

RONNA G3: nov robotski nevronavigacijski sistem

Marko Švaco^{1,2,*} – Bojan Šekoranja^{1,2} – Filip Šuligoj^{1,2} – Josip Vidaković^{1,2} – Bojan Jerbić^{1,2} – Darko Chudy^{3,4}

¹ Univerza v Zagrebu, Fakulteta za strojništvo in ladjedelništvo, Hrvaška

² Sodelavec Zavoda za nevrokirurgijo, Klinična bolnišnica Dubrava, Hrvaška

³ Zavod za nevrokirurgijo, Klinična bolnišnica Dubrava, Hrvaška

⁴ Hrvaški inštitut za raziskave možganov, Univerza v Zagrebu, Medicinska fakulteta, Hrvaška

V članku je predstavljen nov robotski nevronavigacijski sistem RONNA G3, ki je izdelan na osnovi standardnih industrijskih robotov in razvit za stereotaktično navigacijo brez okvirja. Sistem RONNA G3 je sestavljen iz dveh robotskih rok, nameščenih na posebnih univerzalnih mobilnih platformah, globalnega optičnega sledilnega sistema (OTS) in programske opreme za načrtovanje. Za registracijo pacienta so uporabljeni označevalci (toga referenčna oznaka ali poljubno razporejene referenčne oznake na kosti), za lokalizacijo pacienta v fizičnem prostoru pa je uporabljen stereovizijski sistem (RONNAstereo). RONNAstereo ima dve infrardeči (IR) kameri z makroobjektivom, poravnani pod kotom 55° v isti ravnini. Robota sta opremljena s kirurškimi instrumenti (vodila, prijemala, sveder itd.). Lastnost, po kateri se sistem RONNA G3 razlikuje od večine drugih sodobnih robotskih nevrokirurških sistemov, je dodatna mobilna platforma, opremljena s podajno in občutljivo robotsko roko. RONNA G3 je tako dvoročni robotski sistem.

Natančnost delovanja sistema RONNA G3 je bila ovrednotena v študiji na fantomu z dvema različnima metodama registracije. Pri vrednotenju natančnosti in vitro je bila natančnost pozicioniranja sistema RONNA G3 izmerjena na posebnem testnem fantomu. Ta je sestavljen iz polimernega podnožja z enim osrednjim stebrom, 16 naključno porazdeljenih sferičnih referenčnih oznak in ene toge referenčne oznake. Metodi registracije (s togo oznako in poljubno razporejenimi referenčnimi oznakami) sta bili ovrednoteni z registracijo vsake slike CT iz slikovnega v fizični prostor. V prvem primeru je bila za opredelitev koordinatnega sistema fantoma uporabljena toga referenčna oznaka na fantomu, v drugem primeru pa tri naključno razporejene sferične referenčne oznake, pritrjene s kostnimi vijaki. Druga metoda omogoča v klinični praksi spreminjanje velikosti oznak in približevanje registriranega koordinatnega sistema tarčam. Ugotovljene so bile napake pozicioniranja tarč (TPE) za 10 poljubnih položajev in orientacij fantoma v delovnem prostoru robota. Meritev je bila ponovljena za vsako od treh slik CT.

Absolutna natančnost pozicioniranja sistema RONNA G3 oz. napaka pozicioniranja je bila ovrednotena za dve različni skupini tarč: površinske (< 50 mm) in globoke (> 50 mm). Delitev se nanaša na koordinato z tarče v koordinatnem sistemu toge referenčne oznake oz. poljubno razporejenih sferičnih referenčnih oznak. Tako pri površinskih kot pri globokih tarčah je bila ugotovljena signifikantna razlika v natančnosti pozicioniranja, tako pri srednji (0,43 mm in 0,88 mm) kot pri največji napaki (1,36 mm in 1,89 mm). Natančnost z napako pod 0,5 mm, ki zadošča zahtevam za stereotaktične posege, je dosegljiva, če se tarče nahajajo v bližini koordinatnega sistema označevalca (< 50 mm). Sistem je bil na osnovi napak pozicioniranja v preizkusih s fantomom pripravljen za klinične preiskave, ki trenutno še potekajo.

RONNA G3 je nov nevronavigacijski robotski sistem, ki bo uporaben kot dovršeno orodje za nevrokirurge pri intraoperacijskem načrtovanju in natančni nevronavigaciji brez okvirja. Nevrokirurški robotski sistem RONNA G3 zagotavlja vrsto prednosti v kirurških posegih, kot so odprava tresljajev, manjše tveganje napak zaradi kirurgove utrujenosti in hitrejši potek operacije. Sistem RONNA G3 se razlikuje od sodobnih robotskih nevronavigacijskih sistemov za nevrokirurške posege po dveh poglavitnih lastnostih. Prva je, da gre za namensko univerzalno mobilno platformo, ki lahko sprejme različne vrste robotov, druga poglavitna lastnost pa je novi visokonatančni brezkontaktni sistem za lokalizacijo RONNAstereo. RONNA G3 poleg tega uporablja nov samodejni algoritem, ki je bil razvit za izboljšanje lokalizacije sferičnih referenčnih oznak pred operacijo.

Ključne besede: robotska nevronavigacija, stereotaksija brez okvirja, minimalno invazivna kirurgija, RONNA G3, natančnost, fantom