

Molekulski vozli: izum priprave hitrega spontanega zvitja molekulskih nanostruktur

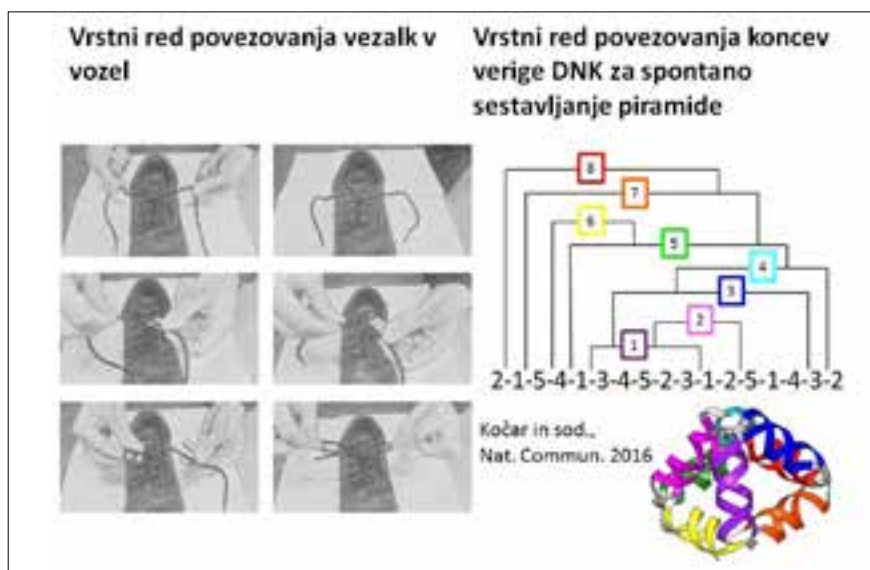
Vsem je poznano, da vozle zavežemo z določenim vrstnim redom križanja koncev vrvice. Kako pa zavežemo v vozle molekule, ki merijo nanometre? O strategiji načrtovanja molekul, ki se v določenem vrstnem redu sestavijo v visoko zavozlane nanometrične strukture, poročajo raziskovalci Kemijskega inštituta. Zasnovali so piramido iz DNK, katere stranice merijo 5 nanometrov, in dokazali, da se zelo hitro spontano zvije v želeno nanostrukturo. Avtorji raziskave, v kateri so sodelovali sintezni in strukturni biologi, matematiki in molekularni modelerji, menijo, da bodo molekularni vozli omogočili pripravo nanomaterialov z zanimivimi lastnostmi.

Človeštvo pozna in uporablja vozle že od pradavnine. Vozle se naučimo zavežati kot otroci in jih uporabljamo za privezovanje ladij, za izdelavo tkanin ter drugih uporabnih in umetniških izdelkov. Iz vsakdanjega življenja vemo, da je za zavezovanje vozla pomemben vrstni red križanja koncev vrvice, npr. pri zavezovanju vezalk ali pletenju nogavic. Razisko-

valci Laboratorija za biotehnologijo na **Kemijskem inštitutu** pod vodstvom prof. **Romana Jerale** poročajo o iznajdbi načina za pripravo molekulskih struktur, kjer se veriga molekule križa več kot 30-krat. Kot vemo iz vsakdanjih izkušenj z vozli, je pomemben pravilni vrstni red prekrivanja vrvice, če želimo zavežati želeni vozle. Za razliko od ročnega zavezovanja vozlov v vsakdanjem življenju pa na nanometrični skali želimo, da se molekule zavežejo v vozle same od sebe. To lahko dosežemo tako, da v zaporedje polimerne molekule vgradimo informacijo o želeni končni strukturi in vrstnem redu križanja koncev vrvice, kar je novost tega dela. Za material so izbrali deoksiribonukleinsko kislino (DNK), ki je v naravi običajno nosilec dednega zapisa. V zadnjih treh desetletjih so namreč znanstveniki pokazali, da lahko uporabimo DNK tudi kot pameten gradbeni material za tvorbo popolnoma novih struktur in oblik, na primer tudi za izdelavo nanometričnega zemljevida Slovenije. Za sestavljanje nanostruktur DNK običajno potrebujemo več kemijsko sintetiziranih verig in dolgočasno ohlajanje, kar ni najbolj tehnološko uporabno. Raziskovalci Ke-

mijskega inštituta so določili pravila, ki omogočajo, da se DNK sama od sebe zavozla v želeno obliko piramide ali drugih struktur. Odkrili so, da je ključno, da na vsaki stopnji ostane prost vsaj en konec verige DNK, tako da se ta lahko kot nit uvije skozi obstoječe zanke v nastajajoči strukturi. **Vid Kočar**, doktorski študent in prvi avtor publikacije, objavljene v **Nature Communications**, je pripravil načrt za štiristrano piramido, sestavljeno iz ene same verige DNK. Zasnoval je šest dizajnov piramide, ki so bili sestavljeni iz enakih segmentov DNK, ki tvorijo stranico piramide. Segmenti so bili v različnem vrstnem redu povezani v eno verigo, pri čemer je le optimalni dizajn upošteval pravilo prostih koncev, vrstni red povezovanja pa je predstavljala stabilnost posameznih stranic piramide. Izkazalo se je, da se je samo DNK na osnovi optimalnega dizajna hitro zvila v pričakovano strukturo. Če so DNK z visoke temperature hitro predstavili na led ali celo v tekoči dušik, se je le optimalni dizajn zvil brez težav. V raziskavi je imelo pomembno vlogo modeliranje, pri katerem sta sodelovala raziskovalca z **Univerze v Oxfordu** prof. **Jonathan Doye** in **John Shreck** ter matematika **Univerze v Ljubljani** in **Univerze na Primorskem** prof. **Tomaž Pisanski** in študent **Nino Bašič**.

Avtorji raziskave menijo, da bo poglavna uporaba te inovativne tehnologije pri načrtovanju vozlov na osnovi proteinov kot nadaljevanje dela na proteinskih nanostrukturah, ki so jih raziskovalci Kemijskega inštituta razvili pred dobrima dvema letoma in rezultate objavili v reviji **Nature Chemical Biology**. Ker so vozli v tehnologiji zelo uporabni, pričakujejo, da bodo s pomočjo molekulskih vozlov uspeli pripraviti nanomaterialne, ki bodo bolj trdno povezani in bodo imeli druge zanimive lastnosti.



Primerjava tvorbe vozlov v vsakdanjem življenju ter načrtovanega zaporedja povezovanja DNK segmentov za spontano tvorbo zavozlane nanometrične štiristrane piramide. Foto: Roman Jerala

Prof. dr. Roman Jerala
Kemijski inštitut, Ljubljana