



Mateusz OTTO
MiBM - IMK



Ocena konstrukcji zespołów śródszpikowych w leczeniu złamań kości piszczelowej The design assessment of intramedullary fixation in treatment of tibia fracture

Promotor: dr hab. inż. Anna Maria Ryniewicz, prof. AGH – Katedra Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn

Streszczenie: W pracy przeprowadzono analizę wytrzymałościową zamodelowanych rozwiązań konstrukcyjnych zespołów śródszpikowych z wykorzystaniem MES. Symulację przeprowadzono dla człowieka o masie 70 kg, w trakcie spaceru po płaskim terenie. Dokonano identyfikacji przemieszczeń w gwóźdź śródszpikowy wpływającą na proces osteosyntezy i leczenia złamań kości piszczelowej. W pracy poświęcono też uwagę budowie i funkcjom tkanki kostnej na tle procesu remodelowania oraz osteologii szczegółowej kości goleni na podstawie rekonstrukcji obrazów tomograficznych. Materiałem badania jest zespolenie śródszpikowe firmy Stryker®, które skanowano za pomocą ręcznego ramienia pomiarowego w Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej. Na bazie otrzymanej chmury punktów został opracowany model CAD, który poddano analizie numerycznej. Analizę przeprowadzono dla trzech biomateriałów: stali austenitycznej nierdzewnej 316LVM oraz stopów tytanu Ti6Al4V ELI i Ti6Al7Nb TAN, które są najczęściej stosowane przez największych producentów implantów kostnych. Biomateriały zostały ocenione w aspektach: własności mechanicznych i wytrzymałościowych, odporności na korozję oraz biokompatybilności. Rozkłady przemieszczeń zostały porównane dla trzech systemów ryglowania: dynamiczno-statycznego, statycznego i dynamicznego.

Summary: In the diploma was performed the strength analysis of modelled constructional solutions of intramedullary fixations with the use FEM. Simulation was performed for a man weighting 70 kg, during a walk on a flat terrain. The identification of displacements concentrated in intramedullary nail, influencing the process of osteosynthesis and treatment of tibia fractures. In diploma attention was paid also to the structure and functions of bone tissue against the background of rebuilds processes and detailed osteology of tibia and fibula based on tomographic image reconstructions. The material of analysis is Stryker® intramedullary fixation, which is scanned by absolute arm in Laboratory of Coordinate Metrology on Faculty of Mechanical Engineering at Cracow University of Technology. On the basis of the resulted point cloud, CAD model was created and then subjected to numerical analysis. Analysis was performed for three biomaterials: austenitic stainless steel 316LVM as well as titanium alloys Ti6Al4V ELI and Ti6Al7Nb TAN, which are most frequently used by the largest producers of bone implants. Biomaterials were evaluated in aspects: mechanical properties, resistance to corrosion and biocompatibility. Decompositions of displacements were compared for three locking modes: dynamic-static, static and dynamic.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy jest identyfikacja przemieszczeń w konstrukcji zespolenia śródszpikowego, która ma wpływ na proces zrostu odłamów kostnych. Analiza obejmuje rozwiązanie konstrukcji z trzech różnych biomateriałów: stali nierdzewnej austenitycznej 316LVM oraz dwóch dwufazowych ($\alpha + \beta$) stopów tytanu Ti6Al4V ELI i Ti6Al7Nb TAN. Ocenę wytrzymałościową przeprowadzono z zastosowaniem trzech różnych systemów ryglowania zespolenia śródszpikowego w jamie szpikowej. Sposób ryglowania może wpływać na wartość przemieszczeń w strefie zrostu i modyfikować jego efektywność.

MATERIAŁ BADANIA

Zespolenie śródszpikowe firmy Stryker® o numerze seryjnym 9/345 1822-0934 CE0123 K03EBC9 Śruba blokująca z gwintem na całej długości Stryker® 1896-4035



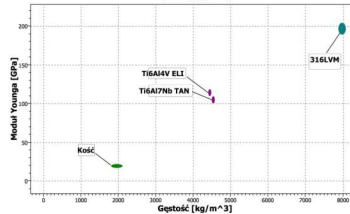
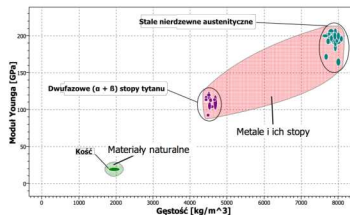
Zaślepka standardowa Stryker® 1822-003

Gwoździe śródszpikowe jak i elementy obok są wykonane ze stopu Ti6Al4V ELI anodowanego typu 2 zgodnie ze standardem SAE AMS 2488.

BIOMATERIAŁY

Zespolenia śródszpikowe stanowią grupę implantów biostatycznych. Ich obecność w organizmie człowieka nie powinna przekraczać 2 lat. Najczęstszymi wykorzystywanymi biomateriałami do produkcji gwóźdźi są metale:

- Żelazne – stale nierdzewne austenityczne,
- niezelazne – dwufazowe ($\alpha + \beta$) stopy tytanu.



Na podstawie przeglądu piśmiennictwa i rozwiązań konstrukcyjnych producentów m.in. Medgal®, Stryker®, DePuy Synthes®, wytwarzających zespolenia śródszpikowe, najczęściej stosowanymi biomateriałami są:

- stal nierdzewna austenityczna 316LVM,
- dwufazowe stopy na podstawie tytanu: - Ti6Al4V ELI,

Z dostępnych katalogów można wybrać także różne kształty i gabaryty gwóźdźi śródszpikowych w zależności od parametrów geometrycznych kanału pacjenta.

Moduł Younga (GPa)	Mechanizmy			Wzrosty mechaniczne w rozciąganiu (MPa)	Ciężar (kg/cm²)
	Współczynniki Poissona	Granica plastyczności	Wytrzymałość		
200	0.293 - 0.275	800	1100	8000	
Stal nierdzewna austenityczna 316LVM					
100	0.31 - 0.37	900	950	4000	
Stop tytanu Ti6Al4V ELI					
110	0.30 - 0.37	900	1000	4500	
Stop tytanu Ti6Al7Nb TAN					

SKANOWANIE I MODELOWANIE

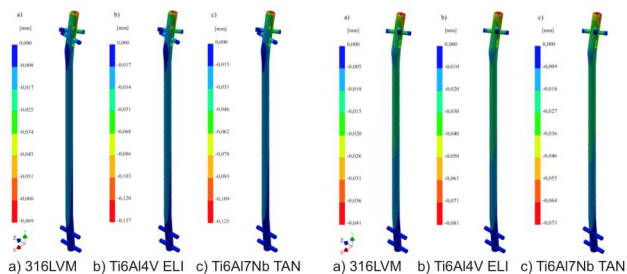


ANALIZA MES

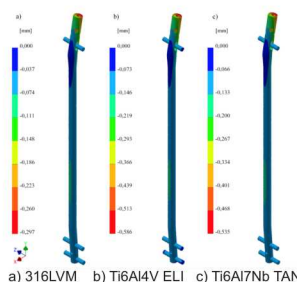
Przemieszczenia Δy dla ryglowania:

Dynamiczno-statycznego

Statycznego



Dynamicznego



Wyniki analizy obejmują przemieszczenia poosiowe Δy zespołów śródszpikowych wpływające na efektywność tworzenia się zrostu oraz horyzontalne Δx i Δz , które wpływają na zakres stosowności odpowiadającego systemu ryglowania. Badanie zostało przeprowadzone dla 3 metod ich blokowania w kanale szpikowym kości piszczelowej:

- dynamiczno-statycznego,
- statycznego,
- dynamicznego,

Identyfikacji przemieszczeń dokonano dla 3 biomateriałów, z których wykonane są gwóźdźi śródszpikowe, śruby oraz zaślepki:

- stali nierdzewnej austenitycznej 316LVM,
- stopów tytanu Ti6Al4V ELI (z którego wykonany jest materiał badania) oraz Ti6Al7Nb TAN.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przemieszczenie/Biomateriał	Δy_{max}	Δx_{max}	Δz_{max}	System ryglowania
316LVM	0.017	0.143	0.009	Dynamiczno-statyczne
Ti6Al4V ELI	0.034	0.288	0.018	
Ti6Al7Nb TAN	0.031	0.258	0.017	
316LVM	0.020	0.079	0.023	Statyczne
Ti6Al4V ELI	0.040	0.160	0.042	
Ti6Al7Nb TAN	0.036	0.146	0.038	
316LVM	0.148	0.795	0.024	Dynamiczne
Ti6Al4V ELI	0.293	1.541	0.068	
Ti6Al7Nb TAN	0.267	1.431	0.048	

Wśród przeanalizowanych systemów ryglowania tylko blokowanie dynamiczne zapewnia osiowe przemieszczenia trzonu zespolenia śródszpikowego, w zakresie efektywnego tworzenia się zrostu (Δy w zakresie od 0,2 mm do 0,6 mm na podstawie danych literaturowych). Powyższe założenie osiągnięte jest wyłącznie dla gwóźdźi wykonanych ze stopów tytanu Ti6Al4V ELI i Ti6Al7Nb TAN. Niestety powyższy system ryglowania wiąże się także z znacznymi przemieszczeniami horyzontalnymi, co skutecznie ogranicza jego wykorzystanie.

Na bazie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że obecnie stosowane biomateriały na zespolenia śródszpikowe: gwóźdźi śródszpikowe, śruby i zaślepki, nie w pełni polepszają skuteczność osteosyntezy, ze względu na niedostatecznie niski moduł Younga