczeń śrub ryglujących w układzie kość-gwóźdź.

W celu przeprowadzenia badań eksperymentalnych na fizycznym modelu kości zbudowano stanowisko badawcze, które umożliwiło realizację obciążenia modelu trzema grupami sił (wypadkowa na główce R, reakcja sił mięśniowych gluteusów M, pasmo biodrowo piszczelowe T) - RYS. 2, 3. Wartości przemieszczeń układu kość-udowa-gwóźdź śródspiżkowy mierzono metodą fotografii plamkowej. Stosując technikę dwuekspozycyjną, rejestrowano obrazy plamkowe, powstałe w wyniku oświetlenia dyfuzyjnej powierzchni badanego obiektu, przed i po jej przemieszczeniu (wywołanym obciążeniem). Uzyskane w ten sposób plamkogramy poddano analizie punktowej oraz polowej. Pomiary prze-

EKSPERIMENTAL INVESTIGATION ON INTRAMEDULLARY NAIL

J. MARCINIAK*, R. BĘDZIŃSKI**,
L. J. JANKOWSKI**, W. CHRZANOWSKI*

*SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, BIOMEDICAL ENGINEERING
CENTRE, UL. AKADEMICKA 2A, 44-100 GLIWICE

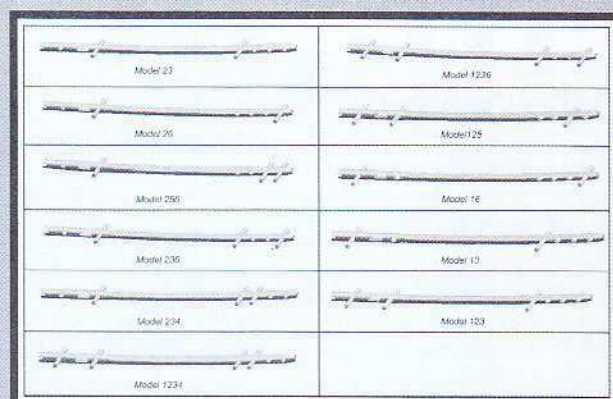
**WROCLAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, UL. ŁUKASIEWICZA 7/9,
50-371 WROCLAW

Introduction

In the treatment methods of a bone fracture and trouble in union of fractured bone besides of a plate fixation, an intramedullary nailing is the most often used. From the biomechanical point of view intramedullary locked nailing has a lot of advantages [1,2]. The popularity of the nailing comes from the wide range of using it and positive results of the treatment [2].

A dominant role in the healing process of fractured bone has micromovements in the fracture gap. Adequately matched elasticity of the implant ensures relative, small movements of the bone fragments. The displacement in the axial direction should not be higher than 0,8 mm [3], whereas in the transverse direction should be close to zero, not to cut down forming new osseous tissue. Placing intramedullary nail exactly in the anatomical axis of the bone ensures micromovements' occurrence that favors repair processes in the fractured bone.

The paper presents the analysis of the influence of the locking way on the displacement value of the bone fragments and the nail system.

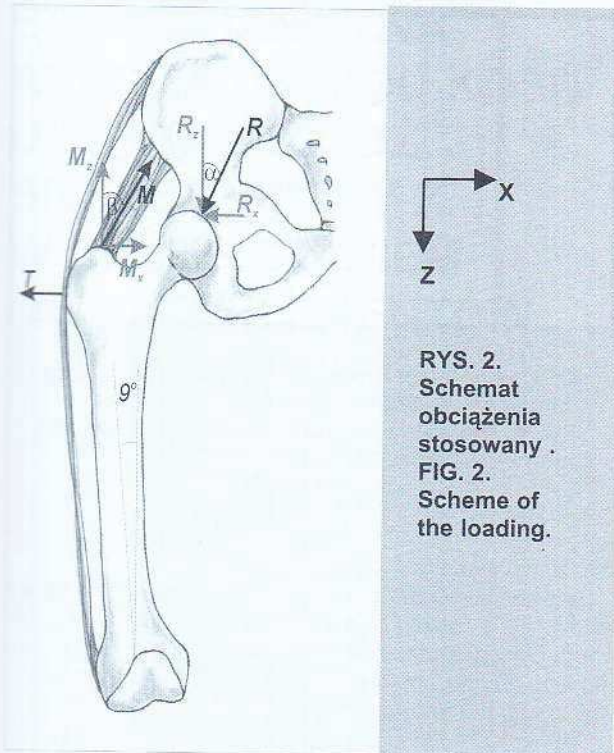


RYS. 1. Schematy ryglowania badane doświadczalnie.

FIG. 1. Analysed locking version.

Methods

The investigations were carried out on the Sawbone's femoral bone that has following properties: $E=18600$ MPa, $\nu=0,3$ [4]. In the first stage the bone model was analyzed. Then the bone was cut that simulated the fracture. The nail 360x11 produced by B.H.H. Mikromed was put into the



RYS. 2.
Schemat
obciążenia
stosowany .
FIG. 2.
Scheme of
the loading.

prowadzono przy obciążeniu wstępnym $G=200$ N), stosując przyrost obciążenia między ekspozycjami wynoszący 20 N.

Wyniki badań

W wyniku przeprowadzonych badań wyznaczono wielkości przemieszczeń układu kość udowa-gwóźdź śródszpikowy w kierunkach osiowym (Z) oraz poprzecznym do kości (X).

Wyniki pomiarów przemieszczeń dla różnych sposobów ryglowania zestawiono w TABELI 1.

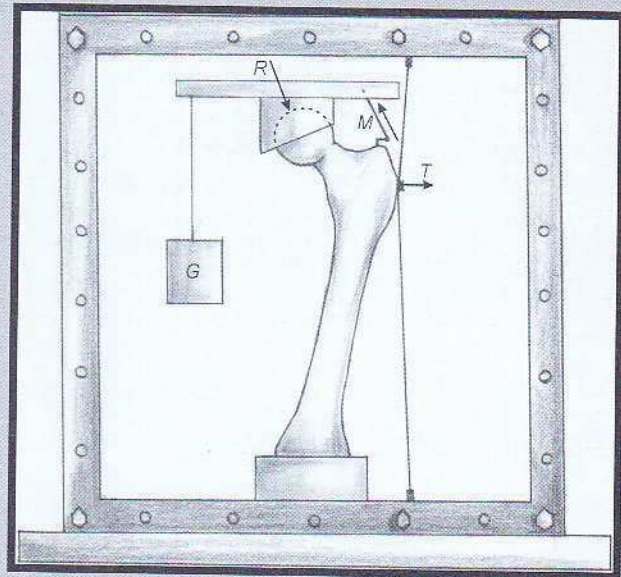
Z przeprowadzonych analiz wynika, że dla poszczególnych par układów ryglowania 23-123, 234-1234, 26-256 przemieszczenia są zbliżone co wskazuje, iż wprowadzenie dodatkowego rygla do odłamu dalszego lub bliższego nie wpływa znacząco na wielkości przemieszczeń.

Dodatkowo stwierdzono, że zwiększenie odległości wprowadzenia rygla od szczeliny złamania wpływa na zmniejszenie przemieszczeń w kierunku poprzecznym. Pomiar przemieszczeń śrub ryglujących wskazuje na ich uginanie się podczas przenoszenia obciążeń, dotyczy to w szczególności śrub znajdujących się w pierwszych zaryglowanych otworach w odłamie bliższym i dalszym.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy można sformułować następujące uogólnienia: sposób ryglowania wpływa na wielkości przemieszczeń odłamów kostnych w układzie kość udowa-gwóźdź śródszpikowy, zwiększenie liczby śrub ryglujących w jednym z odłamów nie wpływa w znaczący sposób na zmniejszenie przemieszczeń w szczelinie złamania, zwiększenie odległości śrub ryglujących od szczeliny złamania zmniejsza przemieszczenia poprzeczne w szczelinie złamania.

Ponadto stwierdzono, że śruby ryglujące znajdują się w złożonym stanie obciążenia wywołanym współpracą z gwóź-



RYS. 3. Schemat stanowiska do badań podczas badań eksperymentalnych.
FIG. 3. Scheme of test stand .

medullary canal. The models with the different locking way were examined - FIG. 1. Additionally, at ends of the locks, markers were placed to identify displacement of the locks. The experimental test on physical model were carried out on the specially constructed test stand. The stand enable to load the model by the three group of force: resultant force on femoral head R, force reaction of gluteus muscle M and tractus iliotibialis reaction T - FIG. 2, 3.

Displacements of the femoral bone-intamedullary nail system were measured with the use of speckle photography. The dual exposure technique was used. The speckle photographs were recorded as a result of illumination of the area before and after displacement generated after loading. Obtained speckegrams were local and polar analyzed. The measurement were initially lead of 200 N and the increment of 20 N was used between the exposures.

Results

Displacements in axial (Z) and transverse (X) direction were measured. Results of the examination were put together in TABLE 1.

The analyses have shown that for particular pair of models: 23-123, 234-1234, 26-256 the displacement of the bone fragments are close in each pair. It can be assumed that the additional lock on the distal or proximal nail's end of the nail has no significant influence strongly on transverse displacements reduction. The measurements of the locks' movements pointed that the locks are bent during the loading. It is referred especially to the locks placed in first locked holes in both ends of the nail.

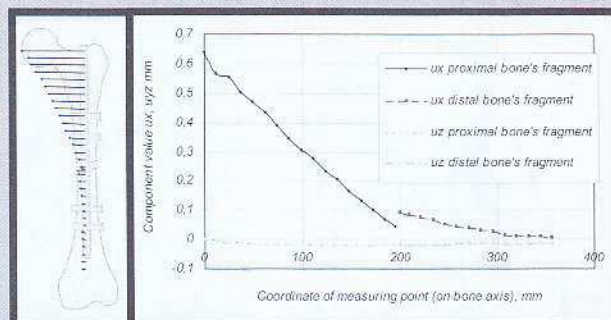
Summary

On the bases of the analysis the following generalization can be formulate: the locking way influents on displacement value of the bone fragments in the femoral bone-intamedullary nail system, the increase of locks number in one of the bone fragments does not impact on the displacement decrease in the fracture gap, the distance extension of the locks from the fracture reduces the transverse dis-

Nazwa modelu Name of model	Maksymalne Przemieszczenie w okolicy kręgarza większego, Max. displacement in the greater trochanter area, [mm]	Przemieszczenie Displacement	
		UX	UZ
Kość	0,3795	-	-
Model 1234	0,6405	0,000367	0,0496
Model 234	0,6308	0,0044	0,048
Model 23	0,3362	0,0089	0,0096
Model 123	0,5999	0,005	0,039
Model 1236	0,3077	0,002	0,0058
Model 236	0,2831	0,0059	0,0063
Model 26	0,3539	0,0104	0,012
Model 256	0,6357	0,0082	0,056
Model 125	0,7165	0,0044	0,057
Model 15	0,6611	0,0053	0,0519

TABELA 1. Wyniki analizy eksperymentalnej.
TABLE 1. Results of experimental analysis.

dziem oraz kością korową. Oddziaływania te wywołują lokalne deformacje wokół rygli (w skali mikro) oraz przemieszczają się wraz z gwoździem (skala makro). Przeprowadzone badania stanowią wstępną analizę wykonaną na jednym modelu kości. Wyniki badań, ze względu na złożoność obiektu pomiarowego oraz systemu obciążającego, wymagają dalszej weryfikacji i przeprowadzenia analiz na kolejnych modelach. Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że zastosowana metodyka pomiaru (z wykorzystaniem metody fotografii plamkowej) jest przydatna w badaniach służących optymalizowaniu sposobu ryglowania gwoździa śródszpikowego, umożliwiając analizę wartości przemieszczeń w układzie kość udowa-gwóźdź śródszpikowy ryglowany.



RYS. 4. Przemieszczenia koci udowej ze złamaniem - wersja ryglowania 12-34.
FIG. 4. The displacement of the fractured femoral bone - locking version 1234.

placement in the gap.

Additionally it was stated that the locks are in complex loading state caused by the lock collaborating with the nail and a cortical bone. This interactions caused local deformations around the locks (micro scale) and locks' movements with the nail (macro scale).

The investigations are a preliminary analysis made on one bone model. Duo to the complexity of the measurement object and loading system a further verification and analysis on new models is needed.

The study allows to stated that the measurement method (with the use of spackle photography) is useful and suitable for optimization investigations of the locking way. It enables to analyze the displacement in the femoral bone- intramedullary nail system.

Piśmiennictwo

References

- [1] Kempf I., Leung K. S.: Practice of Intramedullary Locked Nails. Scientific Basis and Standard Techniques. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2002.
- [2] Gaździk T. S.: Gwoździowanie śródszpikowe. a-medica press, Bielsko Biala 2000.
- [3] Wolf S., Janousek A., Veith W., Haas F., Duda D., Cleas L.: The effects of external mechanical stimulation on the healing of diaphyseal fixed by flexible external fixation. Clinical Biomechanics 1988, 13, ss. 359-364.
- [4] Katalog: Sawbone 2003.