

Okrugli stol

„Trendovi razvoja biomedicinskog inženjerstva”

Biomehanika – stanje i trendovi razvoja

Prof.dr.sc. Tanja Jurčević Lulić

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

Zavod za tehničku mehaniku

Katedra za biomehaniku i ergonomiju

tjurcev@fsb.hr

Zagreb, 10.10. 2018.

Biomehanika

- interdisciplinarnost i multidisciplinarnost
- zakone mehanike primjenjuje u rješavanju bioloških problema, proučavajući mehanička svojstva bioloških organizama, sustava organa, organa i tkiva te gibanja cijelog organizma ili njegovih dijelova
- koristeći metode primijenjene mehanike (mehanika kontinuma, strukturalna analiza, kinematika, dinamika...), istražuje strukturu i funkciju bioloških sustava na različitim razinama – od organizma do organa, stanica i staničnih organela
- primjena numeričkih metoda – uključuju modeliranje, računalne simulacije i eksperimentalno mjerjenje

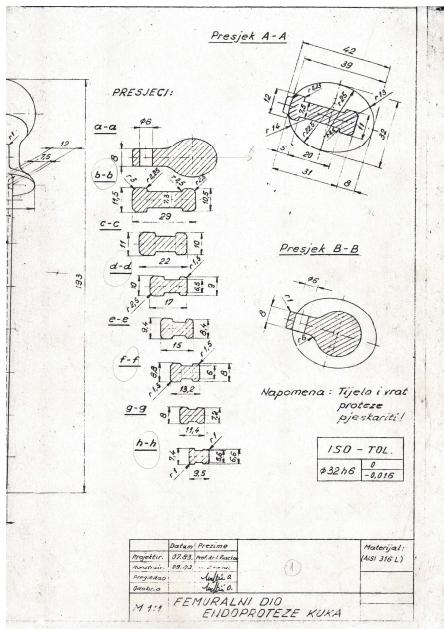
Biomehanika

- biomehanika bioloških materijala i sustava;
- biomehanika procesa upravljanja i regulacije bioloških sustava;
- mehanika bioloških strujanja;
- ortopedска biomehanika;
- biomehanika umjetnih organa i zamjene bioloških tkiva;
- implantati, proteze i ortoze;
- biomehanika hoda;
- medicinska (klinička) biomehanika;
- rehabilitacija;
- ergonomija i biomehanika rada;
- kineziologija i biomehanika sporta;
- biomaterijali;
- forenzička biomehanika;
- *soft-body dynamics* u području kompjutorske grafike;
- animalna biomehanika, biomehanika biljaka...

Okrugli stol "Trendovi razvoja biomedicinskog inženjerstva"

Biomehanika

- prof. dr. sc. Ivo Ruszkowski, prof. dr. sc. Dubravko Orlić, prof. dr. sc. Osman Muftić , 1985. → prvi hrvatski model femoralne komponente endoproteze zgloba kuka ROM

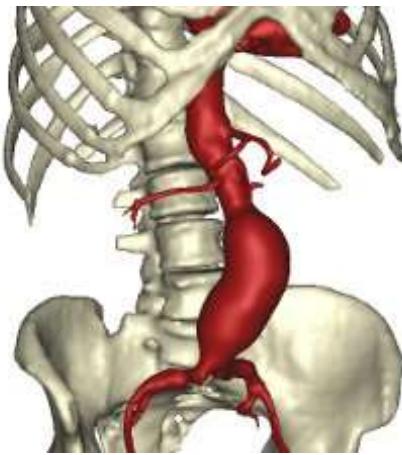


Okrugli stol "Trendovi razvoja biomedicinskog inženjerstva"

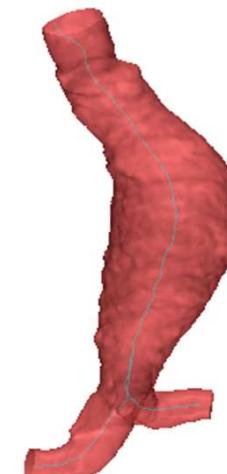
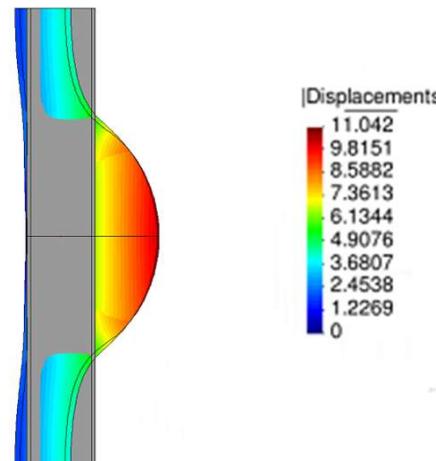
Predikcija razvoja vaskularnih bolesti korištenjem numeričkih algoritama

Grupa izv.prof.dr.sc. Igora Karšaja

- Cilj: razvoj numeričkih algoritama koji će opisati ponašanje krvnih žila i pomoći liječniku kod odluke o operativnom zahvatu
- MODEL RASTA ANEURIZME ABDOMINALNE AORTE I PREDIKCIJA RUPTURE
 - cilj: razvoj numeričkog modela koji predviđa tijek rasta aneurizme; modeliranje mehaničkih i biokemijskih utjecaja na razvoj intraluminalnog tromba; odrediti parametre koji utječu na rast intraluminalnog tromba, od prve pojave krvnog ugruška pa do razvoja slojevite strukture



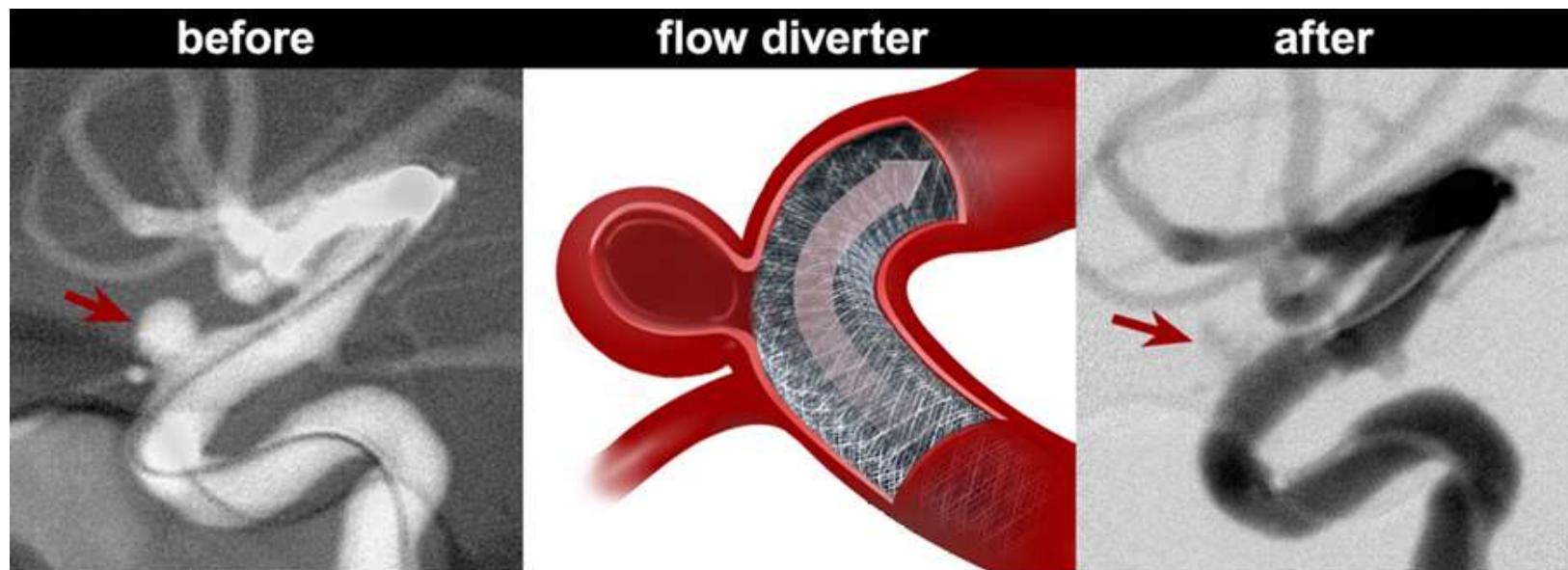
<http://www.lnm.mw.tum.de/>



Predikcija razvoja vaskularnih bolesti korištenjem numeričkih algoritama

Grupa izv.prof.dr.sc. Igora Karšaja

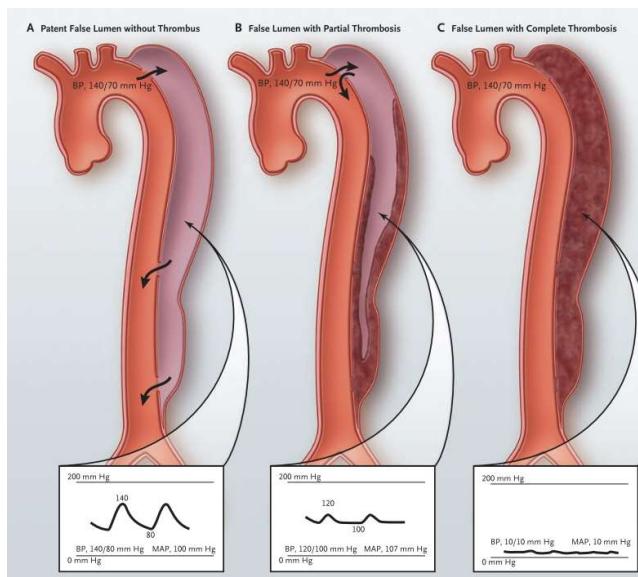
- RAZVOJ EKSPERIMENTALNE PLATFORME ZA SIMULACIJU ENDOVASKULARNOG LIJEČENJA INTRAKRANIJSKIH ANEURIZMI
 - cilj: utvrditi karakteristike protoka u aneurizmi prije i nakon ugradnje potpornice i preslikati te karakteristike na eksperimentalnu platformu (realistična 3D ispisana replika aneurizme po geometriji i mehaničkom ponašanju)



Predikcija razvoja vaskularnih bolesti korištenjem numeričkih algoritama

Grupa izv.prof.dr.sc. Igora Karšaja

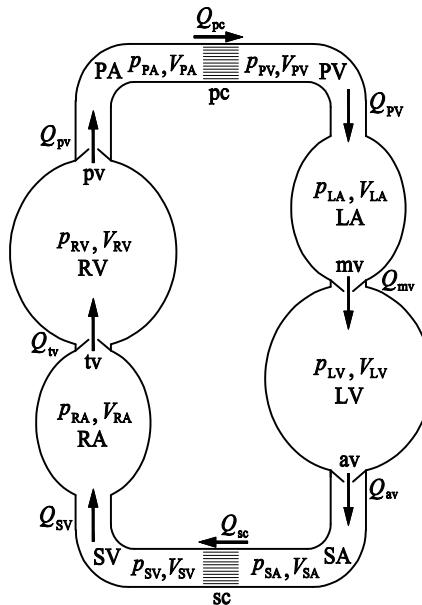
- MODEL ŠIRENJA DISEKCIJE (RAZDVAJANJA SLOJEVA STIJEVKE AORTE) I PREDIKCIJA RUPTURE
 - cilj: razviti numerički model evolucije disekcije tipa B torakalne aorte; istraživanje je usmjeren na modeliranje **biokemomehaničkog utjecaja** nastanka tromba na ishod bolesti



Mehanika bioloških strujanja

Grupa prof.dr.sc. Zdravka Viraga

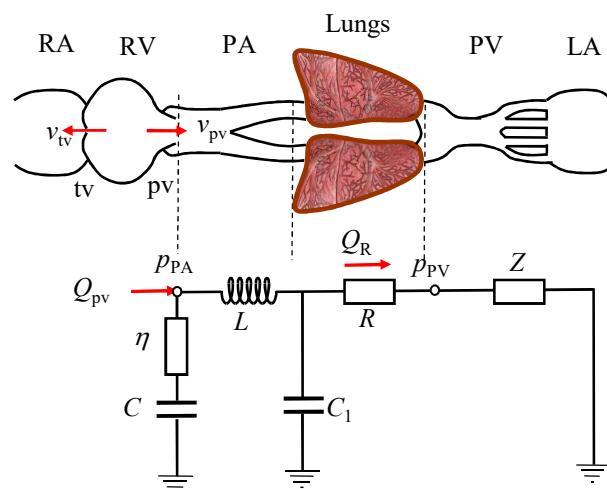
- MODELIRANJE KARDIOVASKULARNOG SUSTAVA I PRIMJENA U KLINIČKOJ PRAKSI
 - cilj: razviti model s koncentriranim parametrima za **simulaciju rada srca i cijele cirkulacije** - računalni program koji daje uvid u funkciju srca te utjecaj pojedinih parametara modela na sliku profila brzine kroz zaliske i promjenu tlaka u klijetkama i predklijetkama (za upotrebu u edukaciji i u kliničkoj praksi za bolje razumijevanje funkcije srca)



Mehanika bioloških strujanja

Grupa prof.dr.sc. Zdravka Viraga

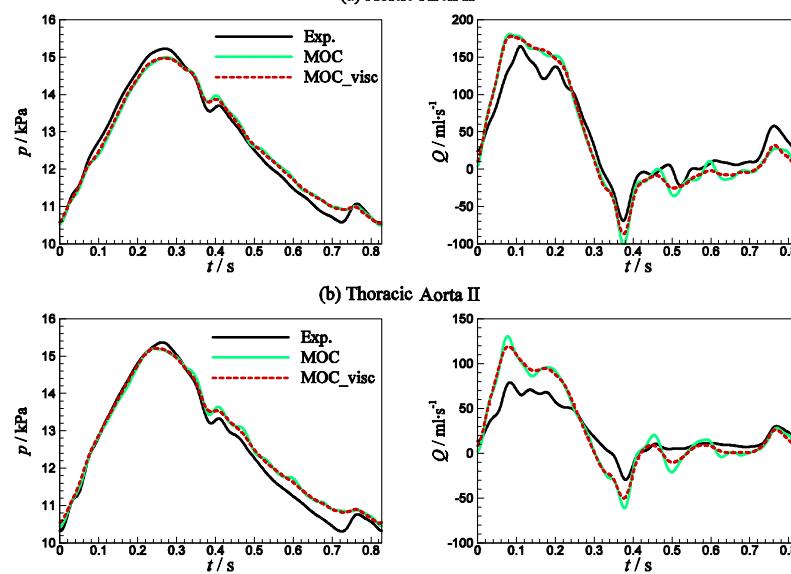
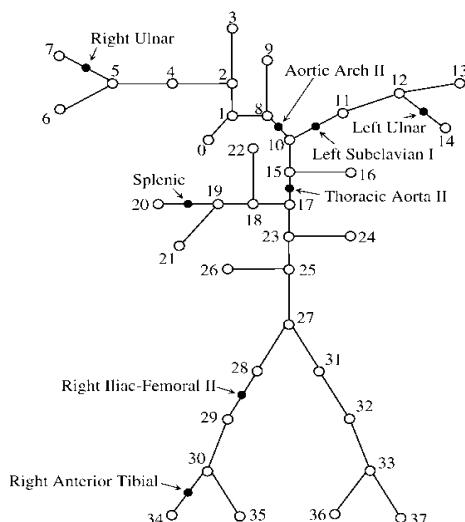
- MODELIRANJE KARDIOVASKULARNOG SUSTAVA I PRIMJENA U KLINIČKOJ PRAKSI
 - cilj: primjena modela s koncentriranim parametrima na plućnu cirkulaciju – razvijen računalni program određivanja parametra modela i profila tlaka u plućnoj arteriji, temeljem neinvazivnih dopplerskih mjerjenja brzine kroz plućni i trikuspidalni zalistak, s kliničkom primjenom za procjenu plućne hipertenzije



Mehanika bioloških strujanja

Grupa prof.dr.sc. Zdravka Viraga

- MODELIRANJE KARDIOVASKULARNOG SUSTAVA I PRIMJENA U KLINIČKOJ PRAKSI
 - cilj: razviti (verificirati i validirati) računalni program za analizu **strujanja krvi u arterijskom stablu** koji omogućuje uvid u **širenje valova tlaka i protoka** kroz velike arterije - za analizu strujanja krvi i predviđanje pojava u slučaju stenoza, ugradnje graftova, promjene svojstava arterijske stijenke i sl.; razviti računalni program za rješavanje lineariziranog jednodimenzijskog modela strujanja krvi u frekvencijskoj domeni - za rješavanje inverznih zadaća (određivanje parametara modela iz mjerenih profila brzine i tlaka).

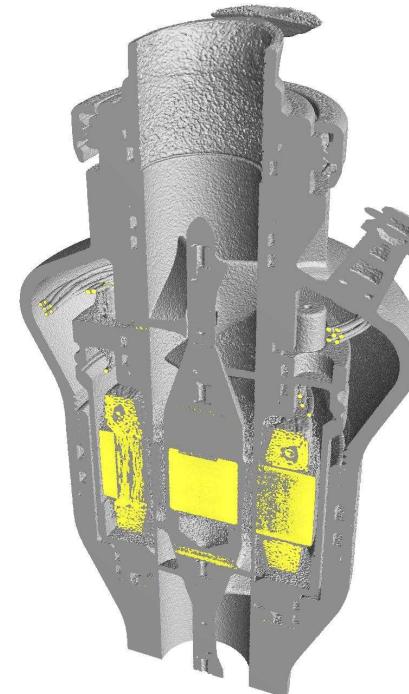


Okrugli stol "Trendovi razvoja biomedicinskog inženjerstva"

Mehanika bioloških strujanja

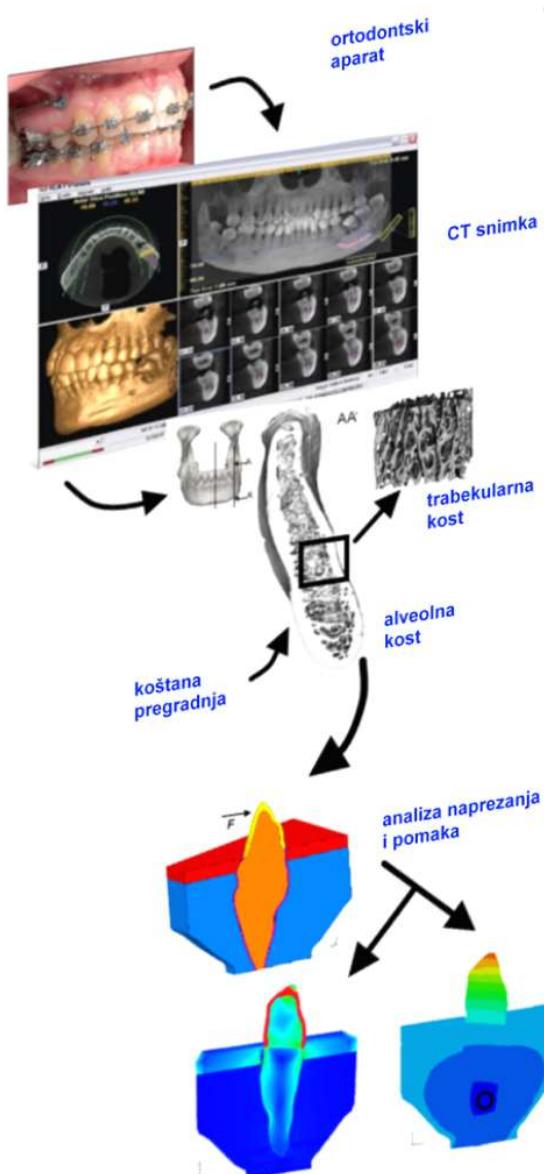
Grupa prof.dr.sc. Maria Šavara

- MODELIRANJE I RAZVOJ UMJETNE SRČANE PUMPE
 - cilj: korištenjem metoda računalne dinamike fluida, **analizirati strujanje krvi** u postojećoj ugradbenoj umjetnoj srčanoj pumpi (postojanje zona sa smanjenom brzinom i smanjenim/povećanim smičnim naprezanjima) te utvrditi **invazivno djelovanje pumpe na krvna zrnca**; modelirati rad vanjske i ugradbene umjetne srčane pumpe



Dentalna biomehanika

Grupa prof.dr.sc. Tanje Jurčević Lulić

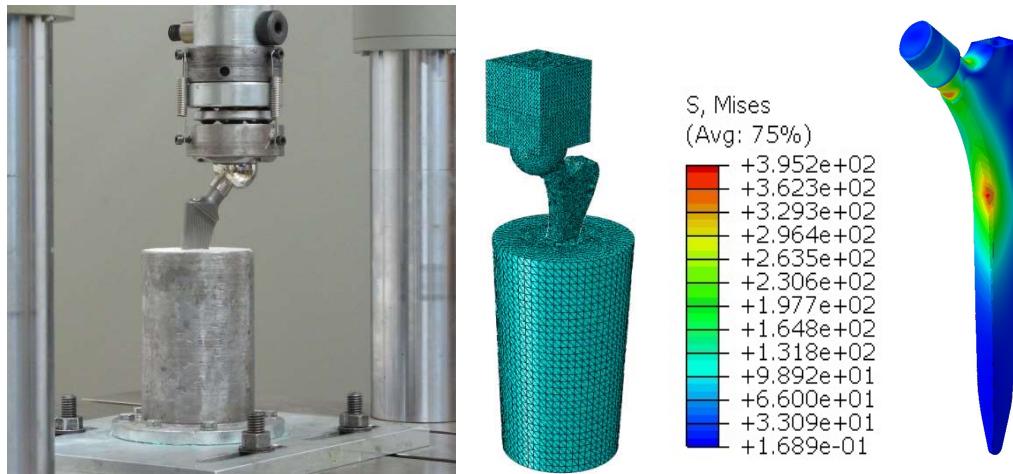


- Cilj: modelirati **pomak zuba** kod ortodontske terapije
- pregradnja alveolne kosti kao odgovor na mehanički podražaj
- **deformacija parodontnog ligamenta** - biomehanički **stimulus** koji inicira ortodontsko gibanje zuba
- model: zub (dentin, caklina, cement), parodontni ligament (vlakna i matrica - krvne žile, živci, stanice), kost (kortikalna, spužvasta).
- koštana pregradnja:
 - homogenizirani FE modeli (primjena zakona pregradnje kosti)
 - mikroFE modeli (nivo trabekula)
 - mehanobiološki modeli (parcijalne dif. jednadžbe koje opisuju gustoću stanica, koncentraciju faktora rasta...)
- Primjena: planiranje ortodontske terapije

Eksperimentalna mehanika

Grupa prof.dr.sc. Janoša Kodvanja

- ISPITIVANJE MEDICINSKIH IMPLANTATA I BIOLOŠKOG TKIVA
 - cilj: provođenje eksperimentalnih istraživanja (implantat u uvjetima **statičkog i cikličkog opterećenja**) te usporedba računalnih simulacija s rezultatima eksperimentalnih ispitivanja
 - optički sustav **ARAMIS**; ispitivanja vanjskih fiksatora, pločica za osteosintezu, endoproteza zgloba kuka, kostiju i mekog tkiva

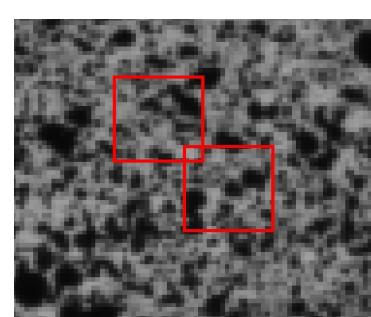
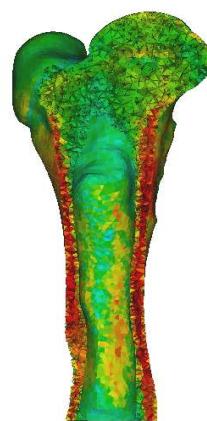


Eksperimentalna mehanika

Grupa prof.dr.sc. Janoša Kodvanja

- ISPITIVANJE MEDICINSKIH IMPLANTATA I BIOLOŠKOG TKIVA

- cilj: validacija numeričkih modela



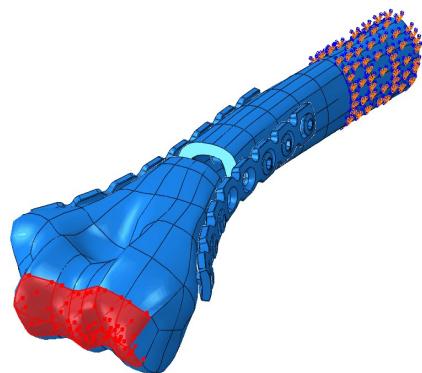
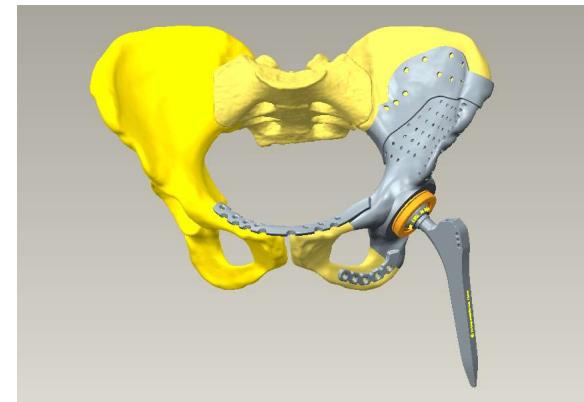
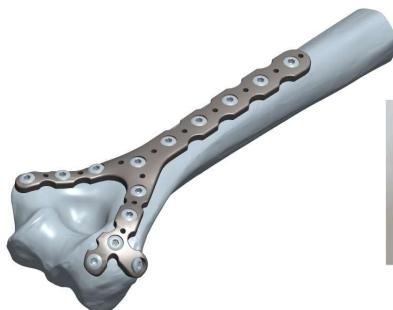
Okrugli stol "Trendovi razvoja biomedicinskog inženjerstva"

Eksperimentalna mehanika

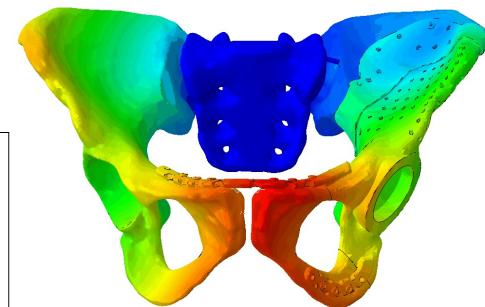
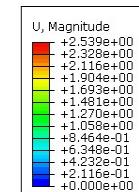
Grupa prof.dr.sc. Janoša Kodvanja

- **RAZVOJ NOVIH IMPLANTATA**

- cilj: razvoj implantata (pločica za distalni humerus na zaključavanje, pločica za proksimalni humerus, za distalni radijus, implantat zdjelice...)



Aksijalno opterećenje

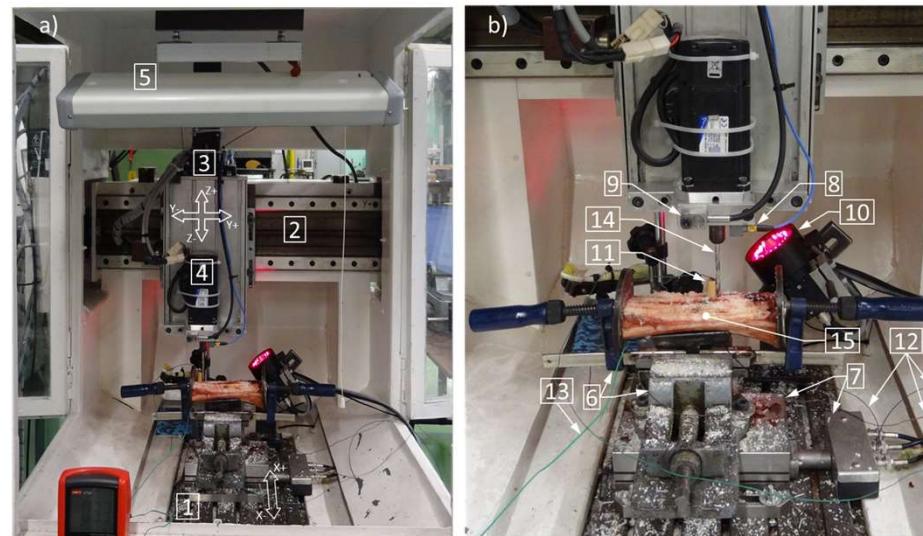


Napredni sustavi bušenja u koštano-zglobnoj kirurgiji

Grupa prof.dr.sc. Tome Udiljaka

- **MODELIRANJE TROŠENJA MEDICINSKOG SVRDLA**

- cilj: razvoj modela trošenja medicinskog svrdla s mogućnošću kvalitetne kvantifikacije stupnja istrošenosti i verifikacija modela eksperimentalnim rezultatima

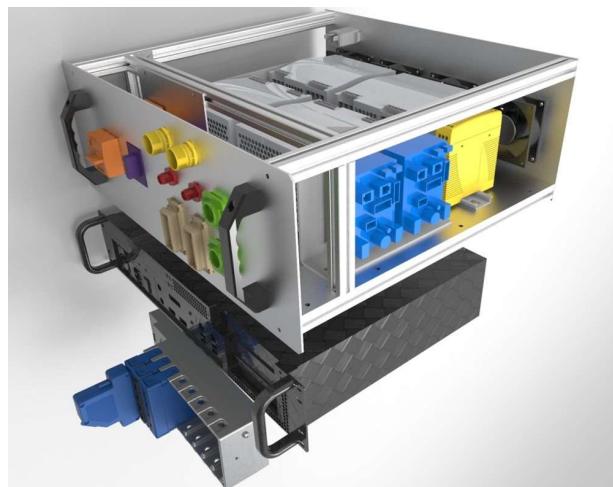


Slika 2. Unutrašnjost ispitnog stroja. (a) Radni prostor; (b) Detaljni prikaz ugrađenih senzora; (1) Posmični prigon X osi; (2) Posmični prigon Y osi; (3) Posmični prigon Z osi; (4) Glavni motor; (5) Infracrvena grijalica; (6) Stezna naprava; (7) Senzor sila (tro-komponentni); (8) Senzor vibracija (tro-komponentni); (9) Senzor akustične emisije; (10) Industrijska kamera s telecentričnim objektivom i rasvjjetom; (11) Termopar kortikalisa; (12) Termoparovi okoliša; (13) Termopar medularnog kanala; (14) Ispitno svrdlo; (15) Ispitna kost.

Napredni sustavi bušenja u koštano-zglobnoj kirurgiji

Grupa prof.dr.sc. Tome Udiljaka

- **RAZVOJ NOVOG SUSTAVA ZA MEDICINSKO BUŠENJE**
 - cilj: razvoj sustava koji će omogućiti nadzor mehaničkih i toplinskih opterećenja na alat i kost primjenom različitih vrsta mjernih sustava i naprednih algoritama odlučivanja kako bi se smanjila mogućnost termičkih i mehaničkih oštećenja kosti



Automatizirani sustav za izradu ortopedskih uložaka

Grupa prof.dr.sc. Tome Udiljaka

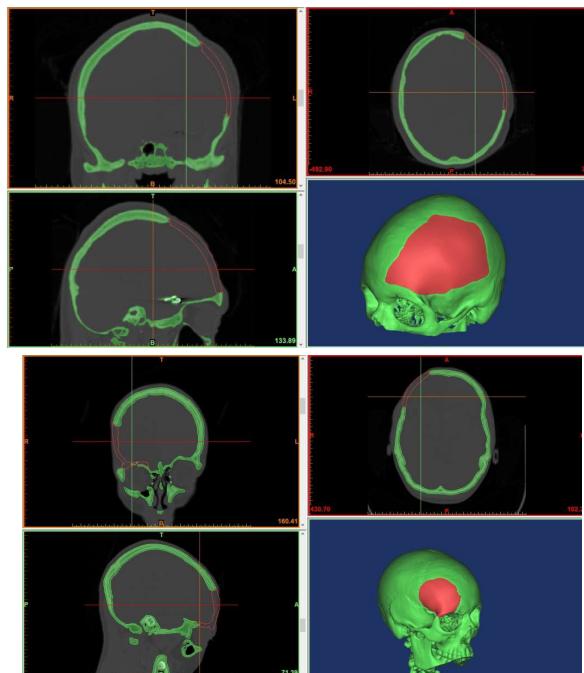
- **PROTOTIP AUTOMATIZIRANOG SUSTAVA ZA IZRADU ORTOPEDSKIH ULOŽAKA**
 - cilj: razvoj sustava koji omogućuje izradu individualnih uložaka (custom made) za obuću s velikom razinom autonomnosti



Primjena aditivnih tehnologija u medicini

Grupa prof.dr.sc. Mladena Šercera

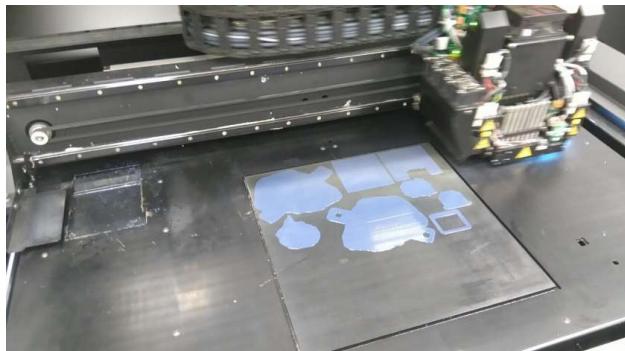
- METODA IZRADE IMPLANTATA OD KOŠTANOOG CEMENTA (PMMA) U 3D TISKANIM KALUPIMA
 - cilj: zbog ograničenog broja certificiranih materijala u medicini koji su dostupni za preradu aditivnim tehnologijama, razviti metodu posredne izrade implantata kompliciranih geometrija



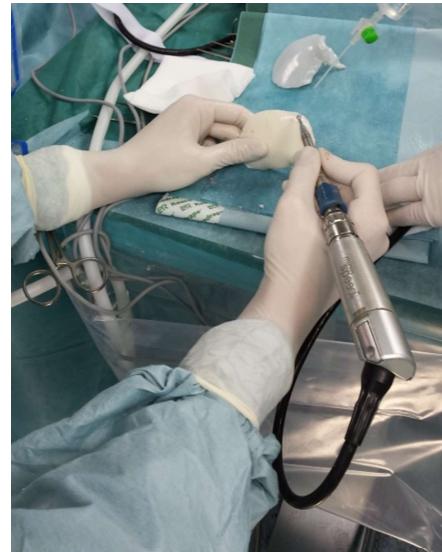
Primjena aditivnih tehnologija u medicini

Grupa prof.dr.sc. Mladena Šercera

- **METODA IZRADE IMPLANTATA OD KOŠTANOOG CEMENTA (PMMA) U 3D TISKANIM KALUPIMA**
 - cilj: razvoj tehnologije izrade implantata 3D tiskanjem od certificiranog biokompatibilnog polimernog materijala



3D tiskanje kalupa za izradu implantata



Neurokirurški robot

Grupa prof.dr.sc. Bojana Jerbića

- RAZVOJ INOVATIVNOG ROBOTSKOG SUSTAVA ZA IZVOĐENJE NEUROKIRURŠKIH ZAHVATA

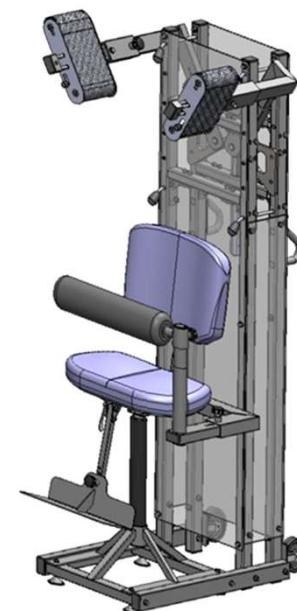
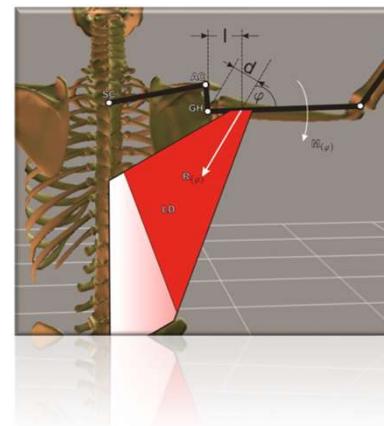
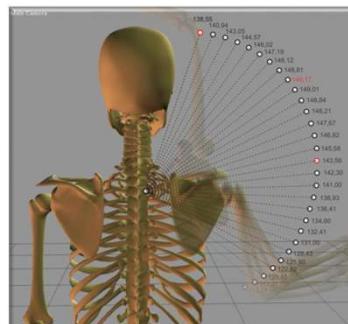


Ergonomija

Grupa izv.prof.dr.sc. Aleksandra Sušića

- **PRIMJENA ERGONOMIJE**

- cilj: primjenom biomehaničke analize utvrditi ključne elemente sustava koji dovode do **narušene funkcionalnosti lokomotornog sustava** te iskazati **preporuke** zaštite od ozljeda i za povećanje učinkovitosti - istraživanje primjene i razvoj **egzoskeletnih sustava** za olakšavanje vršenja radnih zadataka baziranih na bioničkim načelima; primjeniti ergonomiju u **oblikovanju i konstruiranju proizvoda**



Biomaterijali

Grupa prof.dr.sc. Zdravka Schauperla

- biološki materijali – varijabilnost svojstava, heterogenost, složeno ponašanje i građa, višerazinsko ponašanje
- razumijevanje svojstava bioloških materijala u cilju dizajniranja materijala implanata
- biokompatibilni materijali
- dentalna biomehanika: stomatološki materijali, estetski protetski materijali, metalurgija praha, utjecaj obrade na mikrostrukturu
- bio-inspirirani materijali
- bio mikro/nanotehnologije i biomaterijali

Trendovi razvoja biomehanike

- računalni modeli i simulacije - za predviđanje odnosa između parametara koji su zahtjevni za eksperimentalno istraživanje ili zbog provođenja prikladnijih eksperimenata smanjujući troškove i vrijeme eksperimenta
- standardne mehaničke konstitutivne jednadžbe povezuju mehanička opterećenja/narezanja s posljedičnim deformacijama; matematičko modeliranje **rasta i pregradnje** (G&R – growth and remodeling) – **mehanobiološke** konstitutivne jednadžbe (povezuju mehaničke i biološke procese G&R-a - opisuju i predviđaju promjenu mase i promjenu mikrostrukture)
- *multiscale* modeli (višerazinsko modeliranje) – opisuju složene procese putem više razina; mehanički odgovor na jednoj razini prenosi se na sljedeću razinu – opisati mehaniku stanice i njezinih komponeti
- fokus je na mikrostrukturi i višerazinskom modeliranju te bio-kemo-mehaničkom modelu
- personalizirani modeli (*patient specific*)

Trendovi razvoja biomehanike

- 3D tiskanje biokompatibilnih materijala, 3D tiskanje s matičnim stanicama → 3D tiskanje ljudskih organa?
- primjena inženjerskih metoda pri ranom otkrivanju bolesti, postavljanju dijagnoze, liječenju, planiranju operativnih zahvata i postoperativnom praćenju bolesnika te rehabilitaciji

HVALA NA PAŽNJI !