

Dr. Uroš Marušič, namestnik predstojnika Inštituta za kineziološke raziskave ZRS Koper in vodja laboratorija, ki preučuje možgansko dinamiko med gibanjem

Danes možgane lahko preučujemo celo med bungee jumpingom

Gibalna aktivnost odločilno vpliva na delovanje naših možganov. Obdobje neaktivnosti ima neposredne posledice na slabšanje ravnotežja in koordinacije, kar povečuje tveganje za padce. Z razvojem novih metod merjenja možganske aktivnosti med gibanjem se kaže, da v gibalne naloge niso vključena le klasična motorična področja, temveč tudi širša možganska omrežja, ki jih v preteklosti z gibanjem nismo neposredno povezovali. Dr. Uroš Marušič z Inštituta za kineziološke raziskave ZRS Koper pojasnjuje, kako daleč je prišla znanost na tem področju.

NATAŠA ČEPAR
ZRS Koper

• Pomembno področje našega raziskovanja je nevroznanost gibanja. Lahko za začetek pojasnite, kaj pravzaprav preučujete in s kakšnim namenom?

Nevroznanost gibanja se ukvarja s tem, kako možgani načrtujejo, nadzorujejo in prilagajajo gibanje v interakciji s telesom in okoljem. Moja raziskovalna pot izhaja iz biomedicinskega inženiringa – že med študijem na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani sem se ukvarjal z obdelavo biomedicinskih signalov, rehabilitacijsko robotiko in prvimi koraki v smeri možgansko-računalniških vmesnikov (brain-computer interfaces, BCI).

Pri pisanju doktorata sem se poglobil v mehanizme sprememb motorične kontrole pri starejših odraslih, pri čemer nas je zanimalo predvsem, kako se centralni živčni sistem reorganizira ob spremenjenih pogojih delovanja. V tem kontekstu smo v okviru 14-dnevne *Bed rest* študije preučevali tudi spremembe možganske aktivnosti pri dolgotrajni neaktivnosti. Uporabljali smo elektroencefalografijo (EEG), ki je bila takrat še izrazito statična tehnologija – vezana na ojačevalce, računalnike in električno omrežje, s kablji, ki so močno omejevali prostor zajemanja podatkov in gibanje preiskovancev. Pogosto uporabim analogijo s telefoni: nekoč so bili žični, danes mobilni. Podobno je tudi z merjenjem možganske aktivnosti – nekoč smo bili omejeni na približno kvadratni meter laboratorijskega prostora, danes pa lahko možgane preučujemo med hojo po mestu, na koncertu, v ekstremnih okoljih, kot je vesolje, ali celo med bungee jumpingom (takšne študije dejansko že obstajajo).

V okviru laboratorija Slovenian Mobile Brain/Body Imaging Lab (Slo-MoBIL), ki deluje znotraj Inštituta za kineziološke raziskave ZRS Koper, preučujemo možgansko dinamiko med dejanskim gibanjem. To pomeni, da nas zanima, kako možgani delujejo v vsakdanjih situacijah – med hojo, ohranjanjem ravnotežja, opravljanjem več nalog hkrati (dual- in multitasking) ter kako se ti procesi spremenijo pri patoloških stanjih, kot je Parkinsonova bolezen. Poseben poudarek dajemo zgodnjim spremembam v delovanju možganov in njihovi povezavi z gibanjem, saj prav te pogosto napovedujejo kasnejši funkcionalni upad.



• Poseben poudarek dajemo zgodnjim spremembam v delovanju možganov in njihovi povezavi z gibanjem, saj prav te pogosto napovedujejo kasnejši funkcionalni upad, razlaga dr. Uroš Marušič.

• Veliko ste delali s Parkinsonovimi bolniki in tistimi, ki so potrebovali rehabilitacijo po možganski kapi. Kako jim lahko pomagate danes in v prihodnje?

Današnji čas je v tem pogledu edinstven. Na eni strani imamo ogromno akumulirane znanja o delovanju človeškega gibanja – zanimivo je, da nekatera temeljna načela segajo vse do antičnih časov, ko je že Aristotel sistematično preučeval gibanje in zapisal svoja presenetljivo natančna

2012, ko je bila *Bed rest* študija tudi osrednji del mojega doktorskega dela. Moja raziskovalna skupina se osredotoča na prilagoditve centralnega živčnega sistema ob večdnem ležanju, zlasti na spremembe v senzomotoričnem procesiranju. Ugotavljam, da dolgotrajna neaktivnost ne vpliva zgolj na mišično maso in kostno gostoto, temveč povzroči tudi funkcionalno reorganizacijo možganov. Po udeležbi v raziskavi *Bed rest* opazimo spremenjeno aktivacijo senzomotori-

Nekoč smo bili omejeni na približno kvadratni meter laboratorijskega prostora, danes pa lahko možgane preučujemo med hojo po mestu, na koncertu, v ekstremnih okoljih, kot je vesolje, ali celo med bungee jumpingom.

opažanja. Na drugi strani pa živimo v obdobju revolucije umetne inteligence, ki prodira tudi v znanstveno raziskovalni prostor.

V praksi to pomeni, da lahko danes združujemo visokoločljive meritve možganske in telesne aktivnosti z metodami strojnega učenja, s katerimi odkrivamo vzorce, ki prej niso bili zaznavni. Pri bolnikih s Parkinsonovo boleznijo na primer ne spremljamo zgolj kliničnih simptomov, temveč subtilne spremembe v možganski dinamiki med hojo ali ravnotežnimi nalogami. To odpira možnosti za zgodnejše odkrivanje bolezni, bolj individualizirane rehabilitacijske pristope ter razvoj digitalnih biomarkerjev, ki bi lahko v prihodnje podprli tudi spremljanje bolezni na daljavo. Podobno velja za rehabilitacijo po možganski kapi, kjer se vse bolj pomikamo od splošnih protokolov k personalizirani rehabilitaciji, temelječi na objektivnih nevrofizioloških kazalnikih.

• Inštitut za kineziološke raziskave ZRS Koper je lani za potrebe Italijanske vesoljske agencije izvedel odmevno raziskavo *Bed rest*. Do kakšnih novih ugotovitev ste prišli?

Študija *Bed rest*, izvedena v sodelovanju s Splošno bolnišnico Izola, je bila že osma tovrstna raziskava, ki smo jo izvedli raziskovalci ZRS Koper pod vodstvom prof. dr. Rada Pišota in prof. dr. Boštjana Šimuniča. Sam sem se tem raziskavam pridružil leta

je omogočil celostno razumevanje živčno-mišičnega nadzora gibanja v realnih, dinamičnih okoljih, ki jih s klasičnimi laboratorijskimi pristopi ni bilo mogoče zajeti.

V zadnjem času se pojavljajo tudi prve študije, ki opozarjajo na potencialne učinke orodij, kot je ChatGPT, na kognitivno angažiranost. Neke druge raziskave kažejo, da lahko pretirano zanašanje na generativne jezikovne modele zmanjša aktivacijo možganskih omrežij, povezanih z globokim razmišljanjem, delovnim spominom in kreativnim reševanjem problemov. To seveda ne pomeni, da je tehnologija sama po sebi škodljiva, temveč da zahteva zrelo in kritično uporabo.

• Veliko sodelujete v projektih z mednarodnimi partnerji, je v ta globalni znanstveni svet težko prodrati?

Včasih se pošalim, da sem v bolj rednem stiku s kolegi čez lužo kot s tistimi v sosednji pisarni. Digitalna komunikacija je močno zmanjšala geografske ovire. Poleg skoraj vsakodnevnih stikov s kolegi v Evropi, od Grčije, do Nemčije, Belgije, Italije, Danske, sem v preteklem letu preživel semester na Univerzi na Floridi, v laboratoriju, ki sodi med vodilne na področju nevroznanosti gibanja. Dolgoročno sodelujem tudi s Stony Brook Univerzo in Univerzo iz Michigana, kjer sem deloval kot podoktorski raziskovalec, v zadnjem času pa vzpostavljamo tudi povezave s kitajskimi raziskovalnimi institucijami.

Naša ključna prednost, ki pomaga pritegniti in vzdrževati takšna mednarodna sodelovanja, je kombinacija metodološkega znanja, mobilnih merilnih tehnologij in interdisciplinarnega pristopa, ki povezuje nevroznanost, kineziologijo, biomedicinsko inženirstvo ter tudi klinično prakso.

• Zelo ste naklonjeni sodelovanju z gospodarstvom, zakaj je to za akademsko okolje tako pomembno in kje vidite glavne koristi?

Kot vedno, ki prihajajo iz akademskega okolja, sem potreboval kar nekaj časa, da sem razumel in spregel logiko gospodarstva. Danes pa vidim, da so tovrstne povezave ne le koristne, temveč nujne. Inovacijska in startup okolja prinašajo izjemno dinamiko, agilnost ter močno usmerjenost k reševanju konkretnih problemov, medtem ko akademija prispeva znanstveno utemeljenost, metodološko rigoroznost in dolgoročno zanesljivost. Prav v prepletu obeh svetov vidim enega največjih razvojnih potencialov za prihodnost.

S tem namenom sem leta 2024 opustil Podjetniško šolo v okviru Inkubatorja Sežana, od leta 2023 pa vodim projekt *TBrainBoost*, ki je usmerjen v sistematično povezovanje akademije in industrije na področju nevrotehnologij. Takšne pobude vse bolj spodbuja tudi Evropska komisija, pri čemer pa je ključno, da se ob sodelovanju ohrani avtonomija in suverenost obeh strani.



Dr. Uroš Marušič se ukvarja z nevroznanostjo gibanja.



Prispevek je nastal v okviru raziskovalnega programa PS-0381 - Kineziologija za kakovost življenja, ki ga vodi prof. dr. Rado Pišot. Finančno ga podpira Agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).