



Kad kromosom zapne u slijepom kutu, stanica ima plan spašavanja

Otkriće donosi novo objašnjenje mehanizma kojim stanice čuvaju stabilnost genetskog materijala te pomaže razumjeti zašto su tumorske stanice sklonije pogreškama u raspodjeli kromosoma.

ZAGREB, 17. 3. 2026. – Tijekom diobe stanice, pogreške u razdvajanju kromosoma mogu dovesti do toga da stanice dobiju previše ili premalo genetskog materijala. To s vremenom povećava genetsku nestabilnost, koja je česta u raku i može pridonijeti daljnjem razvoju bolesti. Tim prof. Ive Tolić s Instituta Ruđer Bošković (IRB) otkrio je važan mehanizam koji stanici pomaže spriječiti pogreške u raspodjeli kromosoma.

U najnovijem istraživanju, danas objavljenom u uglednom znanstvenom časopisu ***Nature Communications***, tim molekularnih biologa s IRB-a pokazao je kako stanica ispravlja jednu od najrizičnijih situacija tijekom podjele, onu u kojoj kromosom na početku diobe završi iza pola diobenog aparata, na mjestu s kojeg ga je teže pravilno usmjeriti.

Kad kromosom zapne na nezgodnom mjestu

Kad se jedna stanica dijeli na dvije nove, mora vrlo precizno raspodijeliti svoje kromosome, nosače genetskih uputa. U većini slučajeva taj se proces odvija uredno, no ponekad se neki kromosom nađe na posebno nepovoljnom mjestu, i to iza pola diobenog aparata, u svojevrsnom "slijepom kutu".

Iz tog je položaja taj kromosom slabije dostupan mehanizmima koji inače osiguravaju pravilnu raspodjelu kromosoma između dviju novih stanica. Upravo takvi kromosomi predstavljaju veći **rizik za pogreške u diobi**. Ako se ne uspiju na vrijeme izvući iz tog nepovoljnog položaja, mogu završiti u pogrešnoj stanici ili zaostati tijekom podjele, kao što je ovaj tim istraživača pokazao u radu objavljenom u prestižnom znanstvenom časopisu ***Nature*** prije četiri godine. **Novo istraživanje donosi ohrabrujući odgovor da stanica za takve situacije ima mehanizam spašavanja.**

„U ovom smo radu pokazali da postoji posebno osjetljiv trenutak na početku diobe, kada kromosom može završiti na mjestu s kojeg ga je teško pravilno rasporediti. No isto tako pokazali smo i da stanica ima način da taj problem riješi. Da bi se kromosom izvukao iz tog "slijepog kuta", diobeni se aparat mora dovoljno izdužiti i time mu otvoriti put prema pravilnoj podjeli.“ - objašnjava prof. dr. sc. **Iva Tolić**.

Stanica u misiji spašavanja reorganizira cijeli sustav

Ključni rezultat istraživanja jest da spašavanje takvih kromosoma ne ovisi samo o tome hoće li ih stanica "uhvatiti", nego o tome može li na vrijeme promijeniti raspored cijelog diobenog aparata.

„Kako se polovi diobenog vretena međusobno udaljavaju, vlakna povezana s problematičnim kromosomom mijenjaju svoj položaj i izvlače ga iz zone najvećeg rizika. Tek kada se kromosom pomakne u povoljniji dio diobenog aparata, stanica ga može sigurnije usmjeriti prema pravilnoj raspodjeli.“ - objašnjava dr. sc. **Isabella Koprivec**, prva autorica na radu.

To pokazuje da preciznost stanične diobe ne ovisi samo o početnom rasporedu, nego i o sposobnosti stanice da tijekom diobe reagira na problem i reorganizira vlastitu unutarnju strukturu.

„Ovo saznanje je važno jer pokazuje da pogreška nije nužno u samom kromosomu, nego i u tome koliko se dobro stanica može reorganizirati u pravom trenutku. U nekim tumorskim stanicama taj je proces manje učinkovit, pa kromosomi dulje ostaju na mjestima na kojima su skloniji pogreškama“, kaže dr. sc. **Valentine Štimac**, prva autorica na radu.

Diobu stanica pratili su uživo

Do ovih su zaključaka znanstvenici došli inovativnom kombinacijom više naprednih metoda promatranja stanica. Diobu su pratili uživo, u stvarnom vremenu, što im je omogućilo da vide gdje se kromosomi nalaze, kako se pomiču i što se događa kada neki od njih završe na rizičnom mjestu. Uz to su koristili mikroskope vrlo visoke razlučivosti kako bi proučili najsitnije detalje struktura koje upravljaju kretanjem kromosoma. Tako su povezali tijek događaja kroz vrijeme s preciznim uvidom u fine strukture koje taj proces omogućuju.

Mehanizam su najprije detaljno razjasnili u modelnim ljudskim stanicama, a zatim provjerili kako se isti proces odvija i u više tumorskih staničnih linija. Pokazalo se da se isti problem javlja i ondje, ali i da njegovo rješavanje može biti sporije kada se diobeni aparat ne izdužuje dovoljno učinkovito.

Znanstvenici su zato ciljano mijenjali djelovanje proteina koji utječu na to koliko se diobeni aparat može izdužiti. Kada je izduživanje bilo slabije, kromosomi su se sporije izvlačili iz rizične pozicije. Kada je izduživanje bilo jače, taj je proces bio brži.

Važan korak u razumijevanju pogrešaka koje prate tumorske stanice

Otkriće je važno jer nudi novo i konkretno objašnjenje kako stanica pokušava spriječiti pogreške u raspodjeli kromosoma. Takve su pogreške jedan od važnih izvora genetske nestabilnosti, a upravo je ona često prisutna u tumorskim stanicama. Istraživanje pomaže bolje razumjeti zašto su neke stanice sklonije nepravilnoj raspodjeli kromosoma i što se događa kada mehanizmi koji bi trebali ispraviti pogreške nisu dovoljno učinkoviti.

„Stanična dioba mora biti iznimno precizna, a ovaj rad pokazuje koliko je ta preciznost zapravo dinamična. Stanica stalno prati situaciju i prilagođava se, čak i kada stvari na početku ne krenu idealno. Upravo u tim mehanizmima prilagodbe leži dio odgovora na pitanje kako se održava stabilnost genetskog materijala i što se događa kada taj sustav zakaže“, zaključuje prof. dr. sc. **Iva Tolić**.

Istraživanje je u cijelosti provedeno na Institutu Ruđer Bošković. Uz prof. dr. sc. Ivu Tolić, glavne su autorice tadašnje doktorandice **Isabella Koprivec** i **Valentina Štimac**, koje su nakon obrane doktorata nastavile uspješne karijere: Isabella u medicinskoj i znanstvenoj komunikaciji, a Valentina kao poslijedoktorandica na renomiranom institutu u Bonnu. Uz njih su na projektu sudjelovali poslijedoktorand dr. sc. **Kruno Vukušić**, doktorand **Mario Đura** i tadašnja diplomandica **Petra Mikec**, sada na prestižnom doktorskom programu u Marseilleu.

Istraživanje je financirano potporom **Hrvatske zaklade za znanost** u okviru Programa suradnje s hrvatskim znanstvenicima u dijaspori “Znanstvena suradnja”, projektom **Europskog istraživačkog vijeća "Synergy"** te projektima IPSted i **Centra izvrsnosti QuantiXLie**, sufinanciranim sredstvima Vlade Republike Hrvatske u sklopu Europskog fonda za regionalni razvoj. Važnu ulogu imala je i **infrastruktura Sveučilišnog računskog centra – SRCE**, čija je tehnološka podrška omogućila provođenje ovih složenih istraživanja.

RAD: <https://www.nature.com/articles/s41467-026-69830-1>.