

RAZVOJNI TRENDI V ONKOLOGIJI

Doc. dr. Andraž Perhavec, dr. med., prof. dr. Janez Žgajnar, dr. med.
Onkološki inštitut Ljubljana

Povzetek

Razvoj onkologije v zadnjem desetletju je v veliki meri sledil napovedim iz leta 2016, vendar je hkrati razkril tudi številne nove izzive. Personalizirana medicina je iz koncepta prešla v klinično realnost, molekularna diagnostika in imunoterapija sta postali temelj sodobne diagnostike in zdravljenja, digitalizacija pa je spremenila način obravnave bolnikov. Kljub temu številni izzivi ostajajo – predvsem organizacijski, kadrovski in ekonomski. V prispevku analiziramo napovedi iz leta 2016, njihovo uresničitev ter odstopanja. Poseben poudarek namenjamo prihodnosti, kjer pričakujemo integracijo umetne inteligence, multiomike, tekočinskih biopsij in novih modelov zdravljenja. Onkologija prihodnosti ne bo le bolj učinkovita, temveč tudi bistveno bolj kompleksna in odvisna od sposobnosti povezovanja biologije, tehnologije, informatike in finančnih sredstev.

Uvod

Ko danes razmišljamo o onkologiji, ne moremo mimo izjemnega napredka na številnih področjih, ki smo mu bili priča v zadnjih desetletjih. V vsakodnevni klinični praksi vidimo bolnike, ki živijo dlje, bolje in pogosto z boleznijo, ki je še pred kratkim nismo znali obvladovati. Razvoj ni bil linearen, saj ni šlo zgolj za postopno izboljševanje, temveč tudi za serijo preskokov, ki so vsakič znova spremenili način obravnave bolnikov z rakom. Že leta 2016 smo razumeli, kam gre onkologija. Slabše pa smo razumeli, kaj bo ta pot pomenila za naš vsakdan in kateri novi izzivi nas čakajo. Onkologija je danes veda, v kateri se prepletajo biologija, tehnologija, informatika, družba in druga področja. In kjer napredek enega področja skoraj vedno razkrije omejitve drugega.

Pogled v zadnje desetletje

Napoved o personalizirani medicini se je do določene mere uresničila na vseh področjih. V zadnjem desetletju smo prišli do novih znanj, ki omogočajo napovedovanje ogroženosti posameznika ter oblikovanje posamezniku prilagojenih strategij presejanja in ukrepov za preprečevanje raka. Še več spoznanj je bilo na področju molekularne diagnostike in številnih drugih bioloških označevalcev, ki omogočajo posamezniku prilagojeno zdravljenje. Premik k posamezniku prilagojeni obravnavi je bil postopen in z novimi spoznanji še vedno traja.

Za personalizirano medicino je ključna dobra digitalizacija vedno večjega števila podatkov. S prihodom umetne inteligence v zadnjih letih se je potreba po digitalizaciji še povečala. V Sloveniji se digitalizacija sicer razvija, a je glede na vedno večji obseg podatkov, ki jih znamo s pomočjo tehnologije vedno bolje obdelovati, ta proces občutno prepočasen.

Ko govorimo o ključnih prebojih v onkologiji v zadnjem desetletju, ne moremo mimo imunoterapije, saj pomeni povsem nov koncept zdravljenja raka. Mnogim bolnikom je bistveno podaljšala preživetje, nekaterim pa celo omogočila ozdravitev. Med njenim uvajanjem pa se je pokazala tudi druga plat — nepredvidljivost odziva, povsem nova kategorija neželenih učinkov, vprašanje trajanja zdravljenja in spremljanja bolnikov.

Ko se ozremo nazaj v zadnje desetletje, vidimo, da je bil razvoj onkologije točno napovedan, slabo pa smo si predstavljali njegovo uresničitev in izzive, ki jih prinaša. Tehnologija je napredovala hitreje, kot smo jo bili sposobni vpeljati. Imamo orodja, ki jih ne znamo v celoti uporabiti. Imamo podatke, ki jih ne znamo vedno interpretirati. Morda še pomembneje — podcenili smo, kako kompleksno bo odločanje. Več informacij ne pomeni več jasnosti. Pogosto pomeni več možnih poti, več dilem in več odgovornosti.

Pogled v prihodnost: naslednje desetletje

Zadnja desetletja so bila obdobje številnih odkritij, ki se bo najverjetneje nadaljevalo tudi v bodoče. Poseben izziv naslednjega desetletja pa bo tudi smiselna vpeljava teh odkritij z razpoložljivimi viri.

Onkologija kot podatkovna znanost – od informacij k odločitvam

V prihodnosti bomo imeli za vsakega bolnika na voljo obsežen nabor podatkov — genetskih, molekularnih, kliničnih in drugih. Toda ti podatki sami po sebi ne pomenijo napredka v diagnostiki in zdravljenju. Napredek bo odvisen od naše sposobnosti, da s temi podatki sprejmemo najbolj primerno odločitev. To pomeni, da se onkologija premika iz klasične medicinske vede v interdisciplinarno področje, kjer ima podatkovna znanost podobno težo kot biologija. To pa ima velike posledice, saj bodo klasični modeli dokazov postali nezadostni. Randomizirane raziskave bodo dopolnjene z raziskavami iz realnega sveta, individualiziranimi pristopi in adaptivnimi modeli odločanja.

Umetna inteligenca – med nučnostjo in nezaupanjem

Umetna inteligenca bo postala nepogrešljiva. Ne zato, ker bi bila popolna, temveč zato, ker brez nje kompleksnosti v množici podatkov ne bomo več mogli obvladovati in razumeti. Toda s tem prihaja nova dilema. Koliko lahko zaupamo odločitvam, ki jih ne razumemo v celoti? Medicina je tradicionalno temeljila na razlagi – na tem, da zdravnik

razume, zakaj se odloči za določen ukrep. V prihodnosti bo del odločitev temeljil na modelih, ki jih ne bomo mogli vedno razložiti. To bo spremenilo odnos med zdravnikom, bolnikom in zdravstvenim sistemom.

Dinamična onkologija – zdravljenje kot kontinuum

Rak ni več statična diagnoza. Gre za proces evolucije celic, ki se prilagajajo, spreminjajo in iščejo nove poti preživetja. Zato tudi zdravljenje ne more ostati statično. Postalo bo proces stalnega prilagajanja. Tekočinske biopsije so prvi korak v tej smeri, saj omogočajo vpogled v stanje bolezni v realnem času. Zdravljenje prihodnosti bo bolj podobno vodenju kronične bolezni — s stalnim spremljanjem, prilagajanjem in odločanjem v realnem času.

Biologija raka – konec enostavnih razlag

Ena največjih iluzij preteklega obdobja je bila, da bomo rak razložili z nekaj ključnimi mutacijami. Danes vemo, da to ni dovolj. Rak je mreža interakcij med celicami, okoljem in imunskim sistemom. To pomeni, da bodo tudi terapije kompleksnejše, saj bodo kombinacije zdravil, pa tudi drugih zdravljenj, postale pravilo, ne izjema. Toda vsaka dodatna možnost zdravljenja ali kombinacija zdravljenj pomeni tudi več negotovosti in nova vprašanja, ki bodo vse kompleksnejša in težje rešljiva.

Preventiva – prehod na individualizirano presejanje

Epidemiološki trendi jasno kažejo, da bo breme raka še naprej naraščalo. Staranje populacije in boljše preživetje pomenita več bolnikov, več potreb in večje obremenitve za zdravstveni sistem. Presejalni programi za raka v Sloveniji so dokaz, da lahko z dobro organizacijo dosežemo veliko. Z novimi diagnostičnimi pristopi bo medicina še bolj vstopala v življenje zdravih ljudi – z namenom, da prepreči bolezen oziroma da jo odkrije v predklinični fazi. To pa odpira nova etična, organizacijska in družbena vprašanja.

V prihodnosti bo populacijsko presejanje nadgrajeno z individualiziranim presejanjem, saj bomo znali bolje napovedati ogroženosti posameznikov, da zbolijo za določeno vrsto raka. To bo omogočilo boljšo razporeditev virov za presejanje med tiste, ki jih najbolj potrebujejo.

Organizacijski izzivi

Morda največji izziv prihodnosti ni medicinski, temveč organizacijski. Zdi se, da medicina lahko napreduje hitreje, kot jo lahko zdravstveni sistem sprejme. V Sloveniji to pomeni, da bo treba bolje določiti klinične poti bolnika, okrepiti povezavo med

različnimi ravni zdravstvenega sistema in predvsem bolje izkoristiti obstoječe vire. Brez tega bo napredek omejen na posamezne centre in ne bo dosegel vseh bolnikov.

Vloga Onkološkega inštituta Ljubljana

Onkološki inštitut Ljubljana ima posebno vlogo v slovenski onkologiji. Je osrednja terciarna ustanova na področju onkologije, obenem pa je po aktu o ustanovitvi tudi zadolžen za uravnotežen razvoj onkologije v državi. Pred kratkim je bilo tudi upravljanje Državnega programa obvladovanja raka prenešeno z Ministrstva za zdravje na Onkološki inštitutu Ljubljana, kar to vlogo še dodatno utrjuje.

Pred inštitutom je torej dinamično obdobje, ko bo moral slediti vsem trendom v onkologiji in ko bo moral hkrati razvoj tudi soustvarjati in skrbeti za kar najboljšo oskrbo svojih bolnikov. Nič manj pomembno pa ne bo – v povezavi z drugimi ustanovami in zdravstveno politiko – usmerjanje državne onkologije na vseh ravneh. In prav za to vlogo si želimo več vzvodov, ki bi inštitutu v polni meri omogočali izpolnjevanje tistih nalog, ki mu jih je poverila – država!

Zaključek

Ko danes gledamo nazaj, lahko rečemo, da smo pravilno nakazali smer razvoja onkologije. Manj pa smo razumeli, kako zahtevna bo vpeljava in koliko novih izzivov prinaša. Onkologija se bo v prihodnosti brez dvoma še naprej razvijala in postajala vse bolj učinkovita. A bo hkrati tudi zahtevnejša, kompleksnejša in bolj odvisna od sodelovanja med različnimi strokami, tudi nemedicinskimi. Eksponentna rast znanja, novih tehnologij in podatkov prinaša nove izzive – bomo znali vse to pravilno izkoristiti, organizirati in zagotoviti, da bo obče dostopno? Onkologija je bila vedno tudi ogledalo sistema, v katerem nastaja. In prihodnost onkologije bo – morda bolj kot kadarkoli – odvisna prav od tega sistema.

Viri in literatura

1. Bi WL, Hosny A, Schabath MB et al. Artificial intelligence in cancer imaging: clinical challenges and applications. *CA Cancer J Clin* 2019; 69(2): 127-57.
2. Chang TG, Park S, Schäffer AA et al. Hallmarks of artificial intelligence contributions to precision oncology. *Nat Cancer* 2025; 6(3): 417–31.
3. Cheng CH, Shi S. Artificial intelligence in cancer: applications, challenges, and future perspectives. *Mol Cancer* 2025; 24(1): 274.
4. Izevbaye I. Towards Precision Oncology: How Advances in Cancer Genomics, Immunobiology and Artificial Intelligence Will Change Molecular Diagnostics. *Biomedicines* 2026; 14(1): 175.
5. Mai N, Fernandez N, Drilon A et al . Precision oncology: 2024 in review. *Cancer Discov* 2024; 14(12): 2332–45.
6. Sabit H, Yadav AK, Salimy S et al. Integrating Multi-Omics and Artificial Intelligence for Personalized Breast Cancer Management: A Guide to Clinicians. *Cancer Lett* 2026; 3:218468. Online ahead of print.