PRIOPĆENJE ZA MEDIJE
Institut Ruđer Bošković, Ured za odnose s javnošću,
pr@irb.hr www.irb.hr

Hrvatski znanstvenici zaključili jedan od najprestižnijih europskih projekata otkrićem objavljenim u Nature Cell Biology

ZAGREB, 14. 10. 2026. Prvi ERC Synergy projekt koji je Europsko istraživačko vijeće (ERC) dodijelilo istraživačima i institucijama iz Hrvatske uspješno je priveden kraju, i to novim otkrićem objavljenim u prestižnom časopisu *Nature Cell Biology*. Međunarodni tim predvođen akademkinjom prof. dr. sc. Ivom Tolić s Instituta Ruđer Bošković (IRB) i prof. dr. sc. Nenadom Pavinom s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (PMF) otkrio je univerzalno pravilo koje objašnjava kako se sustav stanične diobe prilagođava velikim razlikama u količini DNA. Otkriće baca novo svjetlo na evolucijske promjene koje mogu pratiti nastanak novih vrsta, ali i na posljedice nepravilne raspodjele kromosoma, povezane s razvojnim poremećajima.

Iza rezultata stoji šestogodišnji istraživački projekt pod nazivom ANEUPLOIDY vrijedan **10 milijuna eura**. Ovo financiranje osiguralo je **Europsko istraživačko vijeće (ERC)** u sklop Synergy programa, koji su osmišljeni za znanstvena pitanja koja niti jedan laboratorij, pa ni jedna disciplina, ne može riješiti samostalno. ANEUPLOIDY je zato okupio međunarodni tim pod vodstvom akademkinja **Tolić**, prof. dr. sc. **Pavina** i prof. dr. sc. **Geerta Kopsa** s Instituta Hubrecht u Nizozemskoj, te znanstvenike s američkog MIT-a.

Ovo je ujedno, prvi ERC Synergy projekt dodijeljen istraživačima i institucijama iz Hrvatske, a njegovim završetkom 2026. Hrvatska je dobila i prvi potpuno realizirani projekt te vrste s hrvatskim vodećim istraživačima.

Na projektu je bilo zaposleno više od 15 istraživača, tehničkog osoblja i administratora, a tijekom njegova trajanja objavljen je čak 41 znanstveni rad. Na njih 33 hrvatski znanstvenici imaju važne autorske uloge, što je snažan rezultat i na međunarodnoj razini. Novo istraživanje koje je danas predstavljeno medijima i javnosti, svojevrsno je veliko finale projekta jer je prvi put na jednom istraživanju okupio sve partnerske timove, povezujući eksperimente na živim stanicama, naprednu mikroskopiju, biomedicinu, fiziku i matematičko modeliranje u zajednički odgovor na jedno temeljno biološko pitanje.

Što se događa kada genom naraste?

Svaka stanica koja se dijeli mora napraviti isto, podijeliti se u dvije jednake stanice. To znači da kopirani genetski materijal mora rasporediti na dva pola kako bi obje nove stanice dobile odgovarajući skup kromosoma. Taj posao obavlja **diobeno vreteno**, struktura koja kromosome organizira i razdvaja.

Tijekom evolucije veličina genoma mijenjala se u različitim linijama života, pa se danas među eukariotima razlikuje više od **10.000 puta**. Unatoč tom golemom rasponu, stanice vrlo različitih organizama i dalje koriste isti osnovni princip za raspodjelu kromosoma tijekom diobe. Kako se taj sustav prilagođava tako velikim razlikama u količini DNA, dosad nije imalo univerzalno objašnjenje.

Usporedbom **25 evolucijski udaljenih vrsta**, od jednostavnih eukariota do biljaka i životinja, istraživači su sada pronašli univerzalni mehanizam. Dokazali su da što je više genetskog materijala, to je širi prostor u kojem se kromosomi raspoređuju prije razdvajanja. Pritom nije presudan njihov broj, nego ukupna količina kromosomskog materijala.

Kromosomi nisu samo putnici

Tu priča postaje zanimljivija. Diobeno vreteno nije kruti stroj u koji stanica jednostavno mora „ugurati" više kromosoma. Materijal koji raspoređuje mijenja i samu geometriju sustava. Kako kromosomskog materijala ima više, kromosomi postaju zbijeniji i međusobno stvaraju sile koje pridonose širenju prostora u kojem su organizirani. Teret, drugim riječima, pomaže oblikovati stroj koji ga nosi.

„Ovo pitanje nije bilo moguće riješiti unutar granica jedne discipline. Biologija nam je pokazala ponašanje kromosoma u živoj stanici, napredna mikroskopija omogućila nam je da njihovu dinamiku precizno pratimo, a fizika i matematika dale su nam način da iz pojedinačnih opažanja izvučemo opći princip", objašnjava akademkinja **Iva Tolić**.

Fizičari su postavili test. Stanice su dale odgovor.

Pronaći obrazac nije bilo dovoljno. Tim je morao pokazati i zašto on nastaje. Fizički i matematički model predvidio je kako bi se diobeno vreteno trebalo ponašati, ako su sile među kromosomima doista ključne. Eksperimentalni tim potom je ta predviđanja provjerio na živim stanicama, među ostalim i njihovom mehaničkom kompresijom.

„Vrijednost fizičkog modela je u tome što daje predviđanje koje eksperiment može potvrditi ili odbaciti. Eksperimenti su pokazali upravo odgovor koji je model predvidio. Time smo od opažene povezanosti došli do konkretnog mehaničkog objašnjenja", kaže prof. **Nenad Pavin**.

Od evolucijskog obrasca do stanice pod mikroskopom

Isti princip tim je pronašao i kada je količinu DNA mijenjao unutar usporedivih stanica. „Stanica dodatnu DNA ne rješava tako da jednostavno proporcionalno poveća cijeli sustav. Najjasnije se mijenja prostor u kojem su kromosomi organizirani", kaže **Lovro Gudlin** iz Grupe Tolić, koji je uz dr. sc. Krunu Vukušića sIRB-a i dr. sc. Maju Novak s PMF-a, prvi autor na radu.

Istraživači su zatim sustav namjerno poremetili na više načina. „Mijenjali smo količinu kromosomskog materijala, djelovanje mikrotubula te osmotske i mehaničke uvjete. Tako smo pokazali da duljinu i širinu diobenog vretena ne moraju određivati isti mehanizmi", ističe dr. sc. **Kruno Vukušić**.

Teorija je ponudila još jedan važan komad slagalice. „Kada smo u modelu mijenjali veličinu genoma, dobili smo gotovo isto pravilo skaliranja kao u podacima iz različitih vrsta. To sugerira da se iza velike biološke raznolikosti može skrivati relativno jednostavan fizički princip", kaže dr. sc. **Maja Novak.**

Evolucija nije trebala izmišljati novi stroj

Velike promjene u količini DNA, uključujući udvostručavanje cijelog genoma, događale su se mnogo puta tijekom evolucije. Novo istraživanje pokazuje da je diobeno vreteno dovoljno mehanički prilagodljivo da podnese takve promjene, što je moglo olakšati evolucijske skokove u veličini genoma, uključujući one povezane s nastankom novih vrsta. Tumorske stanice također mogu iskorištavati tu prilagodljivost kako bi podnijele velike promjene u količini DNA, koje mogu pridonijeti njihovu rastu i evoluciji.

Ipak, i ta fleksibilnost ima svoje granice. Kada količina kromosomskog materijala postane prevelika ili je prostor za diobu ograničen, raste mehaničko opterećenje i povećava se rizik od pogrešne raspodjele kromosoma. Povećanje kromosomske nestabilnosti iznad razine koju tumorske stanice mogu podnijeti moglo bi stoga otvoriti nove mogućnosti za njihovo selektivno uništavanje, osobito kod tumora s povećanim genomima.