

## Izbira hidravličnega aktuatorja za podajen kirurški sveder za kosti: teoretični pristop

Wouter Gregoor<sup>1</sup> – Jenny Dankelman<sup>1</sup> – Christoph Kment<sup>2</sup> – Gabriëlle J.M. Tuijthof<sup>3,4,\*</sup>

<sup>1</sup> Tehniška univerza v Delftu, Nizozemska

<sup>2</sup> Avstrijsko središče za medicinske inovacije in tehnologijo, Avstrija

<sup>3</sup> Univerza za aplikativne vede Zuyd, Nizozemska

<sup>4</sup> Akademsko medicinsko središče, Nizozemska

Pri minimalno invazivni kirurški mikrofrakturni tehniki se običajno razkrijejo tehnične slabosti ravnih inštrumentov in vnaprej določenih smeri vstopa v sklepe: vsa mesta kirurških posegov niso dosegljiva, vrtnanje v sklep pod pravim kotom pa je izvedljivo le ponekod. V članku je raziskana uporabnost alternativnega tehničnega pristopa oz. zasnove podajnega svedra za kosti, ki ga poganja hidravlični aktuator. Cilj je izbira miniaturnega hidravličnega aktuatorja za predlagano aplikacijo. Sveder s hidravličnim pogonom ima več dodatnih prednosti, saj fiziološka raztopina med kirurškim posegom izpira sklep, voda pa tudi hladi sveder in tako preprečuje nekrozo.

Izbira je bila opravljena na osnovi teoretične analize. Konstruktivske zahteve so bile izpeljane iz minimalno invazivnega vrtnanja v kosti: vrtilna frekvenca 750 vrt./min, navor 0,015 Nm in največ 5 mm × 5 mm × 10 mm prostora za vrtnanje luknje premera Ø1,5 mm v človeško kost. Opravljen je bil pregled literature v bazi Scopus in v knjižnici Tehniške univerze v Delftu. Za vsak aktuator sta bila opisana pretok fluida in zahtevana tlačna razlika kot funkciji dimenzij in vrtilne frekvence aktuatorja. Izbira aktuatorja je bila opravljena na osnovi izbrane izhodne moči, navora, realističnih vhodnih dimenzij ter najmanjšega tlaka in števila delov.

V petih knjigah je opisanih šest hidravličnih aktuatorjev: zobniški hidromotor, hidromotor s profilnim rotorjem, aksialna turbina, radialna turbina, Peltonovo kolo in Ossbergerjeva turbina. Zadnji štiri stroji so hidrodinamične turbine, ki ne omogočajo zahtevanih vrtilnih frekvenc. Izbran je bil zobniški hidromotor, in sicer zaradi najmanjše zahtevane tlačne razlike ( $11,5 \times 10^5$  Pa) in preproste konstrukcije.

Prvič: ni bil upoštevan izkoristek aktuatorjev, ki je pomemben zaradi zahteve po majhnih dimenzijah. Podana teoretična primerjava pa je vseeno uporabna. Drugič: avtorji niso spreminjali zasnove šestih hidravličnih aktuatorjev, da bi dosegli rezultate, ki bi se bolje ujemali z zahtevami. Hitra analiza občutljivosti nekaterih parametrov aktuatorjev je pokazala, da ostaja velikostni red izračunanih vrednosti enak. Nejasno je, ali bi bilo te vrednosti mogoče doseči tudi v praksi. Tretjič: izbrana je bila vrtilna hitrost 750 vrt./min, deloma zaradi pomanjkanja podatkov o navoru, ki pa bi jo bilo mogoče zmanjšati zaradi nevarnosti nekroze.

Predstavljena študija je tako prvi pomemben korak v razvoju podajnega svedra za kosti s hidravličnim pogonom. V naslednjem koraku bi bilo mogoče zgraditi in preskusiti miniaturni zobniški hidromotor. Prototip v merilu je potrdil probleme, povezane z izgubami, kritičnimi geometrijami in tolerancami površin. Izgube, ki zmanjšujejo izkoristek, bi bile sicer sprejemljive za medicinsko aplikacijo, toda pričakovana večja tlačna razlika bi lahko ogrozila varnost.

Izpeljane so bile kvantitativne konstruktivske zahteve za podajen minimalno invaziven kirurški sveder za kosti.

- Obravnavanih je bilo šest hidravličnih aktuatorjev: zobniški hidromotor, hidromotor s profilnim rotorjem, aksialna turbina, radialna turbina, Peltonovo kolo in Ossbergerjeva turbina.
- Teoretični izračuni na osnovi kvantitativnih zahtev so pokazali, da je zobniški hidromotor najprimernejša izbira za aktuator.
- Teoretične enačbe so splošne narave in jih bo mogoče uporabiti tudi za izbrane hidravlične aktuatorje v drugih aplikacijah.

**Ključne besede:** ortopedski posegi, kirurška orodja, aktuator, sveder za kosti, hidravlika