# Nuovi vaccini, nuove tecnologie

Negli ultimi anni la ricerca sui vaccini ha compiuto significativi passi avanti, sia sul piano scientifico sia su quello tecnologico, aprendo scenari promettenti per la prevenzione di numerose malattie infettive, comprese quelle ancora prive di un vaccino efficace. Le nuove tecnologie, insieme a un approccio multidisciplinare alla vaccinologia, stanno addirittura ridefinendo il concetto stesso di vaccinazione.

## Le nuove tecnologie vaccinali

La pandemia di COVID-19 ha accelerato lo sviluppo di piattaforme vaccinali innovative, molte delle quali erano già in fase di studio da anni ma non erano mai entrate nella fase operativa, con disponibilità di vaccini per tutti. Tra queste, quattro sono le principali:

- **vaccini a mRNA**: utilizzano una sequenza di RNA messaggero per indurre le cellule dell'organismo a produrre una proteina del microbo (per esempio la cosiddetta proteina Spike nel caso del SARS-CoV-2, il virus responsabile di COVID-19), stimolando così una risposta immunitaria specifica. Questa tecnologia ha dimostrato efficacia, rapidità di sviluppo, flessibilità nella produzione e sicurezza nell'uso per chi si vaccina
- **vaccini a DNA**: simili ai vaccini a RNA come principio sono però più stabili e potenzialmente più facili da conservare, impiegano un piccolo anello di DNA (detto plasmide) per far produrre all'organismo la proteina bersaglio del microbo
- **vettori virali**: utilizzano virus inattivati o attenuati (comunque non patogeni, cioè non in grado di causare una malattia nell'uomo) come "navette" per trasportare i geni del microbo all'interno delle cellule dell'organismo. Queste cellule poi producendo gli antigeni del microbo stimolano una risposta immunitaria mirata
- **nanoparticelle e piattaforme proteiche**: queste formulazioni innovative di vaccini sfruttano delle particelle piccolissime, dette per questo nanoparticelle, migliorando così sia la risposta immunitaria dell'organismo sia la sicurezza del vaccino.

# Le nuove vie di somministrazione dei vaccini

La paura degli aghi e delle iniezioni intramuscolari, soprattutto nei bambini, ha portato alla ricerca, allo studio e allo sviluppo di nuove vie di somministrazione dei vaccini, sicuramente meno invasive. In particolare, in futuro saranno sempre più diffusi:

- **i vaccini per bocca**: alcuni, come per esempio il vaccino antipolio, sono già in uso. La difficoltà è che non tutti i vaccini riescono a essere assorbiti dallo stomaco a causa dell'ambiente acido che tende a danneggiarne o distruggerne le componenti. Si sta quindi cercando un modo efficace per far conservare l'efficacia dei vaccini una volta ingeriti
- **i vaccini per via nasale**: la somministrazione è molto semplice e l'assorbimento del vaccino è rapido, grazie alla presenza dei molti capillari sanguigni all'interno del naso (che spiegano anche la facilità del comune sangue da naso). Questi vaccini vengono somministrati sotto forma di spray nasale e sono già stati approvati e usati anche in Italia contro l'influenza nei bambini, mentre sono in fase di ricerca per altri virus respiratori, come quello che provoca la COVID-19.
- **i vaccini somministrati attraverso microaghi**, aghi quasi impercettibili e meno dolorosi di quelli, pur piccoli, attualmente impiegati: decine o centinaia di aghi sottilissimi e molto corti sono in grado di perforare la pelle senza far sentir alcun dolore e consentono a un vaccino applicato sulla cute di passare attraverso la pelle nei vasi sanguigni
- **i vaccini somministrati con l'elettroporazione**: la tecnica consiste nell'applicare una piccola quantità di elettricità, del tutto indolore, per inoculare un vaccino nell'organismo o per "aprire" temporaneamente le cellule a un vaccino.

# La vaccinologia inversa e gli approcci genomici

Un altro importante passo avanti nel campo dei vaccini è la cosiddetta vaccinologia inversa (***reverse vaccinology*** in inglese), una tecnica che parte dallo studio del genoma del microbo per identificare, grazie a software bioinformatici, le parti dei geni del microbo più adatte a generare una risposta immunitaria efficace nell'organismo ricevente.
Questo approccio è stato per esempio già utilizzato con successo per lo sviluppo del vaccino contro il meningococco B, causa di meningite, e oggi è in fase di sperimentazione contro altri microbi responsabili di infezioni gravi soprattutto nelle persone più fragili, tra cui:

- Streptococco
- Pneumococco multiresistente agli antibiotici
- Stafilococco aureo resistente agli antibiotici.

# I vaccini contro malattie complesse

Le nuove tecnologie consentono ora di pensare allo sviluppo di vaccini anche per malattie, infettive e non infettive, per le quali, fino a pochi anni fa, l'idea di sviluppare un vaccino sembrava impossibile. Tra queste ci sono:

- **l'infezione da HIV**, causa dell'AIDS: grazie alla tecnica dell'mRNA e agli studi sulle proteine della superficie del virus, sono in corso studi clinici promettenti
- **malaria**: rimane una delle malattie infettive che causa più morti nel mondo, specie tra i bambini. Sono in via di sperimentazione vaccini che combinano più antigeni del plasmodio che causa la malattie e vettori virali che ne migliorano l'efficacia
- **tumori**: sono allo studio vaccini terapeutici capaci di stimolare il sistema immunitario a "bersagliare" gli antigeni tumorali permettendo in questo modo di contrastare la malattia
- **malattie autoimmuni e allergiche**: si stanno studiando dei vaccini "tollerogenici", che agiscono in maniera opposta rispetto ai vaccini tradizionali, invece di stimolare la risposta del sistema immunitario evitano infatti che questa si scateni contro le cellule del proprio organismo (come tipicamente accade nelle malattie autoimmuni).

# Prospettive in Europa e in Italia

L'Unione Europea (vedi anche il Portale Europeo delle informazioni sulla vaccinazione) sta investendo attivamente nella ricerca per sviluppare tecnologie vaccinali sempre più sicure, versatili e adatte a reagire rapidamente a eventuali emergenze sanitarie globali, come la recente pandemia. L'uso di sistemi di produzione flessibili, come l'mRNA, permette oggi di adattare un vaccino a nuove varianti in tempi molto più rapidi rispetto alle tecnologie tradizionali, senza trascurare mai il profilo di sicurezza.
In Italia l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) monitora costantemente l'evoluzione scientifica sui vaccini anche attraverso reti di collaborazione come VENICE, che analizza l'introduzione dei nuovi vaccini nei programmi nazionali, con un focus particolare su:

- vaccino anti HPV (papillomavirus umano, causa di tumore del collo dell'utero e di altre forme tumorali)
- vaccino anti rotavirus (causa di diarrea nei bambini piccoli)
- vaccino coniugato contro lo pneumococco (causa di polmoniti e altre infezioni)
- vaccini contro il meningococco (causa di meningite batterica) e l'herpes zoster (causa del fuoco di Sant'Antonio).

Si può quindi affermare che i vaccini del futuro saranno sempre più personalizzati, flessibili, basati sui genomi dei microbi e sicuri. Grazie all'integrazione tra biotecnologie avanzate, intelligenza artificiale, bioinformatica e scienze immunologiche, si apre una nuova era in cui sarà possibile rispondere rapidamente a pandemie, batteri resistenti e malattie fino a oggi prive di strumenti preventivi efficaci. La collaborazione tra enti pubblici, centri di ricerca e industria farmaceutica sarà cruciale per trasformare queste prospettive in realtà concrete e accessibili, ma anche il cittadino dovrà fare la sua parte, aderendo al piano vaccinale definito dal Ministero della Salute.

# Bibliografia

- Vaccination Info – Portale UE. https://vaccination-info.europa.eu/it
- VaccinarSì - Il futuro dei vaccini. https://www.vaccinarsi.org/scienza-conoscenza/vaccini-disponibili/il-futuro-dei-vaccini