

INTERVJU –
 izv. prof. prim. dr. sc. GORAN KRSTAČIĆ, dr. med., FESC, FEHRA

Gdje kaos počinje, klasična znanost prestaje!


 Jadranka Pavić

Predodžba o kaosu kakvim ga često prikazuju neutemeljena je jer kaos je nešto što bi u mnogočemu ostvarilo pozitivnost. Iz njega se iščitavaju pravilnosti u nepravilnosti. Kaos je uređen sustav, a da bismo iz njega mogli predviđati, treba uočavati pravilnosti u nepravilnostima. Moglo bi se reći – gdje kaos počinje, klasična znanost prestaje. Tako su fizičari dugo pokušavali odgonetnuti zakone prirode, ali bilo je otegotno razlučiti neke prirodne pojave kao što su nered u atmosferi, uzburkano more, promjene životinjskih populacija, titraji srca i mozga i slično.

Profesor Goran Krstačić ravnatelj je Poliklinike za prevenciju kardiovaskularnih bolesti i rehabilitaciju u Zagrebu. Specijalist je interne medicine i uži specijalist kardiologije. Izvanredni je profesor na Fakultetu za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek i Medicinskom fakultetu u Osijeku. Završio je i studij Menadžment u zdravstvu. Bio je predsjednik Radne skupine za e-kardiologiju i koordinador područja e-tehnologije Europskoga kardiološkog društva. Bio je član odbora Europske asocijacije za srčani ritam i Svjetske asocijacije za područje računalstva u kardiologiji. Na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu vanjski je suradnik – nastavnik od 2008. godine i nalazi se u naslovnom zvanju profesora visoke škole u trajnom zvanju. Područje kojim se između ostalog u kardiologiji bavi jest i neurokardiologija, u kojoj je naglašen značaj povezanosti srca i mozga, što je i tema ovog razgovora.



Znanje nalazi u mozgu, no istinska mudrost počiva u srcu

 U knjizi *Neurokardiologija* čiji ste urednik osvrnuli ste se na dr. Rollina McCratyja, voditelja istraživanja pri Institutu HeartMath iz Sjeverne Karoline, u kojem je, između ostalog, navedeno: „Mozak ima mnogo više neurona od srca, no to je ipak funkcionalan mozak. Ali neurološki gledano, srce šalje više informacija prema mozgu nego što ih mozak šalje srcu...” Možete li pojasniti ovu činjenicu?

Većina nas je učila u školi da srce stalno reagira na „naredbe” koje mozak šalje u obliku neuronskih signala. Međutim, nije tako često poznato da srce zapravo šalje više signala u mozak nego što mozak šalje srcu! Štoviše, ti srčani signali imaju znatan utjecaj na funkciju ⇨

mozga – utječu na emocionalnu obradu, kao i na više kognitivne sposobnosti kao što su pažnja, percepcija, pamćenje i rješavanje problema. Drugim riječima, ne samo da srce reagira na mozak nego i mozak stalno reagira na srce. Učinak aktivnosti srca na funkciju mozga opsežno je istraživano tijekom proteklih 40 godina. Ranija istraživanja uglavnom su ispitivala učinke srčane aktivnosti u vrlo kratkom razdoblju – tijekom nekoliko uzastopnih otkucaja srca na maksimumu. Znanstvenici s Instituta HeartMath proširili su ovo znanstveno istraživanje promatrajući kako obrasci srčane aktivnosti veće veličine utječu na funkcioniranje mozga. Istraživanja su pokazala da različiti obrasci srčane aktivnosti (koji prate različita emocionalna stanja) imaju različita djelovanja na kognitivnu i emocionalnu funkciju. Tijekom stresa i negativnih emocija, kada je uzorak srčanog ritma neredan i poremećen, odgovarajući uzorak živčanih signala koji putuje od srca do mozga inhibira više kognitivne funkcije. To ograničava našu sposobnost da jasno razmišljamo, pamtimo, učimo, razumijemo i donosimo učinkovite odluke. (Ovo pomaže objasniti zašto se često osjećamo impulzivno i nepromišljeno kada smo pod stresom.) Ulaz srca u mozak tijekom stresnih ili negativnih emocija također ima dubok utjecaj na emocionalne procese u mozgu – zapravo služi za pojačavanje emocionalnog iskustva stresa. Nasuprot tome, uređeniji i stabilniji uzorak srčanog ulaza u mozak tijekom pozitivnih emocionalnih stanja ima suprotan učinak – olakšava kognitivne funkcije i jača pozitivne osjećaje i emocionalnu stabilnost. To znači da učenje za stvaranje povećane koherencije srčanog ritma, održavanjem pozitivnih emocija, ne samo da koristi cijelom tijelu nego i duboko utječe na to kako opažamo, mislimo, osjećamo i izvodimo.

? U vezi s prethodnim pitanjem, možete li pojasniti izjavu dr. McCratyja koji smatra da se znanje nalazi u mozgu, no istinska mudrost počiva u srcu? Možemo li to povezati i s činjenicom da ljudi srce povezuju s intuicijom?

On često ističe „Neka vaše srce razgovara s vašim mozgom.” U toj simbiozi iščitavamo i proces učenja i stjecanja znanja, ali i mudrost te intuiciju koja nas vodi nekamo dalje, više...

Fizičku važnost srca ne treba podcjenjivati, ona podupire život, šaljući krv života u stabla poput udova našeg krvožilnog sustava, no to je pretjerano pojednostavljen pogled na ono što je srce sposobno. Recentna istraživanja Bradena ponovno elaboriraju staru tehniku proučavanja srca kao inteligentnog organa. Inteligencija srca predugo je ignorirana. Ono što smo naučili o mu-



drosti srca, međutim, u proteklih nekoliko godina kroz Institut za matematiku srca i kroz istraživanja psihologa, neurobiologa i učenja o mudrosti iz naše drevne prošlosti, trebalo bi potaknuti sve da pogledaju srce na potpuno novi način. Čak i oni koji nisu navikli koristiti svoju urođenu inteligenciju – to je njihova intuicija – polako se osvješćuju u svojem srcu za pružanje odgovora na najdublja i najteža pitanja. Srce zna vašu prošlost, sadašnjost i vašu budućnost. Njegova inteligencija ne mari za vaše egoične konstrukte. Srce jednostavno govori s posve neutralnog mjesta. Štoviše, ako pogledamo jednostavnu neurobiologiju srca – postoji mnogo više vlakana koja vode od srca do mozga nego od mozga do srca. To znači da se u mozak šalje mnogo više komunikacije koja se zatim prima od nje. Srce počinje kucati u nerođenom fetusu prije nego što je mozak čak i formiran, a to znanstvenici nazivaju autorhythmic. Ljudi također formiraju emocionalni mozak mnogo prije racionalnog, a srce ima vlastiti neovisni složeni živčani sustav poznat kao „mozak u srcu”.

Teorija kaosa jest perspektiva za razvoj struke i znanosti

? Iznimno je interesantno područje kojim se bavite i tumačenje teorije kaosa koja tvrdi da su svi događaji u prirodi kaotični i nepredvidljivi te da fizikalni zakoni mogu vrijediti samo unutar suženih granica, dajući prostor za kreativnost i spontanost. Kaos se uglavnom doživljava kao nešto negativno,



nešto što stvara zbrku, a prema Vašim radovima može se zaključiti da je kaos nešto pozitivno. Možete li to argumentirati?

Predodžba o kaosu kakvim ga često prikazuju neutemeljena je jer kaos je nešto što bi u mnogočemu ostvarilo pozitivnost. Iz njega se iščitavaju pravilnosti u nepravilnosti. Kaos je uređen sustav, a da bismo iz njega mogli predviđati, treba uočavati pravilnosti u nepravilnostima. Moglo bi se reći – gdje kaos počinje, klasična znanost prestaje. Tako su fizičari dugo pokušavali odgonetnuti zakone prirode, ali bilo je otegotno razlučiti neke prirodne pojave kao što su nered u atmosferi, uzburkano more, promjene životinjskih populacija, trajni srca i mozga i slično. Može se reći da znanstvenici počinju pronalaziti put kroz nered, a tu zajedničkim naporima rade matematičari, fizičari, liječnici, biolozi, kemičari i ekolozi. Svi su oni u potrazi za svezama između različitih vrsta nepravilnosti. Tako se brzo razvila teorija kaosa i kaos je promijenio znanstveni pristup, probio granice između znanstvenih disciplina. Mnogi znanstvenici ističu da će se znanost 20. stoljeća pamti po samo tri stvari: teoriji relativnosti, kvantnoj mehanici i teoriji kaosa. Valja napomenuti da kaos nije samo teorija nego i metoda, ne samo skup uvjerenja nego i način provođenja znanosti. Ljudsko je tijelo primjer složenoga dinamičkoga sustava i stoga je kamen kušnje svake složenosti. Nijedan predmet proučavanja ne nudi takva kontraritmička gibanja u mjerilima od makroskopskih do mikroskopskih. Nijedan fizikalni sustav nije podložan tako čudesnoj vrsti redukcionizma gdje svaki organ ima vlastiti mikroustroj. Osamdesetih godina prošloga stoljeća kaos je stvorio novu vrstu fizio-

logije, temeljenu na zamisli da matematička sredstva mogu pomoći znanstvenicima u razumijevanju globalnih složenih sustava. Istraživači su sve više proučavali ljudski organizam kao mjesto gibanja i oscilacija razvijajući novi način promatranja njegovih raznolikih ritmova. Pronašli su ritmove nevidljive na fiksiranim mikroskopskim slikama ili u svakodnevnim laboratorijskim krvnim testovima. Proučavali su kaos u respiracijskom neredu. Istražili su mehanizme povratne sveze u nadzoru staničnih krvnih elemenata. Dakle, teorija kaosa donijela je mnogo toga pozitivnog i perspektivnog za razvoj struke i znanosti.

Dinamika nelinearnih valova u analizi rada srca

? Kako nelinearnost i deterministički kaos povezujete s područjem kardiologije?

Znanstvenici drže da je ishemija mozga i srca posljedica i promjene dinamike rada srca. Kardiovaskularne funkcije nisu stacionarne, tradicionalni pokazatelji varijabilnosti srčanog rada ne mogu otkriti suptilne, ali važne promjene u srčanom radu. Električni impulsi koji utječu na rad srca ili ga reguliraju mogu se opisati s pomoću nelinearnih valova koji se prostiru kroz srčani mišić. Razumijevanje dinamike tih nelinearnih valova može pomoći u dijagnozi i predviđanju tijeka bolesti srca. Budući da su nelinearni mehanizmi uključeni u nastanak dinamike srčanog rada, analiza signala u vremenskim serijama otvara mogućnosti razlučivanja normalnog od patološkog kardiovaskularnog zbivanja. U kardiologiji je od posebnog interesa dinamička analiza elektrokardiografskih zapisa rada srca. Ispitivanje krvožilnog sustava na temelju proučavanja vremenskih serija EKG-a s pomoću metoda nelinearne dinamike i teorije kaosa može dati puno više ciljnih informacija o radu srca i krvožilnim pobolima. Dinamika srca je nelinearna, višedimenzijska i stohastička, što ukazuje na postojanje vrlo kompleksnog gibanja. Budući da je konvencionalnim mjerenjima dostupna obično samo jedna komponenta višedimenzijskog sustava, potrebno je, metodom vremenskog pomaka iz dostupne vremenske serije EKG-a, rekonstruirati višedimenzijski fazni prostor u kojem je uložena složena dinamika srca. Problem je odrediti najpovoljniji vremenski pomak i dimenziju prostora ulaganja kako bi tražena nelinearna dinamika srca postala razvidna. To je postalo moguće tek razvojem metoda nelinearne dinamike i teorije kaosa, čime su stvoreni uvjeti za ⇨

kvantificiranje fluktuacije srčanog rada. Analizom vremenskih serija u slučaju ishemijske srca ili mozga može se potvrditi nastanak kvaziperiodičkog gibanja, a moguće čak i kaotičnog, što dopušta postojanje determinističkog kaosa. Na taj način analiza nelinearne dinamike vremenskih serija kod bolesnika s ishemijom srca ili mozga može potvrditi, ali što je daleko važnije, i otkriti promjene prije nego što mogu biti utvrđene konvencionalnim dijagnostičkim metodama. Utvrđivanjem postojanja linearne odnosno nelinearne dinamike određuje se je li sustav deterministički ili stohastički te je li vremenska serija regularna ili kaotična. Problem determinističkog kaosa u radu srca danas je vrlo aktivno područje istraživanja, posebice jer je sada poznato da mnogi srčani i moždani poboli mijenjaju dinamiku srca na način koji je moguće otkriti samo metodama nelinearne dinamike.

? U svojem radu *Varijabilnost srčanog ritma u neurokardiologiji* spominjete fraktale. Možete li ih pojasniti i povezati s područjem neurokardiologije?

Kaos u tehničkom smislu označava vrstu vremenskog predviđanja u kojem razlika između dva stanja u početku raste eksponencijalno s vremenom. Kaos je deterministički i neperiodičan te se nikada točno ne ponavlja u istom obliku. Mnogi kaotični sustavi vrlo su osjetljivi i zavisni u početnim stanjima. Kaotično ponašanje ipak je ograničeno i ima krajnji oblik. Poseban su oblik kaosa fraktali, odnosno fraktalni sustavi. Oni se opisuju kao svojstva samosličnosti u širokom skalnom rasponu. Normalne vremenske serije srčanog rada slične su fraktalima i ističu fraktalna svojstva samosličnosti preko različitih vremenskih skala bez tipične skale. Upravo te kaotične, fraktalne i nelinearne karakteristike ponašanja srčanog rada opetovano inspiriraju na testiranje i razvoj metoda nelinearne dinamike u različitim kardiovaskularnim i cerebrovaskularnim pobolima.

Umjetnost u rehabilitaciji kardioloških bolesnika

? Ako govorimo o kontinuiranoj komunikaciji mozga i srca, tada je neizostavan i utjecaj umjetnosti u kardiologiji. Kakva su iskustva u svijetu i u Hrvatskoj s obzirom na primjenu umjetnosti u rehabilitaciji kardioloških bolesnika? Na koji se način umjetnost može primjenjivati kao metoda u rehabilitaciji kardioloških bolesnika?

Ja bih bio slobodan Vaše pitanje proširiti ne samo na utjecaj umjetnosti na rezultate u rehabilitaciji srčanih bolesnika nego i na primjenu novih, poglavito holističkih metoda u kardiovaskularnoj rehabilitaciji (KVR) od kojih neke baštine umjetnost u sebi. Digitalno zdravlje recenatno je postalo fokus mnogobrojnih istraživanja i primjene u kliničkoj medicinskoj praksi. To je multidisciplinarno i interdisciplinarno područje te uključuje sadržaje u kardiologiji, ali i drugim strukama kao što su telemonitoring, telerehabilitacija, računalstvo, e-zdravstvo, m-zdravlje, umjetna inteligencija, strojno učenje, duboko učenje, pohrana i upotreba velikog broja podataka i još mnogo toga. Iskustvo Poliklinike za prevenciju kardiovaskularnih bolesti i rehabilitaciju u Zagrebu, gdje se ambulantna KVR uspješno provodi posljednjih 37 godina, jest da unatoč kontinuiranom usavršavanju i unaprjeđivanju metoda tradicionalne kardiovaskularne rehabilitacije, kao i uvođenju novih metoda digitalnog zdravlja, zanimljiv napredak u liječenju pacijenata i njihova bolja kvaliteta života ostvarena je primjenom nekih novih holističkih metoda i kombinacija s metodama digitalnog zdravlja. Tu se ističe analiza varijabilnosti srčanog ritma temeljena na nelinearnim metodama s teorijom kaosa i teorijom strune koja može generirati sliku fraktala pacijentova srca. Nadalje, zadnje dvije godine primjenjuje se receptivna muzikoterapija koju je do sada prošlo oko 40 pacijenata s ukupno više od 500 sati glazbe. Vrlo su zanimljive i korisne metode bihevioralne kardiologije i biofeedbacka. Nešto sasvim novo i revolucionarno bila bi kombinacija analize varijabilnosti srčanog ritma srčanog bolesnika koji je u programu kardiovaskularne rehabilitacije i terapija glazbom i slikom tzv. fraktalna kromo-muzikoterapija. To znači da bismo mogli dati pacijentu tzv. terapiju „tri u jedan“, dakle kromoterapiju temeljenu na slikama i bojama njegova srca generiranim iz digitalnih podataka signala EKG-a tijekom programa kardiološke rehabilitacije (osnovni EKG, telemetrijski EKG ili 24-satno EKG snimanje) i glazbenu terapiju koju posebno za pacijenta komponira profesionalni pijanist koji ima veliko iskustvo u muzikoterapiji različitih oblika bolesti. Pacijenti slušaju „skladanu glazbu“ za srce i iz srca i istodobno promatraju slike i boje fraktala svojeg srca. Ova kombinacija terapije mogla bi biti osobito korisna jednoj novijoj skupini pacijenata koja zahtijeva srčanu rehabilitaciju, a to su tzv. kardioonkološki pacijenti (bolesnici nakon kemoterapije ili imunoterapije malignih bolesti koja za posljedicu može imati kardiotoksičnost). Ta skupina bolesnika već je vrlo „ranjiva“ jer su već prošli tešku terapiju s mogućim štetnim posljedicama. Dakle, potrebne su im neke nove metode i blaži pristup. Nadamo se da bi kombinacija standardnih i novih tehnika mogla postići bolju uključenosť pacijenata u program KVR-a, bolje rezultate rehabilitacije i dužu održivost pozitivnih učinaka. □