



# INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2005

NÁRODNÍ KONFERENCE

s mezinárodní účastí

Svratka, Česká republika, 9. - 12. května 2005

---

## INTERACTION OF PELVIC BONE AND ACETABULAR COMPONENT

Jan Vyčichl, Ondřej Jiroušek\*, Josef Jíra#

**Summary:** *The article deals with development and validation of complex FE model of pelvic bone and acetabular component. The model of pelvic bone is constructed on basis of CT data of high resolution. Different designs of acetabular components are then incorporated in the FE model using Boolean operations. Comparative study of different acetabular components (spherical, conical and spherical cemented) is presented. Contact stresses in the underlying pelvic bone are compared for each of the cup designs.*

### 1. Úvod

Přesto, že je použití endoprotézy kyčelního kloubu velice úspěšné, stále vzniká řada problémů, které souvisí s uměle vytvořenou koexistencí a interakcí kostní tkáňe a technického materiálu endoprotézy. Zkušenosti z celého světa ukazují, že 10% implantovaných endoprotéz je reimplantováno, a také, že acetabulární komponenta se uvolňuje dvakrát až třikrát častěji než femorální.

Jednou z možných příčin poškození vazby mezi acetabulární komponentou a kostní tkání je charakter a velikost kontaktního napětí. Určení tohoto charakteru a maximálních hodnot kontaktního napětí napomůže při řešení základních biomechanických problémů, jako jsou například výběr nevhodnějšího typu jamky, stanovení optimální polohy při implantaci jamky nebo řešení problematiky migrace jamky v pánevní kosti.

---

\* Ing. Jan Vyčichl, Ing. Ondřej Jiroušek, Ph.D. Ústav teoretické a aplikované mechaniky, AV ČR, Prosecká 76, Praha 9. Email: [vycichl@itam.cas.cz](mailto:vycichl@itam.cas.cz), [jirousek@itam.cas.cz](mailto:jirousek@itam.cas.cz)

# Prof. Ing. Josef Jíra, CSc. Fakulta dopravní ČVUT v Praze, Na Florenci 25, Praha 1.

## 2. Problematika

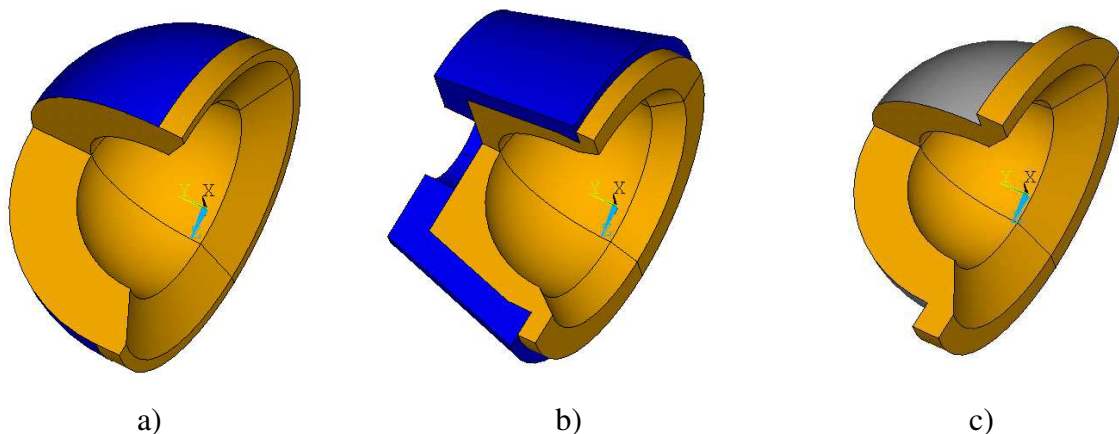
Analýza interakce různých typů acetabulární komponenty a pánevní kosti byla provedena pomocí prostorového modelu, kdy napjatost byla řešena pomocí metody konečných prvků.

Geometrický model pánevní kosti byl vytvořen ze sekvence 240 CT snímků pomocí metody segmentace tkáně a následné generace povrchové sítě. Geometrický model pánevní kosti byl načten do softwaru ANSYS. V tomto softwaru byl upraven a doplněn o geometrický model acetabulární komponenty. Takto vzniklý model byl převeden na MKP model vhodný pro řešení pomocí metody konečných prvků. Pro analýzu byly zvoleny tři odlišné, v současnosti nejvíce užívané typy acetabulárních komponent. Liší se nejen v použitých materiálech, ale hlavně ve své celkové konstrukci a způsobu upevnění v pánevní kosti.

Prvním typem acetabulární komponenty byla sférická jamka, tvořená titanovým pouzdem a polyetylenovou vložkou, která se implantuje zatlačením do pánevní kosti (obr 1a).

Druhým typem byla kónická acetabulární komponenta, tvořená titanovým pouzdem a polyetylenovou vložkou, která se implantuje zašroubováním do pánevní kosti (obr 1b).

Třetím typem byla sférická acetabulární komponenta z polyetylenu, která se implantuje pomocí kostního cementu (obr 1c) -- cementovaná acetabulární komponenta.

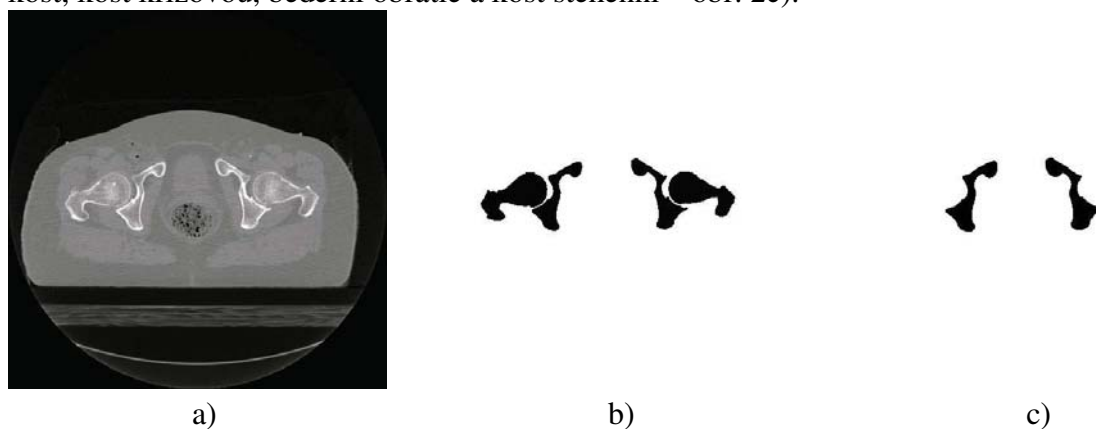


Obr. 1 -- Typy acetabulárních komponent

## 3. Konstrukce modelů

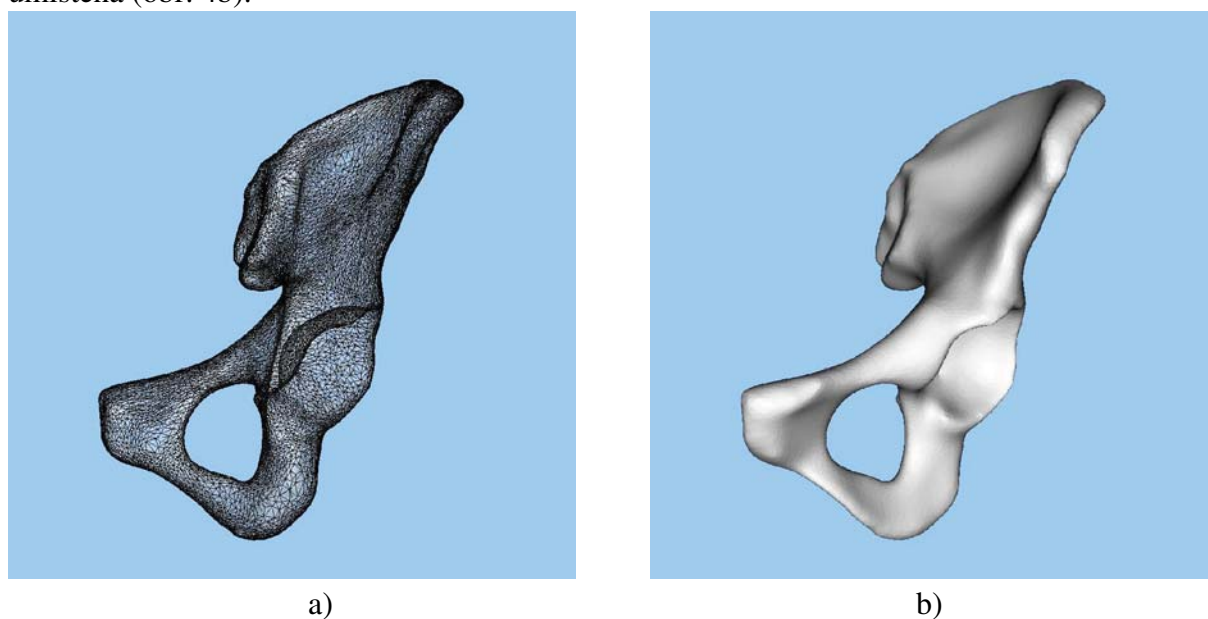
Prvním krokem při vytváření geometrického modelu pánevní kosti byla segmentace kostní tkáně ze sekvence CT snímků [1] (obr. 2a). Jako vstupní data byly použity CT snímky ze sekvence snímků volně dostupných v rámci projektu The Visible Human Project [2]. Pomocí této segmentace byly vybrány z každého snímku sekvence oblasti, odpovídající kostní tkáni

(obr. 2b), která má přesně definovanou hranici. Ze snímku bylo nutno odebrat kostní tkáň, která neodpovídala námi hledané tkáni (v tomto případě bylo nutné odstranit pravou pánevní kost, kost křížovou, bederní obratle a kost stehenní – obr. 2c).

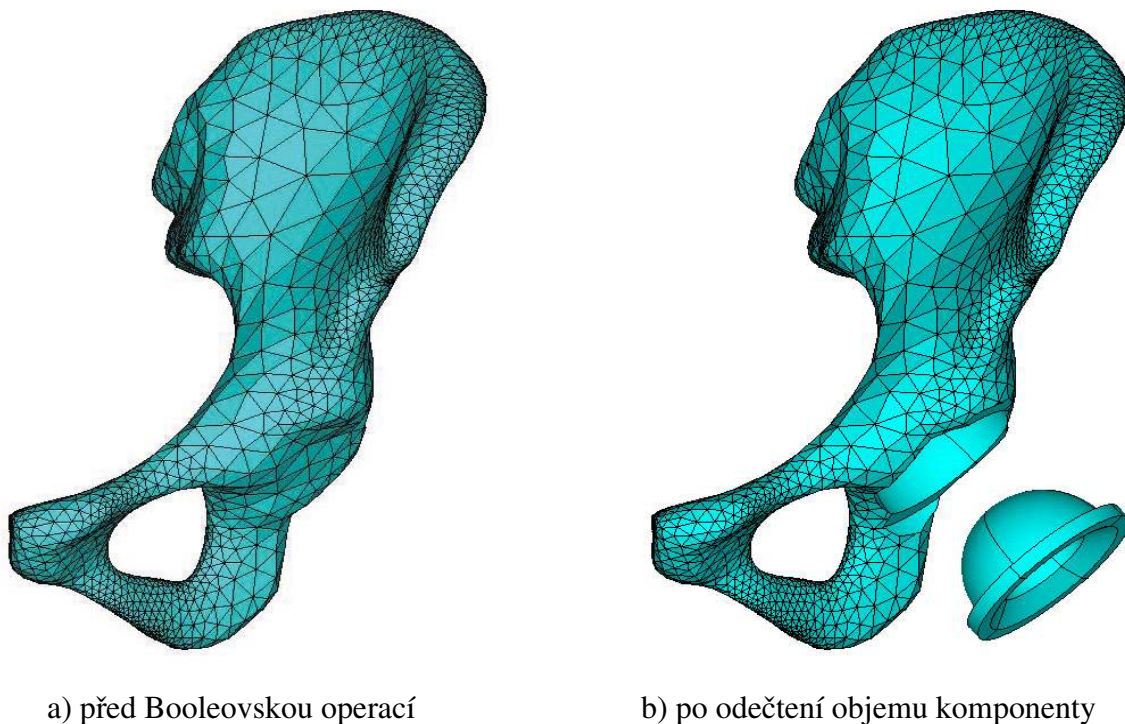


Obr. 2 – Metoda segmentace tkáně z CT snímku

Snímky v sekvenci s definovanou hranicí tkáně tak vytvořily vrstevnicový model, který bylo možno převést na model drátěný (obr. 3a). Ten se již mohl pokrýt plochou, a tak byl vytvořen geometrický model pánevní kosti (obr. 3b). Povrchová plocha geometrického modelu byla tvořena velkým počtem malých trojúhelníků a proto bylo nutné takto vytvořený povrch rekonstruované tkáně podrobit decimaci a tím vytvořit jednodušší optimalizovaný geometrický model (obr. 4a). Tento model byl načten do softwaru ANSYS [3] a dále upravován. Pomocí booleovských operací se pro každou acetabulární komponentu vytvořilo lože odpovídající vnější geometrii acetabulární komponenty, do kterého byla komponenta umístěna (obr. 4b).



Obr. 3 – Drátěný a nedecimovaný model pánevní kosti



Obr. 4 – Decimovaný a upravený model pánevní kosti s acetabulární komponentou

Poloha a orientace všech tří acetabulárních komponent byla definována shodně. Směr rotační osy a rovina hrany polyetylénové části byla stanovena pro všechny tři typy acetabulární komponenty stejným způsobem.

Geometrický model pánevní kosti byl vyplněn kvadratickými tetrahedrálními 10-ti uzlovými prvky (SOLID187) a geometrický model acetabulární komponenty cihlovými 20-ti uzlovými prvky (SOLID95). Problém byl řešen jako kontaktní úloha, kde kontakt byl vytvořen mezi spongiózní pánevní kostí (target) a vnější ploše acetabulární komponenty (contact). Povrchová plocha v oblasti acetabula byla pokryta prvky TARGET170 a vnější plocha acetabulární komponenty prvky CONTA174.

#### 4. Okrajové podmínky a výpočet

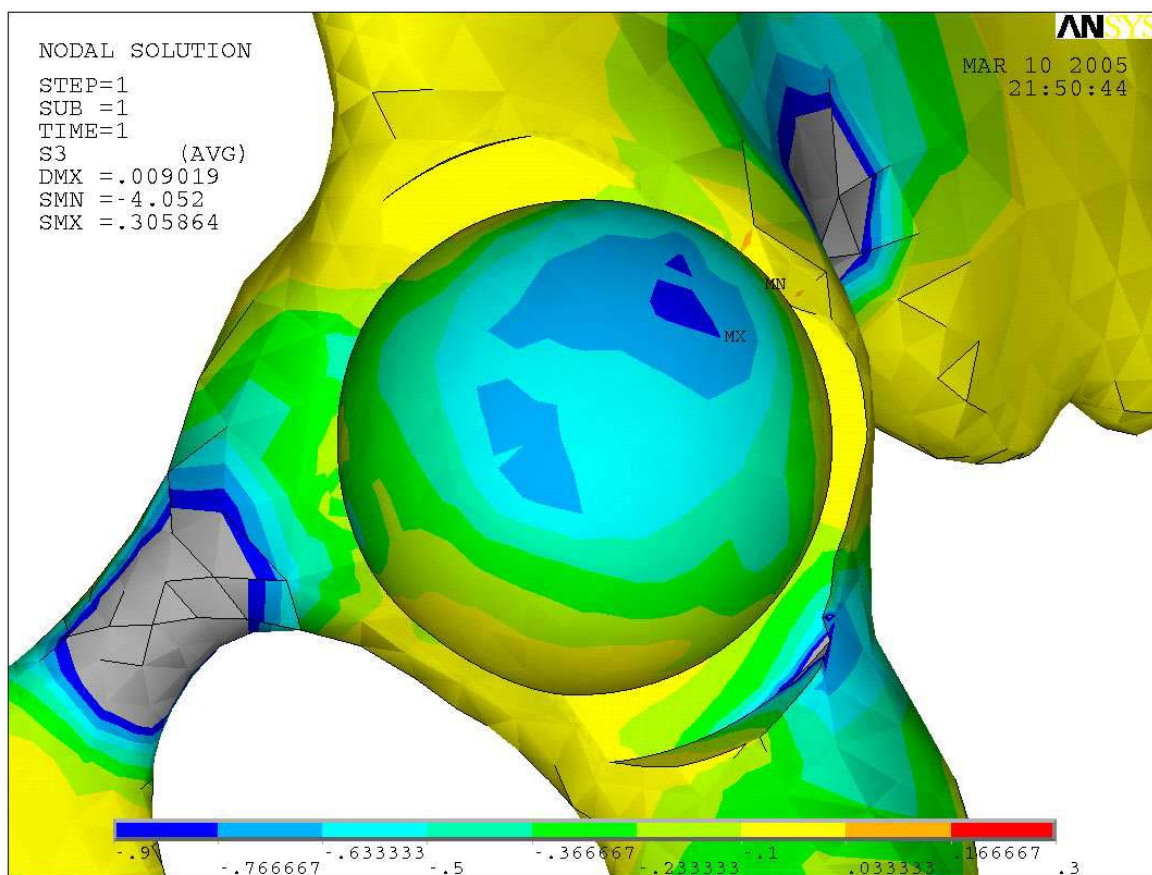
Do modelů acetabulárních komponent byla umístěna hmotná koule o vysokém modulu pružnosti, která rovnoměrně rozložila zatížení na vnitřní část komponenty a tak vytvořila zatížení velmi blízké reálnému stavu. Směr a velikost tohoto zatížení, pro dospělého člověka o hmotnosti 80kg, byl získán z experimentálních měření Dr. Bergmanna [4].

Pro model pánevní kosti byly stanoveny následující dvě podmínky. Pro uzly v oblasti spojení pánevní kosti a kosti křížové bylo definováno nulové posunutí ve všech třech hlavních směrech a v oblasti stydké kosti byl uzlům dovolen posun pouze ve svislém směru.

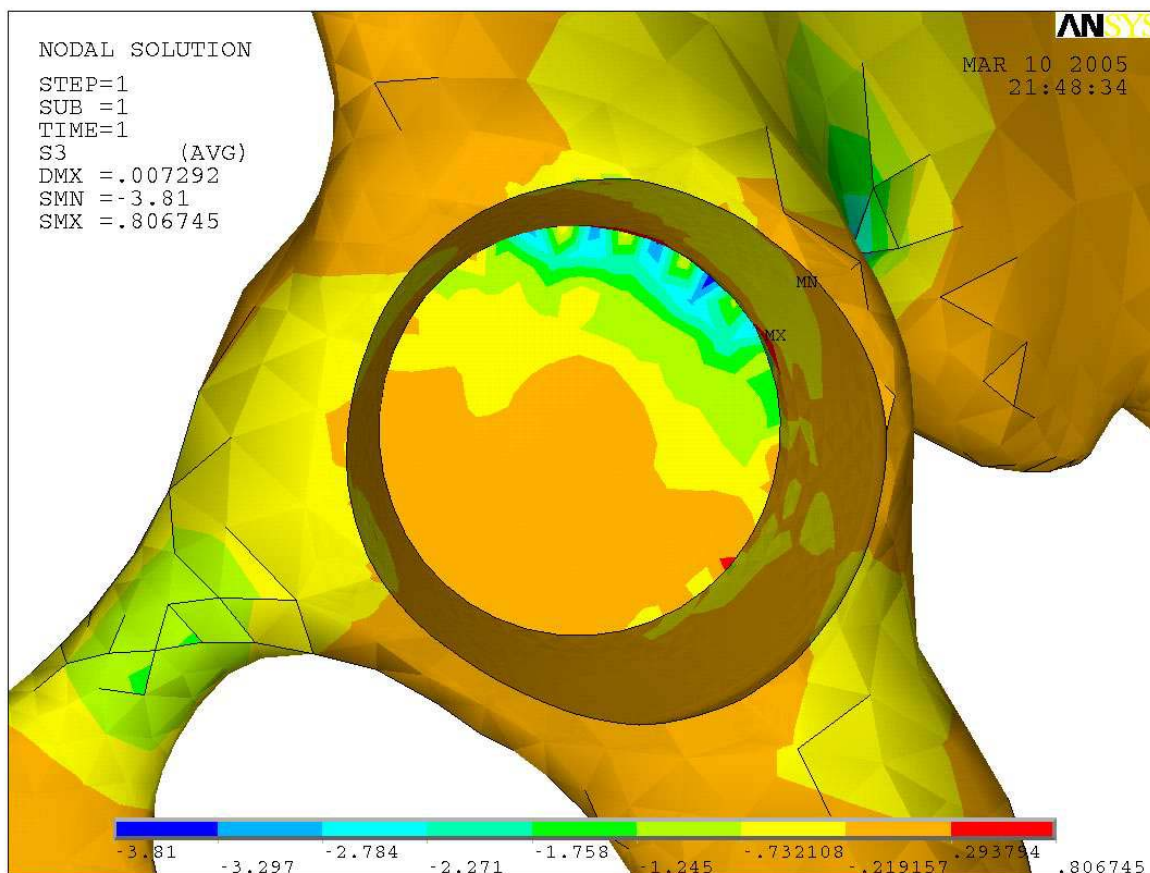
## 5. Výsledky

Některé výsledky numerické analýzy interakce acetabulární komponenty a pánevní kosti je vidět na obrázku 5 a 6.

Obrázek 5 zobrazuje pole tlakového napětí v pánevní kosti, v místě uložení cementované acetabulární komponenty. Na obrázku 6 je také zobrazeno pole tlakových napětí pro případ kónické acetabulární komponenty.



Obr. 5 – Pole kontaktního tlakového napětí – cementovaná acetabulární komponenta



Obr. 6 -- Pole kontaktního tlakového napětí – kónická acetabulární komponenta

Cílem práce bylo vytvoření matematických modelů pánevní kosti a acetabulárních komponent vhodných pro sledování různých geometrických vlivů na napjatost v pánevní kosti. V této úvodní studii byl materiálový model všech jednotlivých částí uvažován lineární elastický. Úvodní napěťové analýzy slouží pouze k validaci MKP modelů, které budou po zpřesnění materiálových modelů sloužit k detailnějším analýzám, např. zkoumání vlivu způsobu implantace (nalezení optimální polohy acetabulární komponenty vzhledem k dané pánevní kosti) na napjatost v oblasti acetabula.

## 7. Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantu GAAV IAA200710504 a výzkumného záměru AV0Z20710524.

## 8. Literatura

[1] J. Vycichl. Tissue segmentation from CT data applied to biomechanical analysis of acetabular cup and pelvic bone interaction. Faculty of Transportation Sciences, Czech Technical University in Prague, November 2004.

[2] U.S. National Library of Medicine. *The Visible Human Project*. <http://www.nlm.nih.gov/research/visible/>

[3] ANSYS. *ANSYS*. <http://www.ansys.com>

[4] G. Bergmann, G. Deuretzbacher, M. Heller, F. Graichen, A. Rohlmann, J. Strauss, G.N.Duda. Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *Journal of Biomechanics*, 34(7), 2001