Analýza objemového opotrebenia bedrových implantátov za pomoci optických metód.

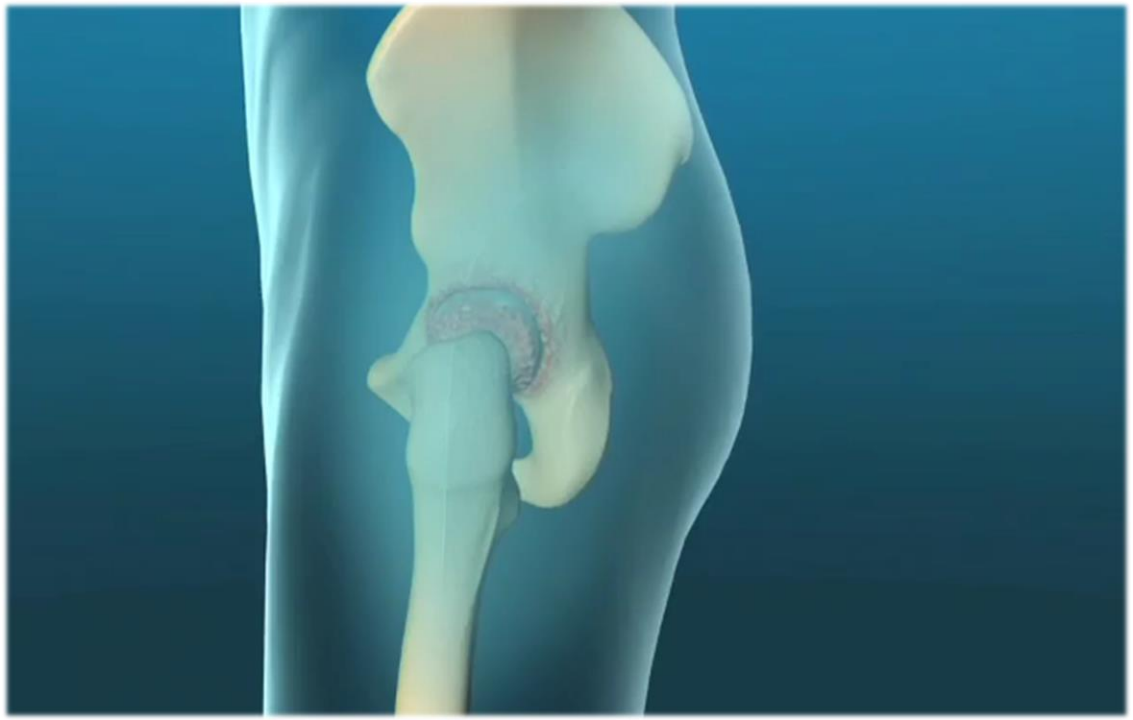
Ing. Matúš Ranuša
doc. Ing. Martin Vrbka, Ph.D.

Pojednanie k štátnej doktorskej skúške
22. február, 2017, FSI VUT v Brně, Česká republika

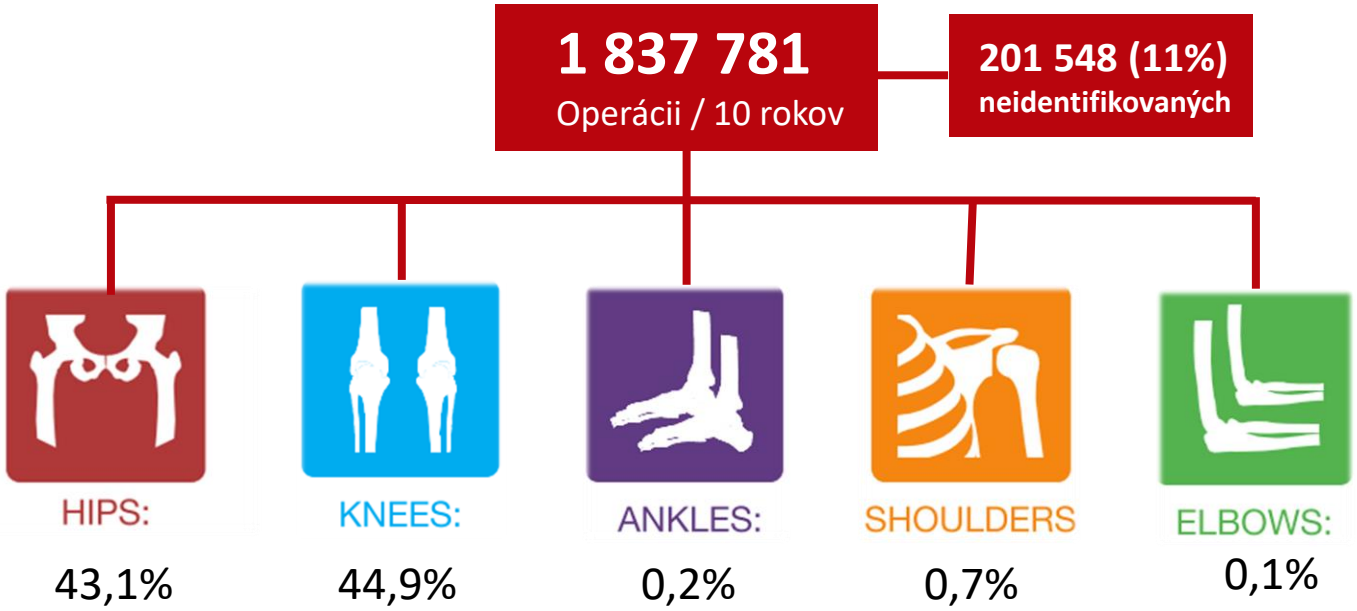
Institute of Machine and Industrial Design

Obsah prezentace

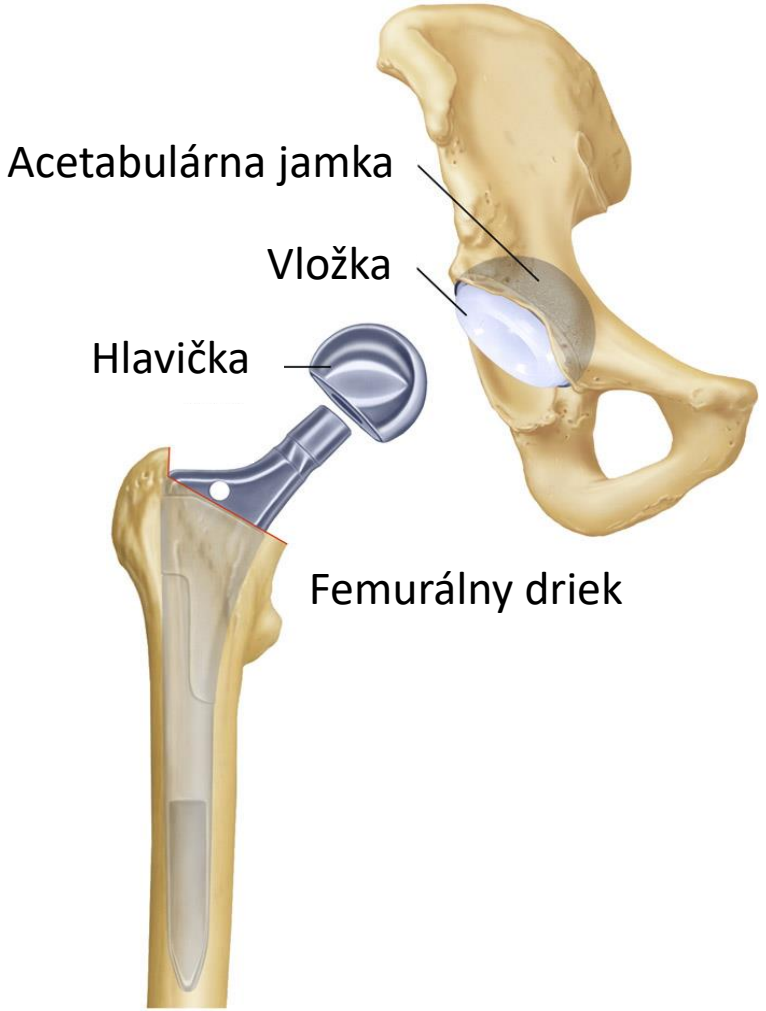
- Motivácia
- Úvod do problematiky
- Metódy používané pre analýzu opotrebenia
- Zhrnutie súčasného stavu poznania
- Vymedzenie cieľov dizertačnej práce
- Súčasný stav dizertačnej práce
- Spolupráca
- Prehľad dosiahnutých výsledkov



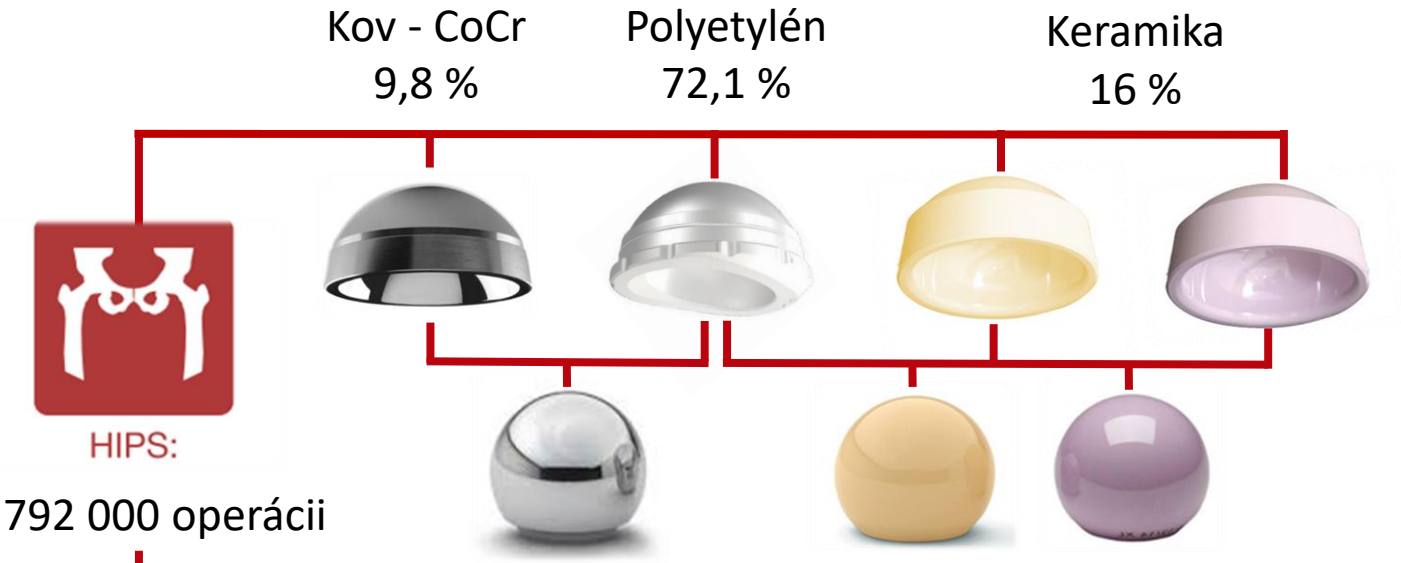
Motivácia



- Najpočetnejší druh operácie
- ČR 160 op. na 100 000 obyvateľov
- Životnosti náhrady 15 – 20 rokov
- Revízne operácie 10 %

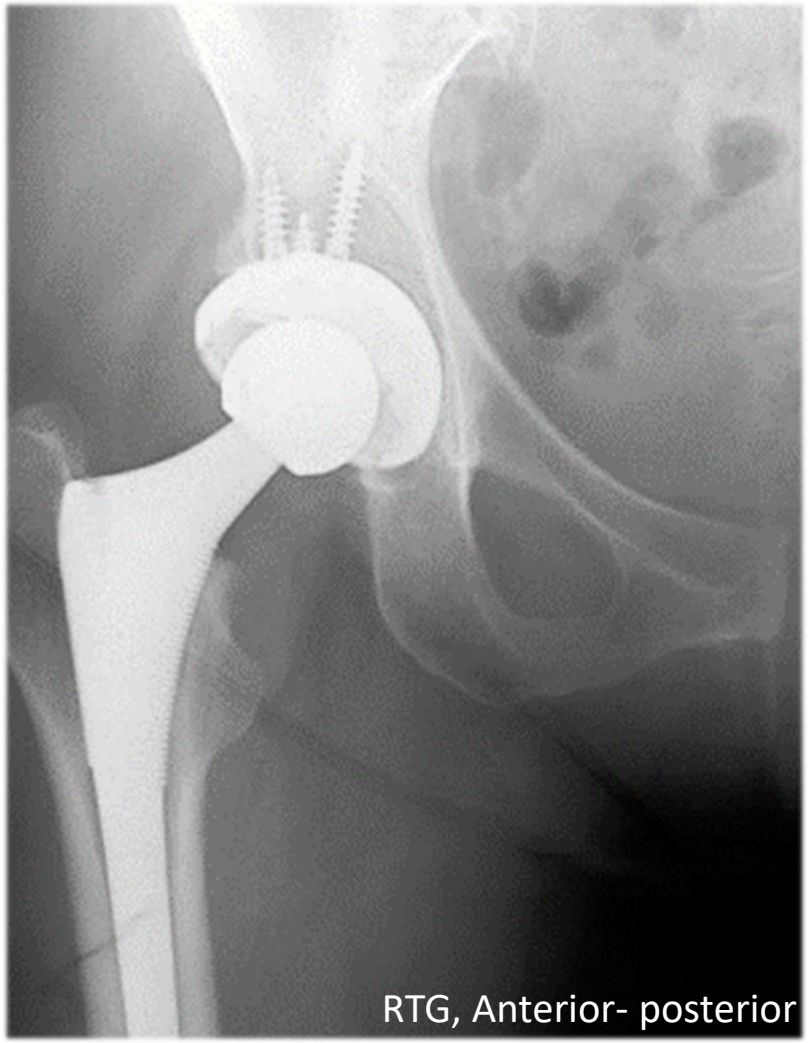


Úvod do problematiky TEP (Totálna Endoprotéza)



792 000 operácii

- Opotrebenie
  - Osteolýza
    - Aseptické uvolnenie
    - Frakúra kosti


RTG, Anterior- posterior

Úvod do problematiky TEP

1891

Slonovina

1938

Kov

1946

Akryl (PMMA)

1961

Polyetylén

1972

Keramika

2000

Povlakovanie

Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961 — Analýza oteru extrahovaných kĺbových párov

Polyetylén

- **Dotykové**
  - CMM meranie
  - Gravimetrie
  - Dotyková profilometria
- **Bezdotykové**
  - Laserové skenovanie
  - Optické skenovanie

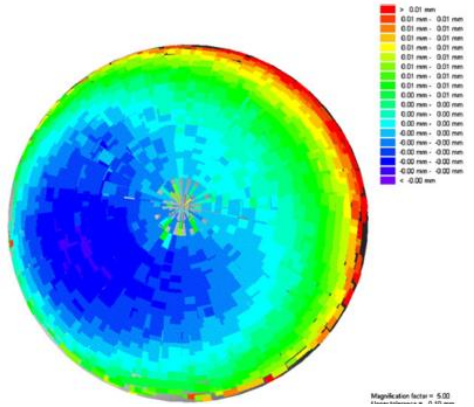
Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

- Dotykové
  - CMM meranie
  - Gravimetrie
  - Dotyková profilometria

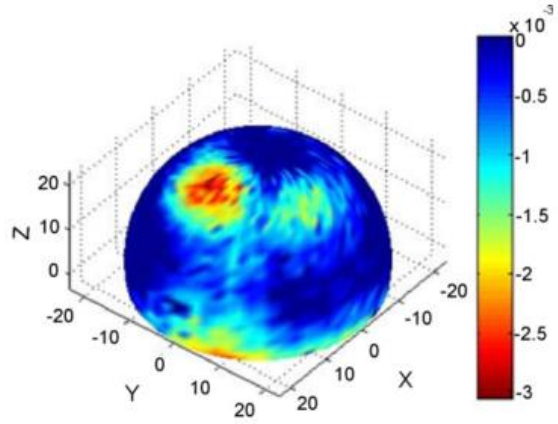
BILLS at al., 2007

- Zrovnávanie CMM s využívanými RTG metódami
- Hodnotenie pomocou gravimetrickej metódy
- Analýzy chyby merania



LORD at al., 2011

- Validácia CMM metódy za pomoci gravimetrie
- Hodnotenie oteru u kovových dvojíc (54 ks)
- Vyhodnocovanie za pomoci SW Matlab
- Presnosť 0,9 µm odchýlka 0,5 mm^3



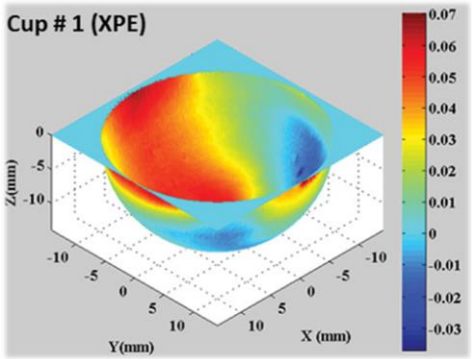
Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

- Dotykové
  - CMM meranie
  - Gravimetrie
  - Dotyková profilometria

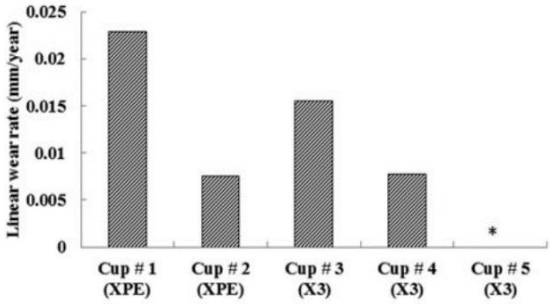
LU at al., 2014

- Využitie CMM metódy
- Rôzne algoritmy spracovania
- Porovnanie dopadu spracovania dát na presnosť
- Hodnotenie matematických postupov polygonizácie



UDDIN at al., 2014

- Využitie CMM metódy
- Analýza extrahovaných PE jamiek (5ks)
- Testovaná spoľahlivosť metódy
- Neistota voči gravimetrii 8,6 %



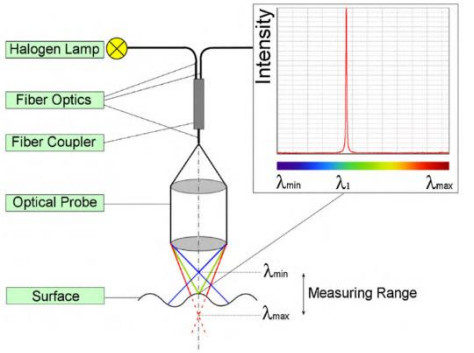
Metódy používané pre analýzu opotrebenia

Bezdotykové

Laserové skenovanie

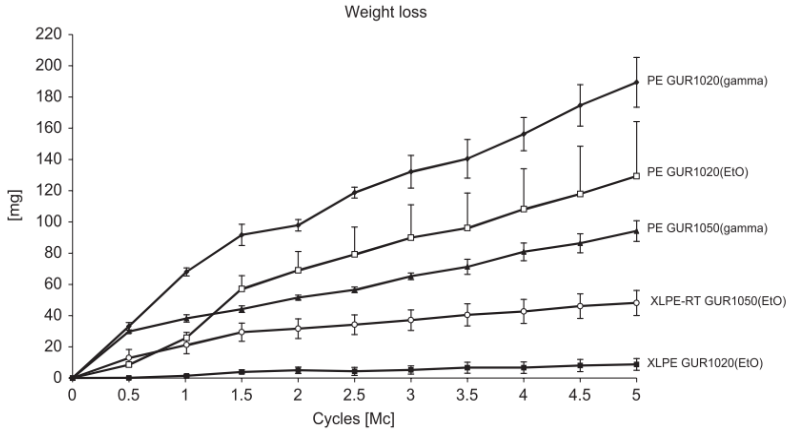
TUKE at al., 2010

- Digitalizácia tvrdých povrchov
- Metóda RedLux – konfokálne chromatická analýza
- Veľký počet snímaných bodov
- Analýza 6 vzorkov
- Závislosť teploty na kalibráciu



AFFATATO at al., 2001

- Analýza 20 polyetylénových jamiek
- Rôzne druhy spracovanie PE
- Opotrebenie na simulátore
- Použitie Ramanovej mikroskopie

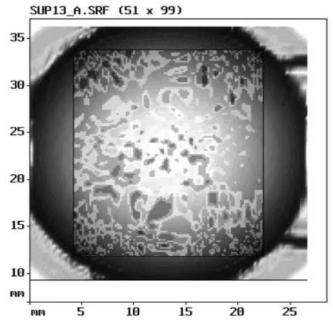


Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

ZOU at al., 2001

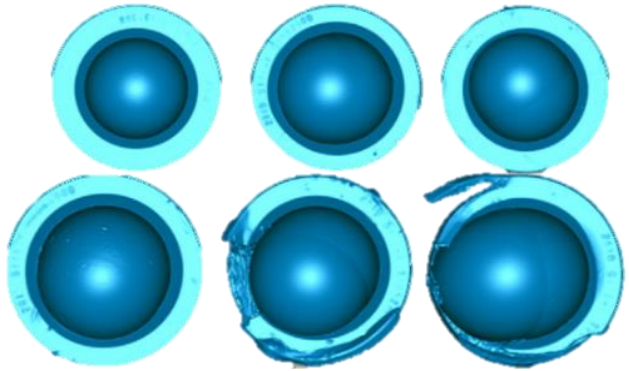
- Využitie optickej digitalizácie
- Skladanie jednotlivých skenov na základe súradného systému
- Aplikácia na umelo opotrebených implantátoch



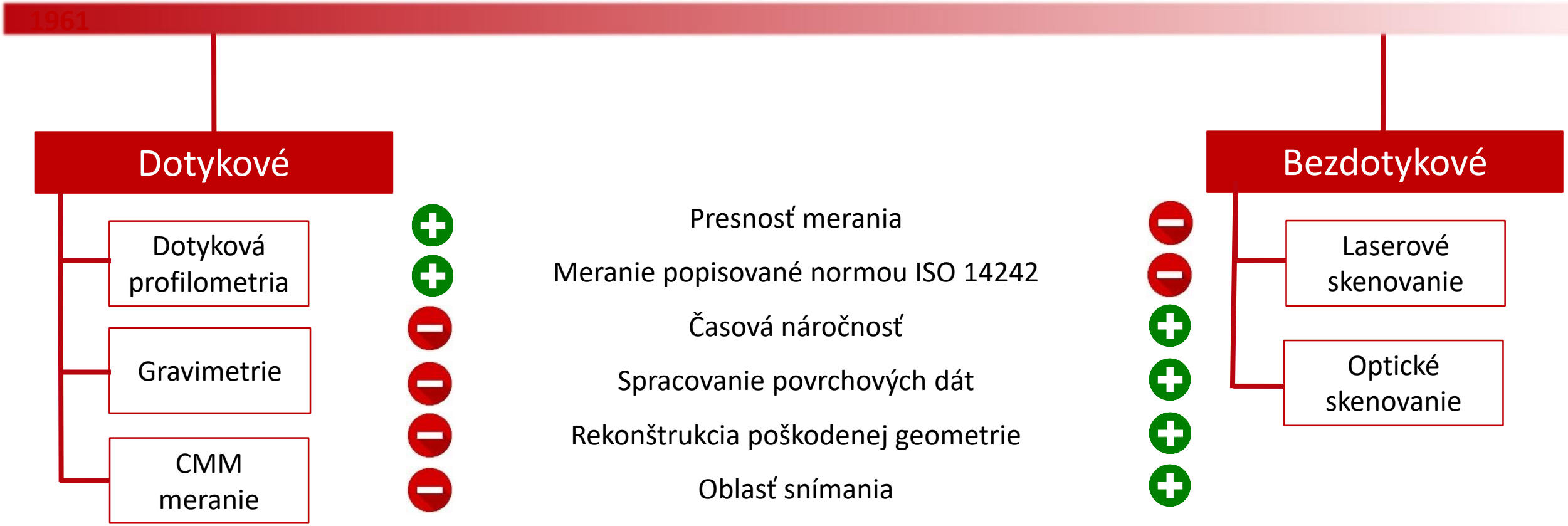
- Bezdotykové
  - Laserové skenovanie
  - Optické skenovanie

YUN at al., 2012

- Hodnotenie extrahovaných implantátov (18 ks)
- Analýza RTG snímkov pomocou rozpoznávania obrazu
- Validácia pomocou skeneru
- Využívanie triangulačných princípov
- Presnosť stanovenia objemu ± 570 mm^3



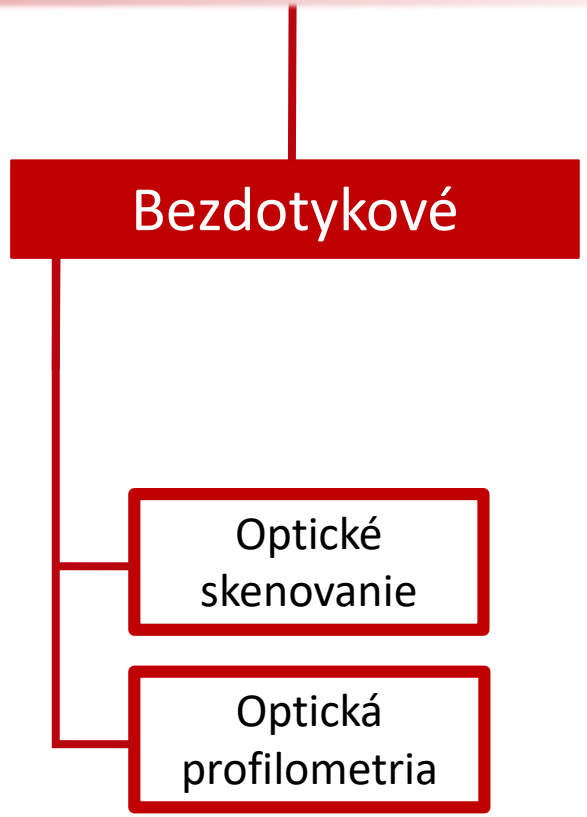
Zhrnutie súčasného stavu poznania



Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

Je použitie súčasných optických metód vhodné k stanoveniu objemového opotrebenia u implantátov s porovnateľnými výsledkami, ako doteraz bežne využívané dotykové metódy ?



Vymedzenie cieľov dizertačnej práce

Výstup 3x - J_{imp}

Aplikácia metódy na veľký súbor pacientov

- Skenovanie súboru kĺbnych náhrad
- Vyhodnotenie objemového úbytku
- Spojitosť s klinickými datami

Rozšírenie metodiky o hodnotenie povrchu

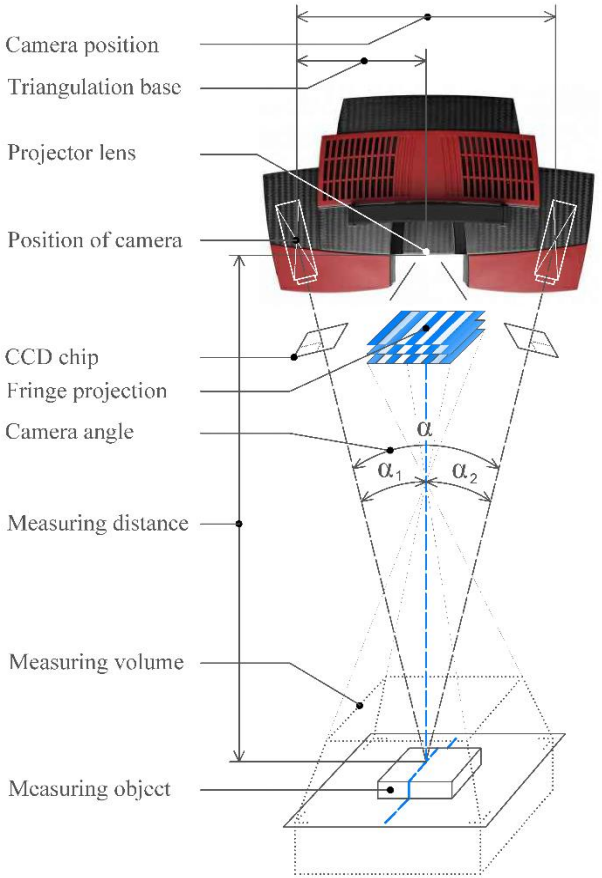
- Implementovanie profilometrie
- Hodnotenie topografie v opotrebovanej oblasti
- Previazanie dát z optickej metódy

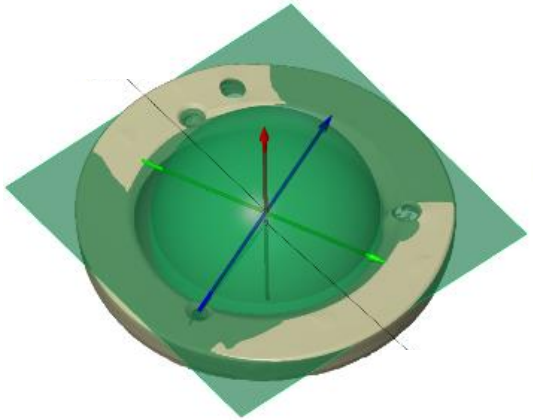
Vývoj metodiky optického skenovania

- Využitie optického skeneru ATOS Triple Scan
- Vyhodnocovanie za pomoci software GOM Inspect a Geomagic
- Validácia metódy za pomoci gravimetrie

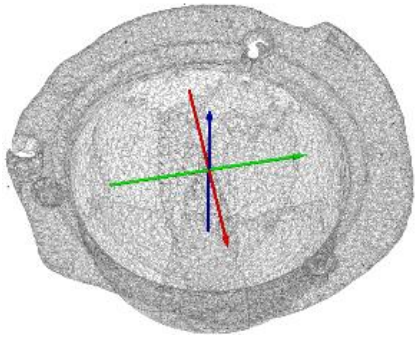
Súčasný stav dizertačnej práce

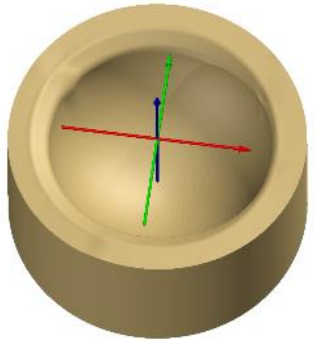
Optické skenovanie

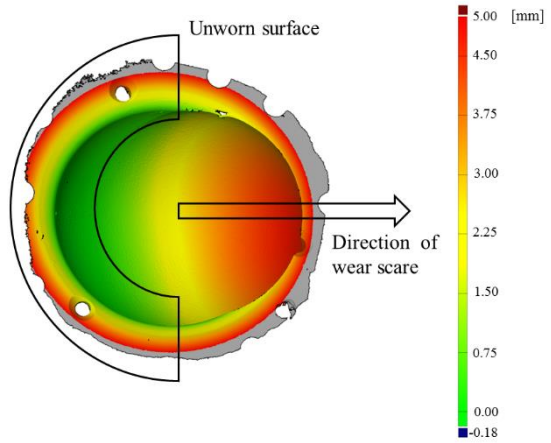




Spracovanie dát





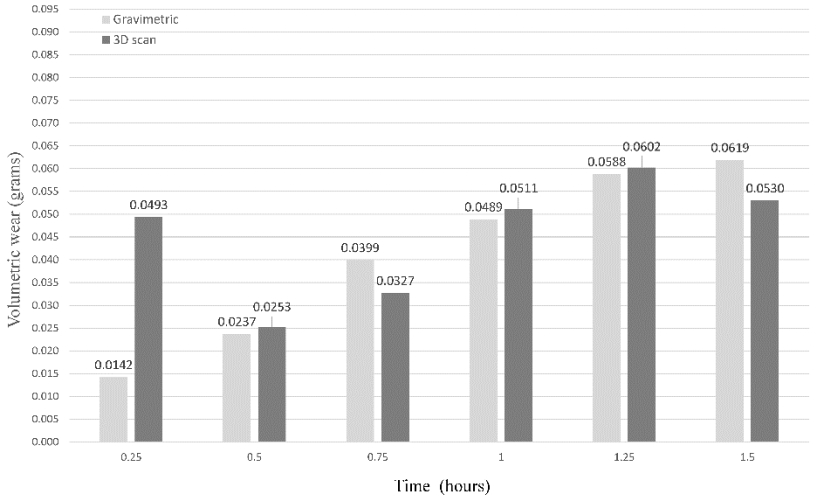


Stanovenie množstva opotrebenia

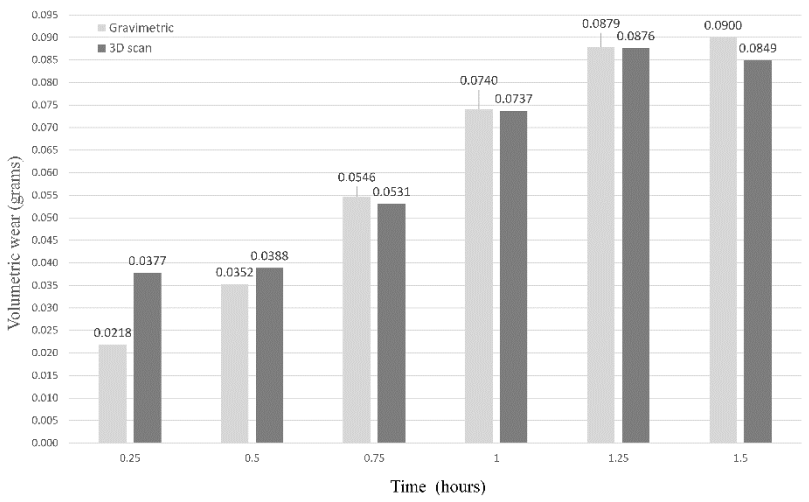
Súčasný stav dizertačnej práce

- 3 vzorky – 6 opotrebení
- Meranie v súlade s normou ISO 14242 – part 1
- Metóda bola validovaná za pomoci gravimetrie
- Rozdiel: 4 mg, -2,1 mg, -2,9 mg (úbytok cca 65 g)
- Výstup – publikácia J_{imp} v Tribology Transactions

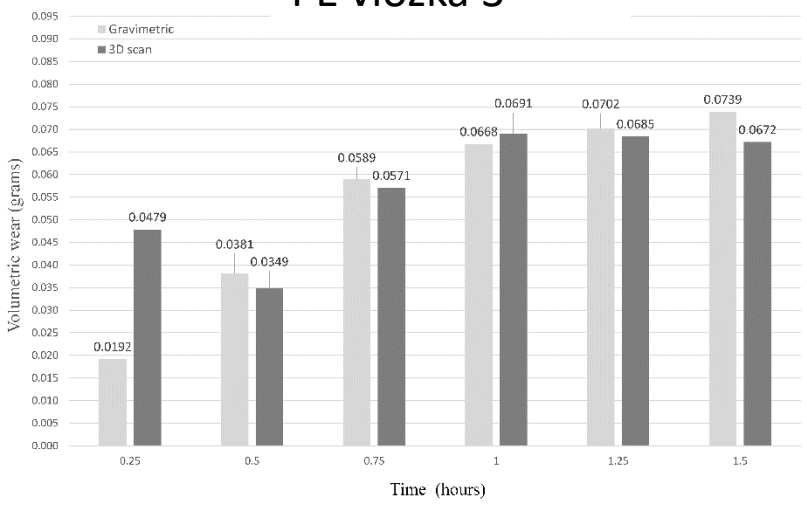
PE vložka 1



PE vložka 2

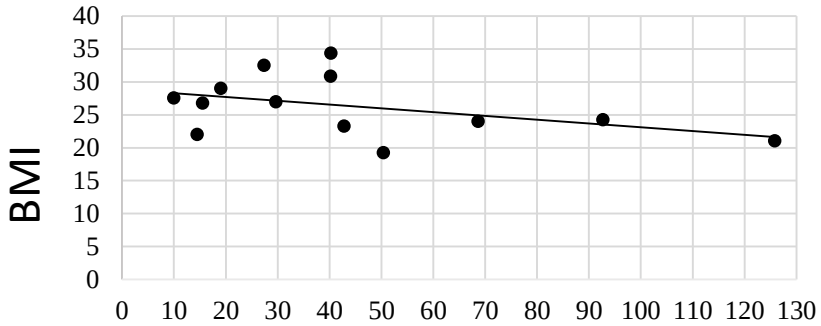


PE vložka 3



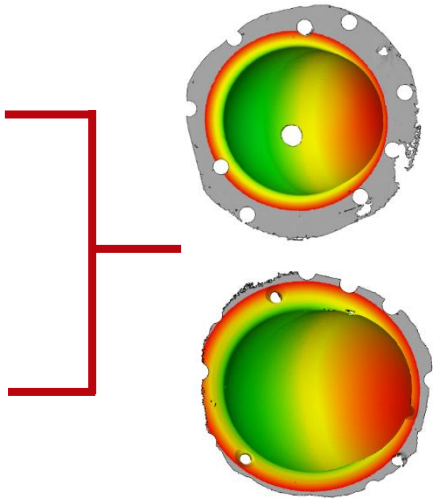
Súčasný stav dizertačnej práce

- Analýza 13 extrahovaných vzorkov s klinickou históriou
- Stanovenie objemového opotrebenia
- Stanovenie vektoru opotrebenia

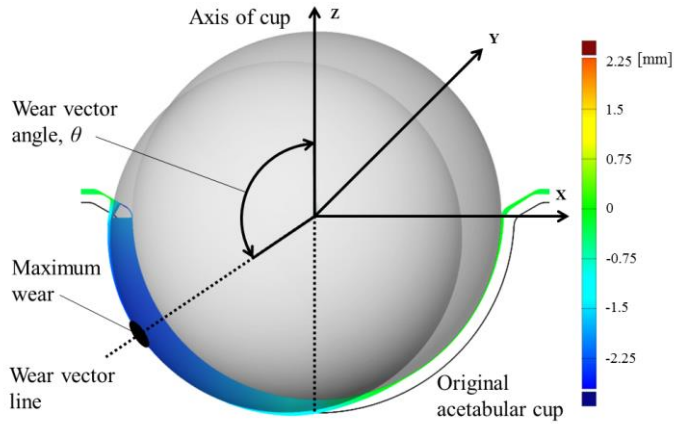


Objemové opotřebení [mm³/rok]

Príprava vzorkov



Objemové opotrebenie

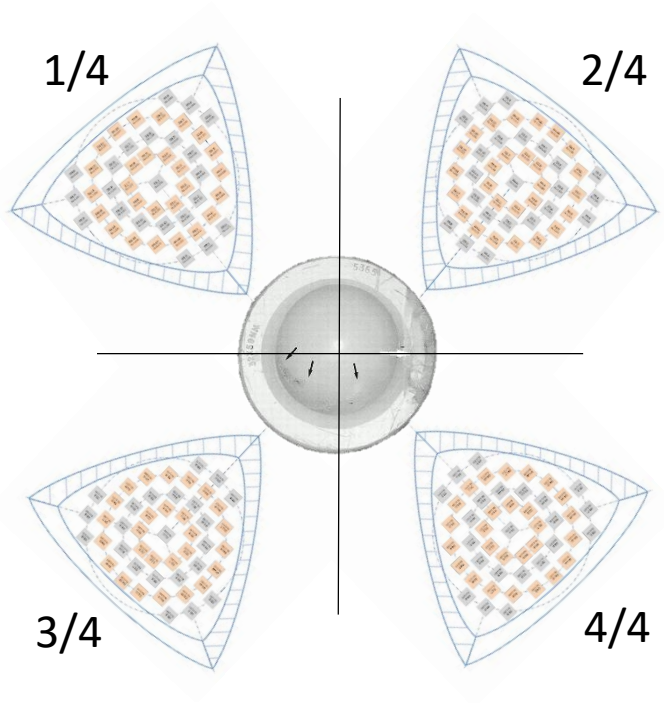


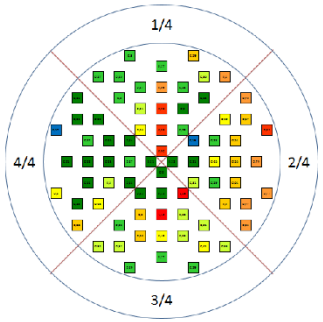
Smer opotrebenia

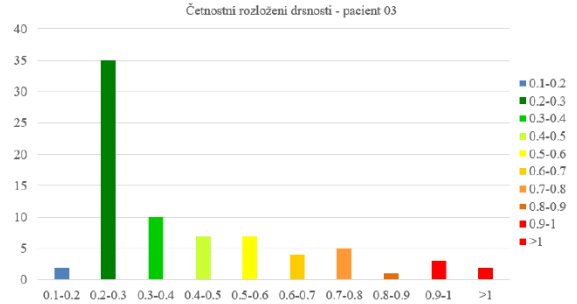
Súčasný stav dizertačnej práce

- Mapovanie topografie povrchu
- Analýza 13 extrahovaných vzorkov s klinickou históriou
- Stanovenie drsnosti povrchu v charakteristických oblastiach
- Výstup – publikácia J_{imp} v Acta Chirurgiae Orthopeadicae et Traumatologiae

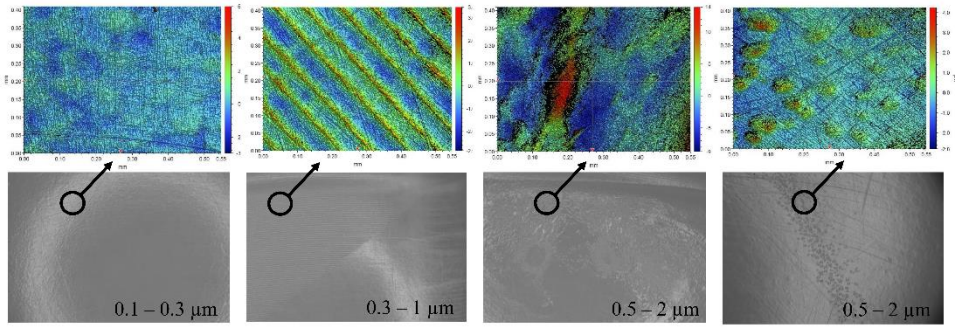
Topografia povrchu





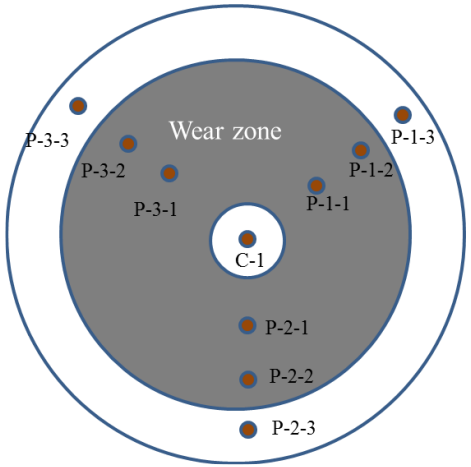


Drsnosť v oblastiach opotrebenia

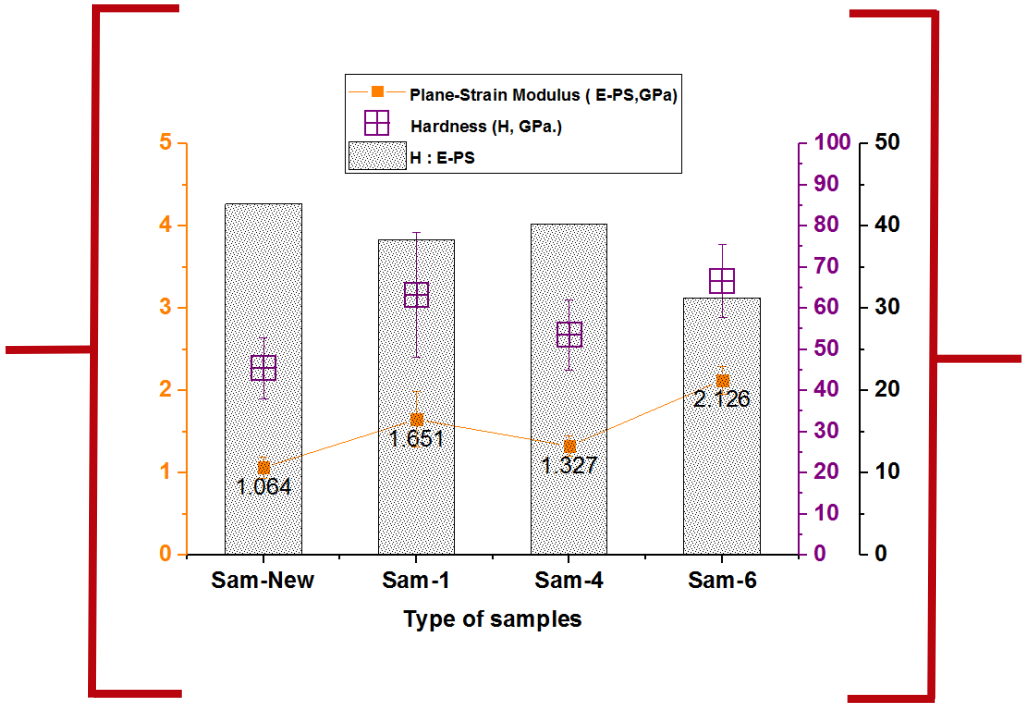


Spolupráca

- Spolupráca – Dipankar Choudhury – University of Arkansas
- Chemická a tvrdostná analýza – Ramanova spektroskopia a Nanoindentor
- Analýza 10 extrahovaných vzorkov s klinickou históriou v porovnaný s novým implantátom
- Výstup – pripravovaná publikácia J_{imp} v Journal of Biomedical Materials Research



Testované oblasti



- Náras oxidačného indexu a modulu elasticity v porovnaní s novým vzorkom
- Modul elasticity a oxidačný index majú rovnaký trend nárastu

Spolupráca

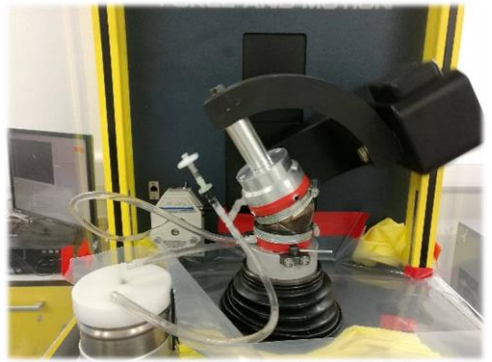
Waterloo University, Canada

- CT analýza 13 explantovaných vzorkov
  - Porovnanie metód – CT a optické skenovanie
- Zrovnanie výsledkov za pomoci Martellovej metódy spracovania RTG snímov

CT eXplore speCZT

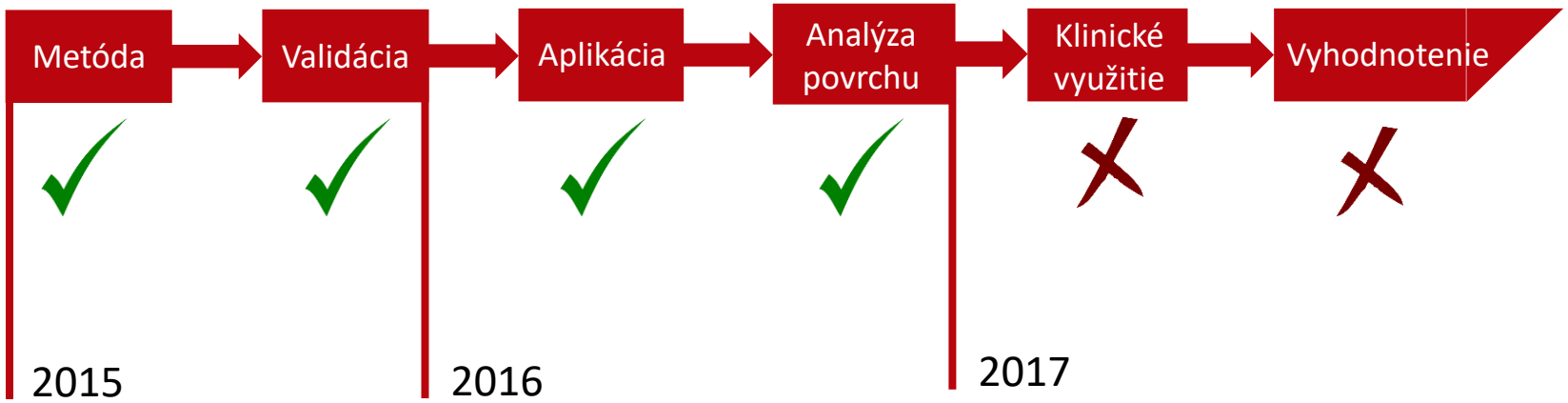
Anglia Ruskin University, England

- Simulátor bedrového kĺbu – AMTI
- Dlhodobé testy opotrebenia
- Vplyv polohy implantátu



Bedrový simulátor AMTI

Prehľad dosiahnutých výsledkov



- Rozšírenie databázy pacientov
- Vytvorenie hodnotiaceho protokolu
- Previazanie klinických dát s analýzami oteru
- Vplyv polohy implantátu na životnosť
- Dlhodobé testy opotrebenia

Prehľad dosiahnutých výsledkov

Články v časopisoch

- RANUŠA, M.; GALLO, J.; VRBKA, M.; HOBZA, M.; PALOUŠEK, D.; KŘUPKA, I.; HARTL, M. Wear Analysis of Extracted Polyethylene Acetabular Cups Using a 3D Optical Scanner. TRIBOLOGY TRANSACTIONS, 2016, roč. 59, č. 6, s. 1-11. ISSN: 1040-2004.

  J_{imp} – IF 1,42 (WoS)

- RANUŠA, M.; GALLO, J.; HOBZA, M.; VRBKA, M.; NEČAS, D.; HARTL, M. Wear and roughness of bearing surface of retrieved polyethylene Bicon cups. ACTA CHIRURGIAE ORTHOPAEDICAE ET TRAUMATOLOGIAE ČECHOSLOVACA, 2016,

  J_{imp} – IF 0,55 (WoS)

- CHOUDHURY, D.; RANUŠA, M.; MEDLEY, J. B.; TEETER. M., VRBKA. M.; Mechanical And Chemical Characterization of Retrieved Ultra High Weight Molecule Polyethylene Acetabular Cup. JOURNAL OF BIOMEDICAL MATERIALS RESEARCH PART B, APPLIED BIOMATERIALS, ISSN: 1552-4981

  J_{imp} – IF 2,88 (WoS)
  predpokladaný dátum odoslania 2/2017

Prehľad dosiahnutých výsledkov

Konference

- **Frejkovy dny 2015** (25. – 26. Jún, Brno, Česká republika)
  HOBZA, M.; RANUSA, M.
  Zhodnocení typu a míry otěru u extrahovaných jamek Bicon.
- **NORDTRIB 2016** (14.-17. Jún, Hämeenlinna, Fínsko)
  RANUSA, M.; VRBKA, M.; KŘUPKA, I.; HARTL, M.
  Development and Validation of an Optical Scanning Method for Volumetric Wear Analysis
- **WTC 2017** (17. – 22. September, Beijing, China)
  RANUSA, M.; VRBKA, M.; GALLO, J.; KŘUPKA, I.; HARTL, M.
  Influence of acetabular cup inclination on wear of UHMWPE liner.

Projekty a HS

- **Fond vědy 2016** (FV 16 – 22)
- **HS** (2014 – 2017) v objeme 101 500 Kč

Spolupráca

- **Waterloo University, Canada, Ontario** (prof. John B. Medley)
  stáž – 6. Jún 2016 – 27. August 2016
- **Anglian Ruskin University, England, Chelmsford** (Rajshree Hillstrom, PhD MBA)
- **Arkansas University, USA, Arkansas** (Dr. Dipankar Choudhury)

Pojednanie k štátnej doktorskej skúške
22. február, 2017, FSI VUT v Brně, Česká republika

Pneumobil
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

https://www.facebook.com/pneumobilracingteambrno/

Institute of Machine and Industrial Design

Ďakujem za pozornost !

Matúš Ranuša

matus.ranusa@vut.cz

Pojednanie k štátnej doktorskej skúške
22. február, 2017, FSI VUT v Brně, Česká republika

Institute of Machine and Industrial Design