

VACCINI E MONOCLONALI PER LIBERARCI DAL COVID-19

Rino Rappuoli

Research and Development Centre, GSK, Siena, Italy; Monoclonal Antibody Discovery Lab,
Fondazione Toscana Life Sciences, Siena, Italy
23 novembre 2020

SIENA RACCONTA LA STORIA DELLE PANDEMIE.

Oggi vi racconterò un po' la storia di quello che è l'approccio a questa pandemia e nel fare questo partirò da una cosa strana, perché parlerò di Siena come uso fare quando vado nel mondo a parlare di pandemie, di malattie infettive.

Il messaggio che porto è che vivo in una gran bella città, una città medievale, dove si vive benissimo e la ragione per cui mi piace cominciare a parlare di Siena è perché a Siena quella del COVID-19 non è la prima pandemia. Racconto anche la storia di quanto fosse potente, ricca Siena ai primi anni del 1300, quando c'erano i pittori.

In un bellissimo quadro di Ambrogio Lorenzetti è raffigurato quando Siena era una città ricca, piena di commercio, aveva pittori, architetti, poeti, banche, eccetera. Era una delle città più ricche d'Europa in quel periodo e volevano fare qualcosa di grandioso, volevano fare la più grande cattedrale, il più grande Duomo mai fatto e che nessuno avrebbe mai pensato. È una cosa molto ambiziosa, cominciarono a farla, cominciarono a costruire quello che oggi chiamiamo il "Facciatone" che doveva essere la facciata del nuovo Duomo. Doveva essere imponente, questa facciata doveva guardare la gente che veniva da sud, da Roma, e dirgli: "ma vi rendete conto in quale città state entrando?" Purtroppo, qualcosa successe nel 1348, a maggio, la peste bubbonica arrivò a Siena, in tre mesi uccise due terzi della popolazione e il facciatone non è stato mai finito. Di questo grandissimo Duomo, la storia è questa, essenzialmente una storia in cui in tre mesi, da maggio a settembre del 1348, la potenza economica di Siena fu decimata, due terzi della popolazione morirono, i pittori morirono, gli architetti morirono, non c'era più la necessità di fare questo Duomo e anche se uno avesse voluto farlo ormai tutti quelli che dovevano costruirlo erano morti ed è rimasto così, questa è la storia di Siena. E perché la racconto? La racconto perché questa storia non è molto diversa da quella che stiamo vivendo oggi.

Arriva una pandemia, abbiamo un'economia fiorente, abbiamo una cultura che va e tante altre belle cose ma la pandemia può mettere in ginocchio qualsiasi tipo di economia, qualsiasi tipo di sistema sociale nel giro di pochissimi mesi. E quindi il nome che ho dato a questo "facciatone" nel mondo è che questo è il monumento alle malattie infettive più grande che sia mai stato costruito. È una cosa che abbiamo qui nella nostra città, ci passiamo di fronte, lo vediamo tutti i giorni e ci dovrebbe ricordare quello che poi andremo a dire più avanti durante questa conferenza; è che non siamo mai abbastanza pronti per queste pandemie: quando arrivano, se non abbiamo investito in prevenzione, possono essere devastanti.



LA PANDEMIA DA COVID-19

Passiamo ora a parlare della pandemia che abbiamo in questo momento nel nostro pianeta, quella del COVID-19, con più di 55 milioni di casi, ormai 1.350.000 morti e un costo all'economia che, solo per gli Stati Uniti, è stato qualcosa tipo 16 trilioni di dollari che vuol dire un anno di PIL degli Stati Uniti, 10 anni di PIL italiano. Un costo enorme e questo solo per gli Stati Uniti e quindi questa pandemia, oltre alle vite umane, oltre alle malattie, ci sta costando dal punto di vista economico tantissimo.

C'è un'altra epidemia, di cui la maggior parte delle persone non si rendono conto, è quella della resistenza agli antibiotici. La resistenza agli antibiotici, di cui circa un anno fa qui in Toscana, a Pisa, se ne parlò sui giornali, perché c'era un batterio negli ospedali che essenzialmente era diventato resistente a tutti gli antibiotici, per il quale non c'era più cura e per le persone che ne erano affette l'unica possibilità era di farcela con i loro mezzi per sopravvivere, perché la medicina non poteva fare più niente. Quella resistenza agli antibiotici oggi causa 30 milioni di casi all'anno, circa 700.000 morti all'anno ed è previsto che, se non facciamo niente, nel 2050 ucciderà 10 milioni di persone all'anno. Il costo da qui al 2050 è stato calcolato in 100 trilioni, molto più grande di quello dell'epidemia del COVID. Teniamo presente queste due pandemie perché poi tornerò a quella della resistenza agli antibiotici.

Inizierò a parlare e analizzare quella del COVID-19. Cosa sta succedendo nel 2020? Nel 2020 non siamo in una condizione molto diversa da quella senese nel 1348. Essenzialmente gli unici mezzi che abbiamo per contrastare questa pandemia sono la quarantena, la distanza sociale, le mascherine e l'igiene, quelli che oggi chiamiamo "interventi non farmaceutici". Sappiamo quanto ci costano, sappiamo quanto sono difficili, però è l'unica cosa che

abbiamo, funzionano abbastanza e lo stiamo vedendo in questi giorni che il picco sta diminuendo. Questo è quello che abbiamo nel 2020; fortunatamente penso che il 2021 sarà diverso e quello che vorrei dire con la prossima parte del mio discorso è che nel 2021 saremo capaci di cominciare a controllare questa pandemia con due sistemi fondamentalmente: da una parte i vaccini, dall'altra parte i monoclonali. I vaccini per prevenire l'infezione delle masse, i monoclonali per curare le persone malate. Mi domanderete: "ma come è possibile fare vaccini e monoclonali in un anno?". Di solito, nella mia esperienza, ho fatto vaccini ormai per 40 anni, ci vogliono 10-15-20 anni per fare un vaccino, adesso quest'anno li abbiamo voluti fare in meno di un anno, com'è possibile? Vi farò vedere che è possibile grazie a due cose importanti: uno la tecnologia, che negli ultimi anni ha fatto passi da gigante, l'altro l'investimento da parte del settore pubblico, una quantità di soldi mai vista prima per sviluppare vaccini e monoclonali.

TECNOLOGIE PER FARE I VACCINI

Fino agli anni '30 i vaccini si facevano in modo empirico: essenzialmente si crescevano batteri, virus, parassiti, poi si uccidevano, si attenuavano e si usavano come tali. Un modo molto empirico per fare i vaccini. Dal 1980 sono state introdotte una serie di nuove tecnologie: la prima, nel 1980, era quella del DNA ricombinante, poi nel 1990 c'è stata quella di vaccini coniugati, nel 2010 è arrivata quella della genomica, la "reverse vaccinology", la vaccinologia inversa. Oggi, è come se avessimo un'esplosione delle nuove tecnologie, che stanno continuamente cambiando il modo di fare i vaccini. Quello che in genere penso è che dieci anni fa riuscivo a fare cose che cinque anni prima non riuscivo a fare. Oggi, con le tecnologie che abbiamo, riusciamo a fare cose che dieci anni fa non riuscivamo a fare e penso che tra qualche anno riusciremo a fare cose che oggi non riusciamo neppure a sognare, tanto è l'avanzamento delle tecnologie.

Per quanto riguarda i vaccini per il COVID, le tecnologie che hanno veramente fatto la differenza, che hanno permesso di avere vaccini in meno di un anno, sono quattro. La prima è la capacità di usare internet, per avere la fonte del vaccino. La seconda è quella di usare quella che chiamo "structural vaccinology", la tecnologia attualmente più avanzata per fare la struttura atomica dei virus o dei batteri e usare quell'informazione per disegnare vaccini stabili ed efficaci. La terza è quella che chiamo la "biologia sintetica", cioè fare nel laboratorio geni sintetici che permettano essenzialmente di mimare la vita in laboratorio e farlo velocemente. La quarta è la possibilità di avere adiuvanti che possano dare un impulso forte ai vaccini che vengono fatti con metodi più classici come quello delle proteine ricombinanti.

La prima tecnologia, che è quella che chiamo "la possibilità di fare i vaccini in una settimana", si riferisce a un episodio che è accaduto nel 2013, quando io avevo i laboratori a Boston oltre che qui a Siena e collaboravo con Craig Venter che stava in California. Prima di allora quando c'era da fare un vaccino contro un virus bisognava prendere il virus, crescerlo, e se era in India o in Cina bisognava farselo spedire. Ci volevano mesi perché il virus arrivasse, poi si cominciava a crescerlo e si facevano i vaccini. Il giorno di Pasqua del 2013 successe qualcosa di diverso. Proprio quello stesso giorno, in Cina, fu descritto un nuovo virus contro l'influenza che era del tipo H7N9, potenzialmente in grado di causare una nuo-

va pandemia. I cinesi misero la sequenza su internet, il giorno dopo, il lunedì di Pasqua, Craig Venter che stava in California, prese la sequenza da internet, in qualche modo teletrasportata da internet, e sintetizzò i geni per fare un vaccino. Il lunedì sera li mise in una "Federal express", una posta veloce, che durante la notte li portò a Cambridge, in Massachusetts, e a Boston dove avevo gli altri laboratori e la mattina del martedì i geni sintetici arrivarono a Boston dove cominciammo ad usarli per fare un vaccino. In una settimana riuscimmo a fare il vaccino e quella fu la prima volta che era stato possibile fare un vaccino senza mai aver visto il virus, ma avendo preso solo l'informazione portata da internet, informazione sulla sequenza genomica. A quel tempo noi eravamo gli unici al mondo a fare una cosa così pionieristica; quando il COVID è arrivato, a gennaio di quest'anno, questa tecnologia era alla portata di tutti.

Proseguirò descrivendo come tutte queste tecnologie, dalla "reverse vaccinology" alla possibilità di usare le sequenze, quelle inviate tramite internet, del genoma, la biologia strutturale, la biologia sintetica e gli adiuvanti, sostanzialmente hanno permesso di fare i vaccini in meno di un anno. Questo è quello che hanno fatto le tecnologie, l'altro fattore che veramente ha permesso di andare veloce è l'investimento in denaro.

La preparazione di un vaccino è di solito suddivisa in fasi: la *discovery* che è la scoperta, l'*early development* che è la prima parte dello sviluppo, la *late development* che è quello che viene dopo e così via. La quantità relativa di tempo per ciascuna fase consiste approssimativamente nel 10% per la scoperta, 20% per lo sviluppo precoce, 70% per quello totale. Queste percentuali valgono anche, più o meno, per il tipo di investimento in denaro che ci vuole per fare un vaccino dall'inizio alla fine: in totale ci vuole circa un miliardo di dollari o di euro, di cui il 10% per la scoperta, il 20% per lo sviluppo precoce e il 70% per la parte più importante, quella finale. Di solito quando facciamo i vaccini, prima si fa l'investimento del 10% e solo se questo funziona si fa l'altro del 20% e, solo se anche questo funziona, si fa il resto del 70%. Nel caso del COVID, il settore pubblico, e per questo intendo il governo americano, l'Europa e l'Inghilterra hanno messo a disposizione delle aziende farmaceutiche più di 15 miliardi di dollari perché le aziende farmaceutiche non realizzassero queste fasi in modo consecutivo, come fanno di solito, ma facessero tutte le fasi in parallelo, sapendo che se il progetto non avesse funzionato si sarebbero sprecati soldi, ma sapendo che, se avesse funzionato, invece di metterci anni, ci avremmo messo pochi mesi a fare il vaccino e così è stato. All'inizio sono partiti 320 laboratori del mondo che, con la tecnologia dei geni sintetici, hanno fatto un vaccino in laboratorio; solo un 10% di questi sono riusciti ad arrivare alla fase uno, alle prime prove cliniche e solo un sottogruppo molto piccolo, dalle sette alle dieci aziende, sono riuscite a portare alla fase tre i vaccini, ma lo hanno fatto nel giro di meno di un anno grazie all'enorme investimento che è stato fatto da parte del settore pubblico che si è assunto il rischio che le aziende non potevano permettersi di correre.

I TRE PRINCIPALI TIPI DI VACCINI PER IL COVID-19

In sintesi, i tempi di preparazione dei vaccini per il COVID-19 sono stati i seguenti: il 10 Gennaio di quest'anno i cinesi hanno messo su internet la sequenza, il giorno dopo tanti laboratori del mondo hanno cominciato a prendere la sequenza e a fare il gene sintetico e poi con il

gene sintetico hanno fatto tre tipi di vaccini. Il primo vaccino che è stato fatto è quello da RNA: l'RNA è essenzialmente la molecola sintetica che contiene l'informazione per fare il vaccino. Questa procedura, essendo del tutto sintetica è quella più veloce e infatti, Moderna è riuscita ad andare in prove cliniche in 66 giorni dal giorno in cui hanno avuto la sequenza. L'altro tipo di vaccino è quello fatto da vettori virali. In questo caso il gene sintetico viene messo all'interno di un virus che è attenuato, ossia non nocivo, e poi il virus viene usato come vettore del vaccino; per costruire questo vaccino, ci vuole un paio di settimane in più, ma anche questo in tre mesi è arrivato alle prove cliniche: il prototipo di questo è quello di Oxford. Oggi è commercializzato e sviluppato da AstraZeneca. Infine, il vaccino più classico, è quello in cui il gene sintetico viene usato per ingegnerizzare una linea cellulare di mammifero, tipo le cellule CHO, di piante tipo quella del tabacco, o di insetti, per fare una proteina ricombinante. Poi queste cellule vengono fermentate in grandi fermentatori, la proteina viene purificata e poi viene messa insieme all'adiuvante che farà parte del vaccino. Per fare questo ci vuole un po' di più perché occorre coltivare la linea cellulare e purificare la proteina: per arrivare a fare le prove cliniche ci vogliono circa sei mesi, ma dopo di ciò il vaccino funziona allo stesso modo degli altri. Questi sono i tre tipi di vaccino che sono stati fatti e che sono andati in prove cliniche e di cui già abbiamo risultati, almeno della capacità di indurre anticorpi che neutralizzino il virus. I dati sono tutti pubblicati, ma è difficile confrontarli perché ognuno ha fatto un saggio a modo suo, allora per avere un'idea di come sono questi vaccini è necessario considerare il valore dei titoli degli anticorpi neutralizzanti che troviamo nei pazienti guariti dal COVID-19. Essenzialmente il titolo anticorpale in questi pazienti varia abbastanza. I vaccini composti da vettori virali, quali quello di Oxford e AstraZeneca, quello di Johnson & Johnson, quello italiano di ReThera fatto a Pomezia, il vaccino russo e la maggior parte dei vaccini cinesi, tutti fatti con vettori virali, sono quelli che inducono la quantità di anticorpi neutralizzanti nel range basso ma, più o meno, allo stesso livello di quello dei pazienti guariti dal COVID; quindi, sono probabilmente anticorpi in grado di dare protezione. I vaccini a RNA, cioè Moderna, di BionTech, Pfizer, Curevac, inducono anticorpi neutralizzanti che sono nel range alto/medio-alto dei soggetti guariti. Infine, i vaccini che sono un po' più indietro sono quelli fatti da proteine ricombinanti più gli adiuvanti che sono quelli di Novavax e i tre vaccini che stiamo facendo come GSK, uno con Sanofi in Europa e negli Stati Uniti, con Clover in Cina e uno con Medicigo in Canada; questi inducono anticorpi neutralizzanti che sono molto al di là, circa dieci volte più alti, di quelli nelle persone che guariscono dalla malattia. Quindi questi sono i tre vaccini che abbiamo a disposizione e di alcuni di questi abbiamo già i risultati, che sono stati pubblicati. Essenzialmente i vaccini di Moderna e quelli di BionTech, basati sulla tecnologia a RNA hanno dimostrato un'efficacia del 95%, quindi funzionano non bene ma benissimo. Questa mattina sono stati resi noti i risultati del vaccino di AstraZeneca, dove risulta che l'efficacia è stata un po' più bassa: infatti con una dose si raggiunge solo il 62% e, solo con due dosi, una più bassa e una più alta, si arriva al 90%. L'Oxford/AstraZeneca è un po' meno protettivo di quello di Moderna e BionTech, come era prevedibile dal fatto che induce un titolo anticorpale più basso. Queste notizie sono eccezionali perché ci

dicono che la maggior parte dei vaccini funzioneranno, alcuni meglio altri peggio, ma tutti funzioneranno bene e che quindi abbiamo buone possibilità che per l'anno prossimo cominceremo a vaccinare la popolazione e a cominciare a conquistare questa pandemia.

Per quanto riguarda la sicurezza di questi vaccini, tutti sono stati testati già in 30-40.000 - 50.000 persone; quindi, abbiamo una sufficiente certezza che siano abbastanza sicuri. Dei tre vaccini, solo quello fatto con proteine ricombinanti e adiuvanti ha una storia che conosciamo perché è fatto in modo simile a tanti altri vaccini e abbiamo esperienza su centinaia di milioni di persone. Gli altri due vaccini, quello a RNA e quello con vettori virali, derivano da tecnologie nuove; quindi, non sono mai stati usati su milioni di persone: sono stati usati in decine di migliaia di persone nella fase tre, ma non abbiamo l'esperienza che abbiamo con gli altri, quindi dovremmo essere cauti quando li usiamo, controllarne la sicurezza e essere molto vigili per essere sicuri che vadano bene. È molto probabile che vadano bene, ma la nostra esperienza con questi è scarsa perché sono derivati da tecnologie nuovissime, tecnologie che in condizioni normali sarebbero arrivate sul mercato fra 10 anni e che sono state accelerate tantissimo da questa pandemia. Con questo avrei finito la parte che riguarda i vaccini e vorrei passare a parlare degli anticorpi monoclonali.

ANTICORPI MONOCLONALI

Gli anticorpi monoclonali non sono una cosa nuova, ma fanno parte di quella che chiamiamo "immunizzazione passiva". Questo tipo di trattamento è iniziato grazie a Emil von Behring (primo premio Nobel per la Medicina), che nel 1890 scoprì il primo siero: si trattava di un siero contro la Difterite che riusciva a proteggere dalla morte causata da questa infezione. All'Istituto Sclavo, qui a Siena, nel 1904, fu messo su un siero contro l'antrace in grado di salvare la vita delle persone e degli animali.

Gli anticorpi monoclonali umani sono la nuova versione dei sieri, solo che vengono prodotti con tecnologie moderne e sono molto più sicuri. Essenzialmente non sono una novità: ci sono in commercio più di cento farmaci costituiti da anticorpi monoclonali umani che sono stati approvati e vengono usati in clinica continuamente, ma sono usati quasi tutti per la cura dei tumori, delle infiammazioni e delle malattie autoimmuni. Sono molto costosi e finora, proprio per questo, non sono stati usati per le malattie infettive, ne occorrono quantità enormi da somministrare per endovena affinché possano funzionare; quindi, per le malattie infettive finora non sono stati usati. Un'altra delle ragioni per cui non sono stati usati è perché 10-20 anni fa non eravamo capaci di fare anticorpi contro malattie infettive che fossero veramente potenti.

Dal 1994 a oggi, siamo riusciti però a migliorare di circa mille volte la potenza degli anticorpi monoclonali. Questo è stato soprattutto il caso degli anticorpi contro l'HIV, per il quale riusciamo a fare anticorpi mille volte più potenti di trenta anni fa, che vuol dire: possiamo usarne mille volte meno, possiamo somministrarli per via intramuscolare invece che per via endovenosa e hanno un costo più accessibile. Grazie a queste tecnologie il primo farmaco contro l'Ebola, anzi ancora l'unico farmaco usato, è stato proprio un anticorpo monoclonale. Oggi è dunque possibile produrre velocemente anticorpi monoclonali molto potenti. Quindi quando è arrivato il COVID-19 e noi stavamo facendo anticorpi monoclonali

contro batteri resistenti agli antibiotici, per noi è diventato in qualche modo un dovere morale cercare di dare il nostro contributo per combattere questa pandemia e ci siamo messi a lavorare per fare anticorpi monoclonali contro il COVID-19.

Per questo obiettivo, abbiamo messo in atto una collaborazione con l'Ospedale Spallanzani, abbiamo ottenuto il sangue dalle persone convalescenti, isolato le cellule B che sono quelle che producono anticorpi. Ne abbiamo trovate circa 5.000 in grado di produrre questi anticorpi contro il COVID; ne abbiamo selezionato, un sottogruppo, quello che produceva anticorpi che impedivano l'attacco del virus, e poi abbiamo valutato se questi anticorpi erano capaci di neutralizzare il virus. Si è visto che la maggior parte degli anticorpi erano capaci di neutralizzare il virus, ne abbiamo trovati 450, ma erano poco potenti: ne occorrevano 500 nanogrammi per neutralizzare il virus. Altri, erano un po' più potenti ma ancora non abbastanza. Solo tre dai 5.000 da cui eravamo partiti, erano capaci di neutralizzare il virus, ad una potenza sotto i 10 nanogrammi; questi, quindi, erano gli anticorpi che stavamo cercando. Li abbiamo ottenuti in laboratorio a giugno e poi abbiamo cominciato l'industrializzazione di questi anticorpi che adesso è quasi alla fase finale perché abbiamo già prodotto i lotti per la fase clinica: questi anticorpi funzionano.

E' stata eseguita anche la sperimentazione sugli animali, hamsters, a cui viene dato l'anticorpo e poi vengono infettati con il virus. In un gruppo abbiamo somministrato il virus senza niente, in un altro il virus più un anticorpo contro l'influenza, che quindi non doveva fare niente. Gli hamsters perdono peso e non lo recuperano per lungo tempo. Invece gli hamsters che hanno ricevuto il nostro anticorpo, 4 milligrammi per chilo, essenzialmente dopo una mezza giornata in cui erano un po' storditi, cominciano a riguadagnare peso, stanno bene e hanno eliminato completamente il virus. Quindi gli anticorpi funzionano e noi pensiamo adesso di andare avanti con le prove cliniche entro la fine dell'anno, di avere questi anticorpi prodotti e approvati per l'uso emergenziale entro marzo del 2021 e speriamo con questo di dare un contributo per combattere questa pandemia.

Noi non siamo gli unici a fare gli anticorpi. ci sono almeno altre quattro grandi aziende che stanno combattendo con noi, alcune di queste sono più avanti di noi perché sono già in fase tre. Due di queste, la Regeneron e la Eli Lilly, hanno già ricevuto l'approvazione per l'uso emergenziale negli Stati Uniti e tutti sanno che Trump ha ricevuto gli anticorpi di Regeneron quando si è infettato.

In conclusione, ribadisco che nel giro di meno di un anno siamo riusciti a produrre sia vaccini sia anticorpi monoclonali che nel 2021 ci permetteranno di riguadagnare la nostra libertà. Perché parlo di libertà? Perché questo virus non solo ha colpito la nostra economia, non solo ha ucciso tante persone, ma ci ha proprio tolto la libertà. Durante il lockdown, e anche in questi giorni in cui siamo in fascia rossa ci ha tolto la libertà di uscire, di camminare, di andare al lavoro, di viaggiare, di incontrare gli amici, di visitare i parenti, i nonni non possono vedere i nipoti e così via. Quindi questo virus veramente ci ha tolto la libertà e ce la possiamo riguadagnare solo, velocemente, spero nel 2021, grazie ai vaccini monoclonali.

RESISTENZA AGLI ANTIBIOTICI

Ritorniamo all'altra pandemia di cui vi ho parlato all'inizio, la resistenza agli antibiotici; è una pandemia più sub-

dola che non viene tutta insieme ma piano piano, non c'è tempo da perdere è una cosa da prendere molto sul serio. Anche qui, i vaccini e i monoclonali possono darci una mano, perché cosa succede quando usiamo antibiotici? All'inizio si usa un antibiotico, questo funziona, però appena cominciamo ad usarlo, si selezionano batteri resistenti, abbiamo bisogno di un altro antibiotico, si comincia a usarlo, dopo un po' i batteri sono resistenti, abbiamo bisogno di un altro antibiotico, e così via via finché arriviamo ai nostri giorni in cui purtroppo non abbiamo altri antibiotici dal 1984 e quindi abbiamo problemi seri per il futuro. I vaccini hanno un comportamento completamente diverso. Quando attaccano la malattia e la conquistano, la conquistano per sempre. Quindi sarebbe importante, oltre agli antibiotici, sviluppare anche vaccini contro questi batteri resistenti agli antibiotici.

Circa due anni fa ho curato come Editore, e ho pubblicato un articolo su un supplemento di una delle riviste scientifiche più importanti al mondo (PNAS) che dice che dobbiamo investire di più in vaccini per batteri resistenti agli antibiotici perché non abbiamo batteri resistenti ai vaccini, perché i vaccini ci conservano il microbioma che sono tutti batteri buoni che stanno nel nostro organismo che con gli antibiotici uccidiamo e perché il vaccino è sempre stato il più grande investimento che la nostra società ha mai fatto nel settore della salute.

La prossima domanda è: "riusciamo a fare i vaccini per batteri resistenti agli antibiotici?" la risposta è: "bisogna investirci, ma possiamo farlo". Dobbiamo tuttavia dire che sono un po' più difficili dei vaccini contro i virus. I virus che causano tanti danni come questa pandemia, sono più facili perché hanno un genoma piccolo, per fare un vaccino o fare un anticorpo, basta un target che di solito è la proteina Spike sul virus e basta un saggio per capire se funzionano o no. I batteri sono molto più complicati perché hanno un genoma molto più grande 2000, 3000 e 5000, 6000 geni, centinaia, migliaia di targets, è impossibile sapere quale è quello giusto, ci vogliono di solito più di un target e un saggio solo non basta mai. Quindi l'investimento per combattere la resistenza agli antibiotici dovrà essere molto più grande e molto più resiliente di quello che stiamo facendo per il COVID-19 però la cosa è fattibile e abbiamo le capacità scientifiche per farlo.

In conclusione, nella lotta contro la resistenza agli antibiotici, oggi abbiamo antibiotici con poca speranza di vincere. Se però agli antibiotici, aggiungiamo i vaccini, la possibilità di vincere diventa un po' più grande. E se, oltre ai vaccini e agli antibiotici, usiamo monoclonali, diagnostici e tutte le tecnologie che abbiamo oggi, abbiamo una probabilità molto più grande per risolvere in qualche modo, affrontare in modo positivo, la resistenza agli antibiotici.

Con questo sono arrivato alla fine della mia discussione, volevo solo citare il gruppo di Toscana Life Science che ha contribuito a isolare gli anticorpi monoclonali, non solo ha contribuito ma anzi li ha proprio isolati, sono tutti giovanissimi, studenti, gente che ha fatto il PhD da poco, persone con un po' più di esperienza, ma ancora giovanissimi, che sono rientrate dall'estero per lavorare qui da noi.

Tutto questo, inoltre, non si fa da soli, c'è bisogno di collaborazioni nazionali e internazionali, ed infatti i nostri collaboratori, oltre ad essere a Siena alla Toscana Life Science, sono anche negli Stati Uniti e in Inghilterra.