

Luglio 2019

IL MONDO NEL 2040

Il futuro dell'assistenza
sanitaria, della mobilità,
dei viaggi e della casa

**IL FUTURO
DELLA SALUTE,
DELL'ASSISTENZA
E DEL BENESSERE**

Allianz  Partners



Sommario

IL FUTURO DELLA SALUTE, DELL'ASSISTENZA E DEL BENESSERE

L'autore	3
Medicina personalizzata	5
Medicina basata su cellule staminali	11
Nanomedicina	13
Terapia genica, editing genetico	15
Salute digitale	17
Conseguenze	24

L'Autore

Ray Hammond conduce ricerche, scrive e parla di tendenze e sviluppi futuri da 40 anni.

È autore di 14 libri sul futuro e ha scritto, fornito consulenza e tenuto conferenze per le grandi aziende di tutto il mondo, i governi e molte università in Europa, negli Stati Uniti e in Asia. Partecipa abitualmente a trasmissioni su canali radio-televisivi nazionali e internazionali.



Nel 2010 Michal Gorbachev gli ha conferito, per i servizi resi alla futurologia, una medaglia emessa dalla Camera dei Deputati italiana per conto delle Nazioni Unite. Nella citazione il Presidente Gorbachev ha scritto:

"Siamo lieti di onorare Ray Hammond per il suo costante impegno per la ricerca e per le sue straordinarie ipotesi sul futuro, illuminate da conoscenza scientifica ed evidente interesse per l'umanità."

Nota dell'Autore

Il presente rapporto contiene le mie opinioni personali sui probabili sviluppi futuri e non rappresenta le opinioni di Allianz Partners. Quando mi è stato chiesto di condurre la ricerca e scrivere questo rapporto, mi sono state fornite indicazioni sulle aree tematiche di ricerca, ma mi è stata data libertà di sviluppare l'intero contenuto editoriale in maniera indipendente. Sono pertanto responsabile per eventuali errori ed omissioni.

Il futuro della salute, dell'assistenza e del benessere

La medicina e l'assistenza sanitaria sono settori piuttosto conservativi e altamente resistenti ai cambiamenti, come testimoniato da cicli di sviluppo che, in ambito farmaceutico, durano da 10 a 15 anni. Enormi sono le difficoltà da affrontare per introdurre riforme nei sistemi sanitari legati al termometro della politica e alla natura diffidente dei legislatori. Tuttavia, nel corso dei prossimi 20 anni, cinque rivoluzioni importanti trasformeranno la pratica medica e l'assistenza sanitaria.

Tali eventi saranno:

- 1. Medicina personalizzata sulla base delle analisi del DNA e dei dati informatici raccolti per ogni paziente**
- 2. Medicina basata sull'uso delle cellule staminali per riparare/ rigenerare tessuti e organi**
- 3. Nanomedicina, con somministrazione dei farmaci e sviluppo a livello sub- microscopico**
- 4. Terapia genica e modificazioni a livello genetico per rendere il DNA umano più resistente alle malattie**
- 5. Sanità digitale con uso di intelligenza artificiale (AI) e tecnologie digitali per diagnosticare e tenere sotto controllo la salute dei pazienti**

Ciascuna di queste cinque rivoluzioni trasformerà le prospettive di salute e longevità di ognuno di noi. Tuttavia, se considerati nel loro insieme, tali eventi introdurranno parametri interamente nuovi per la sanità, vale a dire un sistema in cui i consumatori rileveranno da sé i propri dati sanitari, i genetisti potranno eliminare le malattie ereditarie dalla popolazione, l'intelligenza artificiale

aiuterà nella diagnosi quotidiana e le cure da adottare saranno personalizzate per ogni singolo paziente.

Come molte altre imprese e settori industriali, la sanità si trova ad affrontare una vera e propria impasse con l'avvento delle tecnologie digitali e la portata di tale cambiamento sarà tanto maggiore considerata la vastità di tale mercato.

L'assistenza sanitaria costituisce uno dei mercati più vasti a livello mondiale e con crescita esponenziale. A tale mercato è destinato oltre il 10% del prodotto interno lordo di tutti i paesi sviluppati. Il valore stimato del mercato globale annuo si attesta più o meno a 8,1 trilioni di \$, con una crescita annua attualmente calcolata al 4,3%. Si ritiene che gli investimenti annuali nella sanità dovrebbero aumentare sino a raggiungere 18,28 trilioni di \$ entro il 2040.

Considerati i costi e l'importanza del sistema per tutti i cittadini, il settore sanitario è fortemente politicizzato, soggetto a normative rigorose, nonché oggetto di acceso dibattito in tutte le nazioni industrializzate. Per tale motivo il futuro della sanità vedrà una distribuzione disomogenea. Alcune nazioni saranno le prime ad autorizzare e sfruttare le nuove tecnologie e trattamenti sanitari, al contrario di altre. Pertanto il futuro della nostra salute potrà dipendere da un fattore puramente geografico.

Trend 1: Medicina personalizzata in base al DNA

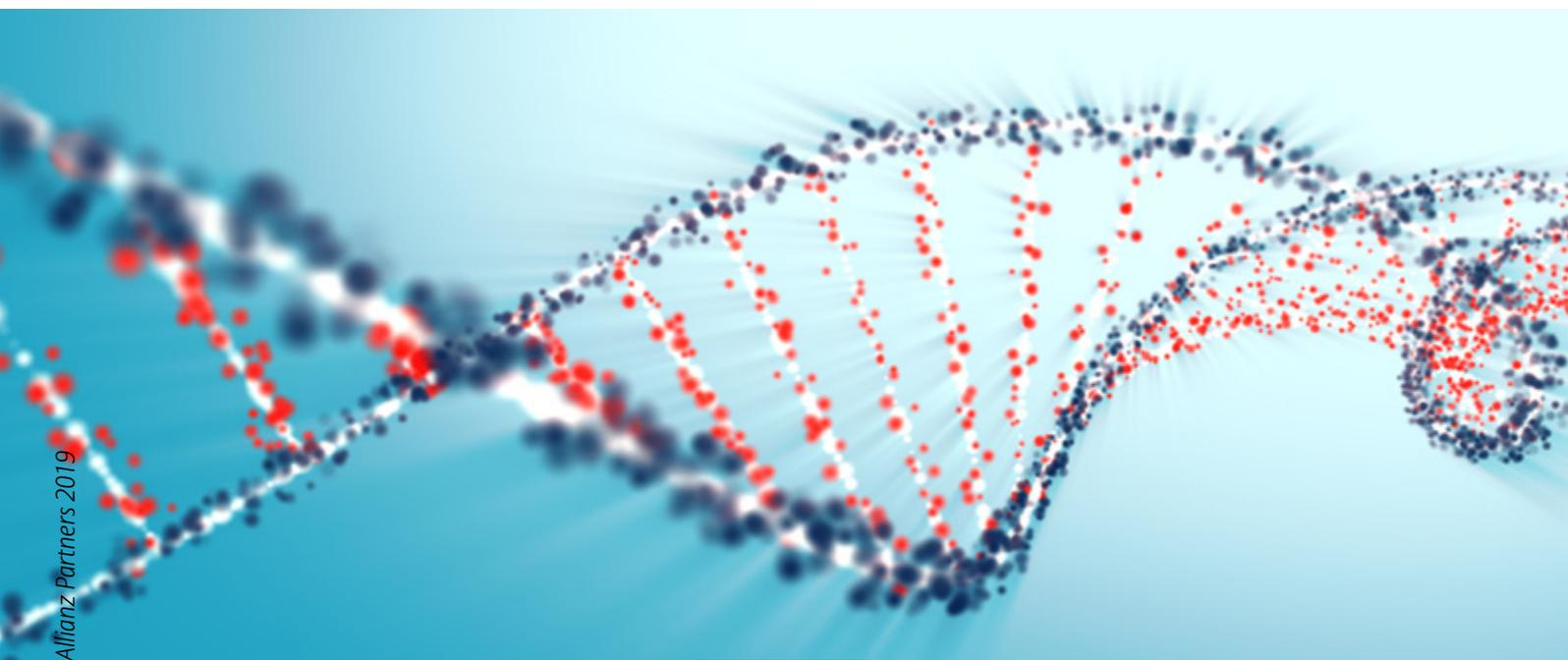
La medicina con fondamenti scientifici è una pratica che risale a poco più di un secolo fa e, per tutto questo tempo, i medici di famiglia hanno sempre adottato un approccio universalmente valido per la cura di tutti i pazienti. Si tratta di un assunto decisamente ingiusto per i medici che invece hanno cercato di adattare i dosaggi dei farmaci, la scelta dei medesimi e le cure somministrate a seconda di ogni paziente. Tuttavia, sino ad oggi i farmaci più comuni resi disponibili sono stati studiati come cure adatte ad ogni tipo di malattia. Nel mondo occidentale, l'approccio più diffuso per la prescrizione dei farmaci è decisamente indiscriminato e dispendioso. Vari studi suggeriscono come una percentuale che rappresenta sino all'80% dei pazienti non risponde ai dieci farmaci più comuni normalmente prescritti per le malattie più diffuse.

Ora però l'analisi del DNA dei singoli genomi umani inizia ad essere lo strumento a disposizione dei medici nella cura dei pazienti, permettendo

di prescrivere farmaci più adatti al DNA di ognuno. Questo non è che l'inizio della cosiddetta 'Medicina Personalizzata', nota anche come 'Medicina di precisione'.

Tutti i tre miliardi di coppie di basi del genoma umano (la 'mappa' del DNA che descrive la biologia di un essere umano) vennero inizialmente sequenziati grazie al progetto USA Human Genome Project risalente al 2001. Si trattò di un compito che richiese un incredibile sforzo in termini di risorse computerizzate e di tempi di lavoro, il cui costo venne stimato all'incirca sui \$2,7 miliardi.

Otto anni dopo, il costo per il sequenziamento completo del genoma si ridusse a circa \$100.000, poi a \$10.000 e, oggi, viene offerto a \$399. Nessun esempio può illustrare in modo più efficace il crollo dei costi e la velocità astronomica di crescita dei processi di elaborazione computerizzata.



Sequenziamento del DNA per la cura dei tumori

Gli oncologi sono stati i pionieri nell'utilizzo dell'analisi del DNA per offrire un servizio di medicina realmente personalizzata. Ogni tumore è il risultato della combinazione assolutamente unica di mutazioni genetiche, e il sequenziamento del DNA tumorale è ampiamente usato per individuare mutazioni carcinogeniche specifiche del DNA.

In alcuni casi la conoscenza delle alterazioni genetiche di un tumore può aiutare gli oncologi a stabilire un programma di trattamento.

Determinate cure, in particolare alcune terapie mirate, risultano efficaci solo per i pazienti le cui cellule tumorali mostrano alterazioni genetiche specifiche che ne provocano una proliferazione incontrollata (anche note con il nome di mutazioni "driver"). Ad esempio le mutazioni del gene EGFR che provocano una rapida divisione delle cellule sono riscontrabili nelle cellule del tumore polmonare di alcuni pazienti. I pazienti, invece, in cui le cellule tumorali polmonari rivelano una mutazione EGFR, possono rispondere meglio ad un trattamento con farmaci definiti inibitori EFGR. Il sequenziamento clinico del DNA tumorale può rivelare se un paziente è affetto da tumore polmonare con mutazione dell'EGFR.

In oncologia il sequenziamento del DNA tumorale ha già consentito di allungare la vita ad alcune decine di migliaia di pazienti e nuovi farmaci stanno per essere approvati per il trattamento

dei tumori in base alla specificità del rispettivo DNA, non all'area del corpo umano in cui si annidano.

Si tratta di un approccio assolutamente innovativo nella cura dei tumori, nonché di una chiara dimostrazione di come il sequenziamento del DNA diventerà fondamentale per tutta la medicina del futuro.

Sequenziamento del DNA in Medicina Generale

Oggi i medici di famiglia non propongono ai pazienti, come cura abituale, il sequenziamento del DNA come parte del processo diagnostico (sebbene almeno una nazione stia programmando di offrire ai pazienti in salute un test del DNA ad un costo minimo).

Se un medico sospetta l'insorgenza di sintomi che indicano una malattia collegata ad un gene specifico oppure ad un insieme di geni, di frequente richiede un test del DNA per verificare la presenza di tale sequenza genetica

specificata.

Il sequenziamento del DNA utilizzato per individuare malattie rare collegate a geni specifici risulta particolarmente utile nella diagnosi di almeno 7.000 cosiddette malattie e sindromi di Mendel.

Entro il 2040 la medicina avrà a disposizione i dati di sequenziamento del DNA ottenuti da decine di milioni di pazienti e l'analisi di questa vasta serie di dati permetterà di individuare associazioni e correlazioni di gran lunga più precise tra malattie e sequenze genetiche.

Entro il 2040 la medicina avrà a disposizione i dati di sequenziamento del DNA ottenuti da oltre dieci milioni di pazienti

Sequenziamento del DNA dei consumatori

Attualmente varie aziende offrono ai consumatori i propri servizi di sequenziamento del DNA. Tra queste troviamo [23andMe](#), [Dante Labs](#), [HomeDNA](#) e [24Genetics](#). Ma questi servizi di analisi del DNA diretti al consumatore hanno una reale rilevanza medica per questi ultimi o per i medici? Per iniziare, il test del DNA può indicare una casistica di malattie e sindromi a cui il paziente può essere soggetto. Può altresì suggerire quali farmaci possano risultare più efficaci per un determinato individuo.

Molti medici e genetisti hanno mostrato una certa preoccupazione rispetto a questo sequenziamento del DNA rivolto ai consumatori. Gli studi medici forniti come parte del test genetico dei consumatori nel corso dell'ultimo decennio NON hanno dimostrato di poter prevedere con precisione quali malattie i singoli possono contrarre e quali possono evitare. In generale, possono essere considerati come una guida piuttosto approssimativa.

Stiamo imparando a capire come la maggior parte delle sindromi e delle malattie siano il risultato dell'insieme di più di geni (eredità poligeniche) e di fattori ambientali; pertanto i risultati comunicati ai consumatori nel corso dell'ultimo decennio devono essere interpretati con la massima cautela.

Tuttavia, di anno in anno, migliora la conoscenza circa il tipo e l'insieme di geni correlati a sindromi e malattie specifiche ed il sequenziamento del DNA rivolto al consumatore è oggi di gran lunga più preciso che nella scorsa decade.

Col tempo i genetisti e gli esperti statistici hanno migliorato la capacità di convertire i dati genetici in conoscenze utili, con la possibilità di prevedere quali sono i soggetti a rischio triplo di infarto rispetto alla media, oppure quali donne sono ad alto rischio di tumore al seno pur non mostrando alcuna storia familiare o mutazioni del gene BRCA. I progressi ottenuti in parallelo hanno modificato radicalmente il modo in cui vengono rilevati e interpretati i dati raccolti mentre i nostri smartphone proseguono la loro incessante marcia verso un futuro che li vedrà come la porta attraverso la quale accedere ai dati sulla salute e prendere decisioni informate.

Esistono attualmente nuove app per il sequenziamento e l'interpretazione del DNA, quali [MyGeneRank](#), che tengono conto delle implicazioni poligeniche dei test del DNA individuali, ricercando

insiemi di geni che potrebbero causare futuri problemi di salute e che vanno nella direzione di un futuro in cui i test del DNA dei consumatori potrà fornire una guida esaustiva e accurata per la prevenzione di possibili malattie.

Nel 2018, 26 milioni di persone - consumatori, non pazienti - hanno richiesto servizi di sequenziamento del proprio DNA a pagamento. Invece di agire in base ad una richiesta del proprio medico, molti hanno preferito utilizzare i dati in modo proattivo per avere gli elementi in base a cui decidere in merito alla propria salute.

Nel 2018, 26 milioni di persone, consumatori, non pazienti, hanno richiesto servizi di sequenziamento del proprio DNA a pagamento



Entro il 2040 il sequenziamento del DNA costituirà uno strumento di alta precisione per prevedere le future condizioni di salute

DNA e risposta ai farmaci

Il secondo vantaggio dell'analisi del DNA individuale è che il paziente, nonché il medico che se ne occupa, potranno iniziare a comprendere quali prescrizioni risultino essere le più efficaci nel trattamento di una patologia. Questo settore prende il nome di farmacogenomica.

Tuttavia, pur trattandosi di indicazioni utili, non possono essere considerate come un modello assoluto per le cure mediche.

L'interpretazione dei rischi attuali collegati ai test del DNA da banco diventa sempre più accurata, tanto

da poter essere realmente utile ai medici, ma indica altresì che, quanto maggiore è la conoscenza circa il ruolo di geni specifici nelle malattie, tanto più utili saranno tali test. Entro il 2040 il sequenziamento del DNA costituirà uno strumento di alta precisione per prevedere le future condizioni di salute e, personalmente, ritengo che il DNA decodificato e disponibile per i professionisti del settore sanitario, entrerà a far parte dei dati anamnestici dei singoli.

Raccolta dei dati genomici

Il Regno Unito è attualmente in testa alla classifica della gara a livello mondiale sulla raccolta di informazioni di massa sul DNA utili ad approfondire la conoscenza sulle implicazioni dei dati genetici. Nel 2012 il governo del Regno Unito ha annunciato l'avvio del progetto 100.000 Genome Project, la prima Banca Dati Nazionale di genomi in tutto il mondo.

Il progetto si prefiggeva il sequenziamento di 100.000 genomi raccolti da circa 70.000 partecipanti, tutti pazienti del sistema sanitario nazionale (NHS), affetti da malattie rare, dei relativi familiari nonché da pazienti con tumori.

L'idea era creare un nuovo servizio di medicina genomica per il Servizio Sanitario nazionale del Regno Unito, trasformando così il modo in cui le persone sono curate. Ai pazienti poteva così essere offerta una diagnosi per la prima volta. In futuro si potrà anche sfruttare il potenziale per l'adozione di cure nuove e più efficaci.

Mentre la preparazione di tale studio era in corso, il governo del Regno Unito annunciò di aver raggiunto l'obiettivo iniziale di sequenziamento di 100.000 genomi completi e che un partecipante su quattro affetto da malattie rare aveva ricevuto per la prima volta una diagnosi. A circa la metà dei pazienti affetti da tumori vennero forniti risultati potenzialmente utili che offrivano la possibilità di entrare a far parte di un programma di sperimentazioni cliniche oppure di essere curati con una terapia personalizzata.

L'avanzamento del progetto consentirà anche di intraprendere nuove ricerche mediche. L'abbinamento dei dati sulla sequenza genomica con quelli relativi all'anamnesi è una risorsa innovativa. I ricercatori potranno studiare come usare al meglio la genomica nell'assistenza sanitaria e come meglio interpretare i dati per aiutare i pazienti. Si potrà inoltre indagare sulle

cause, la diagnosi e la cura delle malattie.

Il governo del Regno Unito si prefigge inoltre di dare impulso all'industria genomica britannica. Anche se già verso la fine del 2018 il progetto 100.000 Genome Project rappresentava il più vasto progetto mondiale di sequenziamento nel proprio genere, il ministro della sanità britannico, Matt Hancock, ne annunciò l'ulteriore ampliamento per la raccolta di altri 5 milioni di genomi umani nel corso dei cinque anni successivi.

Entro il 2040 tale progetto sarà una fonte ricca ed ampiamente usata di dati genomici che quasi sicuramente avrà fornito informazioni sulle causali genomiche per migliaia di sintomatologie e malattie.

Anche altre nazioni hanno intrapreso la raccolta dei genomi su larga scala. Tra queste la Francia, i Paesi Bassi, l'Islanda.

Il progetto islandese sul genoma è particolarmente avanzato e ha introdotto quesiti di tipo legale, morale ed etico che dovranno essere affrontati in tutte le nazioni di pari passo al progredire della raccolta dei dati genomici.

La domanda principale è se chi contribuisce con il proprio DNA alle banche del gene debba essere avvertito qualora la sequenza del DNA lo indichi come portatore di un gene che lo mette a rischio rispetto a determinate patologie gravi come, ad esempio, mutazioni dei geni BRCA1 e BRCA2 che indicano nelle donne una maggiore predisposizione allo sviluppo di tumori al seno. Il governo islandese rifiuta di informare i donatori di DNA rispetto a tali risultati in ragione del fatto che i medesimi non hanno fornito il consenso specifico ad essere informati sui risultati nel momento in cui hanno donato i campioni di DNA. Si tratta di un tema molto controverso a livello nazionale ed il dibattito è destinato ad estendersi ad altre nazioni col diffondersi della pratica di costituzione di banche dati genetiche.

Entro il 2040 verrà sequenziato il DNA di tutti neonati

A Boston tutti i neonati vengono normalmente sottoposti al sequenziamento del DNA nell'ambito di una sperimentazione clinica finalizzata a stabilire quanto possono essere utili le informazioni genomiche durante la crescita e rispetto alle cure alle quali alcuni di essi saranno inevitabilmente sottoposti.

Le famiglie dei neonati vengono reclutate dal Boston Children's Hospital e presso i nidi di infanzia di Brigham e Women's Hospital; una metà viene randomizzata ai fini del sequenziamento e per ricevere un rapporto con i risultati ottenuti rispetto al DNA dei propri figli contenente varianti monogeniche delle patologie (disturbi causati a un singolo gene), varianti carrier recessive nell'insorgenza di disturbi infantili o con potenziale di intervento in età infantile (bambini probabili veicoli di un gene che potrebbe provocare determinate patologie nelle generazioni future) e varianti farmacogenomiche (geni che indicano una potenziale reazione insolita a determinati farmaci).

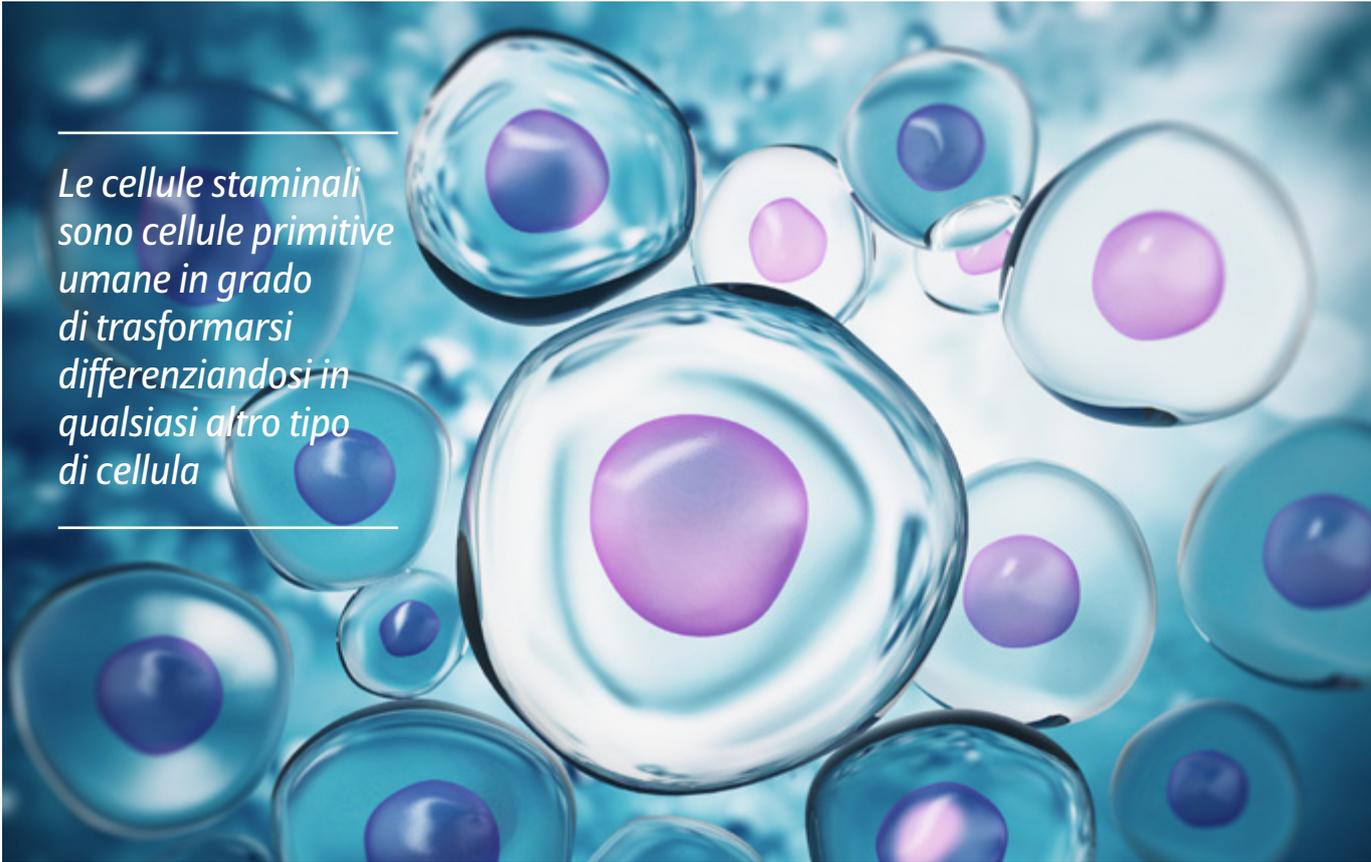
I risultati della sperimentazione saranno disponibili solo tra qualche decina di anni, tuttavia i primi dati si sono dimostrati incoraggianti. Nell'insieme, in seguito al sequenziamento del DNA di 51 bambini, su quattro di essi sono state riscontrate varianti del gene patogenetico o probabili tali. Tutte sono risultate dominanti e sarebbe sufficiente una singola copia del gene per scatenare la malattia. Tre di queste varianti sono state collegate a cardiopatie, nonostante l'assenza assoluta di sintomi nei neonati; due di questi bambini vengono attualmente seguiti presso il Boston Children's Hospital. La quarta variante era collegata ad un difetto enzimatico non individuato con uno screening standard non relativo al DNA eseguito alla nascita. Tale variante non ha ancora provocato l'insorgenza di sintomi,



tuttavia il neonato sarà probabilmente sottoposto a cure preventive che prevedono la somministrazione di integratori alimentari.

Altri 47 neonati sono risultati essere portatori di geni a variante recessiva, pur non risultando esserne apparentemente affetti. Due neonati mostravano varianti farmacogenomiche che avrebbero potuto alterare la loro risposta metabolica a determinati farmaci. Un altro neonato mostrava una variante in BRCA2, il gene collegato al tumore al seno. Poiché tale tumore è una patologia dell'età adulta, il team ha deciso di ottenere un permesso speciale dal comitato etico per poter rivelare il risultato alla famiglia, poiché anche la madre poteva risultare a rischio.

Tali risultati precoci risultano già essere molto espliciti ed entro il 2040 è probabile che tutti i sistemi sanitari prevedano il sequenziamento del DNA dei neonati come procedura di routine.



Le cellule staminali sono cellule primitive umane in grado di trasformarsi differenziandosi in qualsiasi altro tipo di cellula

Trend 2: la promessa della medicina delle cellule staminali

Lo sviluppo delle terapie e delle cure basate sulle cellule staminali sembra così promettente che tale scienza è stata descritta come “la penicillina del 21° secolo”.

Le cellule staminali sono cellule primitive umane in grado di trasformarsi differenziandosi in qualsiasi altro tipo di cellula e possono dividersi per produrre altre cellule staminali dello stesso tipo. In breve, le cellule staminali possono essere indotte a riprodurre qualsiasi tessuto umano e persino interi organi sostitutivi.

Esistono due categorie generali di applicazioni mediche per le cellule staminali: in primo luogo come effettiva terapia e poi come mezzo per generare i tessuti allo scopo di modellare le malattie per aiutare i ricercatori nello sviluppo delle terapie.

Attualmente esistono vari tipi di malattie che vengono trattate con terapie basate sulle cellule staminali o che offrono prospettive per l'uso di tali terapie in futuro.

Tra queste citiamo le malattie autoimmuni, i disturbi neurologici, i tumori e l'infertilità. Le malattie specifiche per cui vengono testate le terapie con cellule staminali comprendono la sclerosi multipla, le artriti reumatoidi, le artriti idiopatiche giovanili, la malattia di Crohn, il diabete mellito di tipo 1, la citopenia autoimmune, il lupus eritematoso sistemico e la sclerosi sistemica.

Le cellule staminali, inoltre, vengono già usate nella medicina rigenerativa per la sostituzione o la riparazione di tessuti o organi danneggiati da malattie o traumi. Il vantaggio significativo dell'uso di questo tipo di rigenerazione con le cellule staminali consiste nel fatto che se le cellule staminali del donatore vengono sviluppate dal paziente stesso, grazie alle nuove tecniche attualmente in via di sviluppo, entro il 2040 non avremo più il problema del rigetto autoimmune delle nuove cellule.

Le cellule staminali vengono attualmente testate con molto successo nella cura di ictus, malattie coronariche, danni cerebrali e degenerazione maculare (perdita della vista in età senile).

Uno degli aspetti terapeutici più promettenti della ricerca sulle cellule staminali è la possibilità di riparare o sostituire gli organi e i tessuti danneggiati, vale a dire di replicare il processo rigenerativo che di solito ha luogo unicamente nel corpo. Così, se le cellule staminali embrioniche hanno dimostrato un altissimo potenziale in questo campo, grazie alla loro pluripotenza, cioè la capacità di trasformarsi in una vastissima tipologia di tessuti, si sono ottenuti risultati importanti anche con l'impiego di cellule staminali adulte.

Ad esempio, nel 2008, le cellule staminali adulte sono state usate per creare una nuova trachea per una donna trentenne e, per molti anni, sono state usate con successo nella cura della leucemia e di tumori delle ossa e del sangue ad essa collegati tramite il trapianto di midollo osseo.

I medici inoltre hanno recentemente utilizzato cellule staminali ematopoietiche (presenti nel sangue) per la cultura di globuli rossi in laboratorio, da utilizzare nelle trasfusioni. Le cellule ematiche rosse ottenute sono in grado di sopravvivere e trasformarsi in cellule pienamente funzionanti una volta inserite nel flusso sanguigno dei pazienti, dimostrando così il loro potenziale come alternativa alle donazioni di tipo tradizionale (i pazienti sono in grado di generare all'interno del proprio corpo il sangue di cui necessitano per le trasfusioni).

Per poter coltivare tali cellule, i ricercatori hanno dovuto capire quale fosse il giusto equilibrio tra i fattori di crescita che potrebbero indurre le cellule staminali ematopoietiche a differenziarsi con successo.

Pertanto, se tale risultato costituisce una novità significativa nella terapia delle cellule staminali che sicuramente rappresenterà un vantaggio per i molti pazienti in attesa di trasfusioni, il fatto che i ricercatori siano riusciti solo di recente ad utilizzare le cellule staminali per rigenerare i globuli rossi indica quanto sia complessa la sfida da affrontare per riuscire ad ottenere tessuti e organi rigenerati in laboratorio.

Nonostante le promesse, le terapie basate sulle cellule staminali sono ancora in corso di studio e saranno necessarie numerose ulteriori sperimentazioni prima che il loro impiego diventi una pratica diffusa e comune. Preoccupa constatare come molte strutture

mediche che impiegano cellule staminali siano state allestite in Paesi dove esiste una scarsa legislazione in materia (ad es. Messico, India e Cina) poiché tali strutture offrono terapie di non provata efficacia a base di cellule staminali a pazienti gravemente malati e disperatamente in cerca di una cura. Anche in alcuni stati USA qualche struttura medica non soggetta a rigorosa legislazione, offre trattamenti con cellule staminali di dubbio valore. Spesso, tali dispendiose terapie sono del tutto inutili, se non persino pericolose.

Rimane tuttavia indiscutibile il fatto che la medicina delle cellule staminali diventerà uno strumento potente e di enorme importanza a disposizione della sanità entro il 2040.

Le cellule staminali vengono già usate nella medicina rigenerativa per la sostituzione e la riparazione di tessuti e organi

Trend 3: Nanomedicina

“Nanotecnologia” è la parola usata per descrivere la scienza, l'ingegneria e la tecnologia condotte su nanoscala, vale a dire su scala misurabile da 1 a 100 nanometri circa. Un nanometro equivale a un milionesimo di metro.

La nanomedicina applica le conoscenze e gli strumenti della nanotecnologia alla prevenzione e al trattamento delle malattie. Ciò comporta l'uso di materiali di nanomateriali, quali le nanoparticelle biocompatibili e, in futuro, si spera vengano progettati nanorobot per la diagnosi, la somministrazione di farmaci, a fini di rilevamento o azione all'interno di un organismo vivente (si definisce nanorobot un dispositivo compreso in una scala da 0,1-10 micrometri e costruito con componenti di nanoscala o molecolari destinato a svolgere compiti specifici all'interno del corpo).

Siamo ancora alle primissime fasi dello sviluppo di terapie misurabili con questa scala submicroscopica, tuttavia il settore mostra già enormi potenzialità.

La dimensione minuscola dei nanomateriali è simile a quella della maggior parte delle molecole e delle strutture biologiche; pertanto, i nanomateriali possono essere utilizzati sia per le terapie sui pazienti che a scopo di ricerca e per applicazioni in campo biomedico. Sino ad ora, l'integrazione dei nanomateriali con la biologia ha portato a sviluppare dispositivi diagnostici, agenti di contrasto, strumenti di analisi e applicazioni in campo terapeutico.



L'applicazione più ampiamente utilizzata nell'ambito della nanotecnologia in medicina e attualmente oggetto di studio, prevede l'impiego di nanoparticelle per la somministrazione di farmaci, calore, luce o altre sostanze a determinati tipi di cellule (quali le cellule cancerogene). Le particelle vengono studiate in modo da essere attratte dalle cellule della malattia, e, di conseguenza, trattare in modo diretto tali cellule. Tale tecnica consente di ridurre i danni alle cellule sane presenti nel corpo e permette altresì di individuare la malattia in fase precoce. L'assunzione complessiva dei farmaci da parte del paziente (e quindi i potenziali effetti collaterali) possono essere ridotti in modo significativo depositando il principio attivo del farmaco solamente nella regione malata con un dosaggio che non sarà mai superiore al necessario.



'Nanotecnologia' è la parola usata per descrivere la scienza, l'ingegneria e la tecnologia condotte su nanoscala, vale a dire su scala misurabile da 1 a 100 nanometri, circa

Ad esempio, sono attualmente in fase di studio nanoparticelle che somministrano i farmaci chemioterapici direttamente alle cellule tumorali. I metodi per la somministrazione mirata dei farmaci chemioterapici sono in corso di sperimentazione e si attende l'approvazione definitiva per poterli utilizzare sui pazienti affetti da tumori.

Attualmente le nanomedicine vengono usate per migliorare le cure somministrate e la vita dei pazienti affetti da una varietà di patologie tra cui i tumori al seno e alle ovaie, malattie renali, micosi, alti livelli di colesterolo, sintomi della menopausa, sclerosi multipla, algie croniche, asma ed enfisema.

Mentre la maggior parte della ricerca attuale della nanomedicina riguarda alterazioni molecolari atte a rendere più accurata la somministrazione dei farmaci, alcuni scienziati stanno scoprendo altri impieghi della manipolazione molecolare.

Alcuni ricercatori della Georgia State University stanno utilizzando le nanoparticelle nel vaccino antinfluenzale per

colpire un ceppo virale comune a tutti i virus influenzali. L'intento è sviluppare un vaccino efficace per tutti i virus influenzali.

Altri ricercatori del Wyss Institute stanno testando nanoparticelle che rilasciano il farmaco quando sono soggette ad una forza applicata, come accade quando si ha il passaggio attraverso una sezione di arteria che è stata parzialmente ostruita da un coagulo di sangue. I test di laboratorio eseguiti sugli animali hanno dimostrato che si tratta di un metodo efficace per somministrare farmaci destinati a sciogliere il coagulo.

La nanomedicina è ancora agli albori, tuttavia in futuro questo settore potrebbe sbaragliare tutte le altre branche della scienza medica. Non appena gli scienziati comprenderanno come si possono manipolare le cellule a livello molecolare, saranno in grado di creare "designer drugs" (farmaci personalizzati) infinitamente più efficaci di quelli attuali.

Trend 4: Editing Genetico

Noi tutti siamo il prodotto dei nostri geni e l'idea di riuscire a modificare il DNA negli embrioni o negli adulti è una delle più grandi sfide della medicina e anche uno degli argomenti più controversi.

Le preoccupazioni circa l'etica dell'editing genetico sono diventate più pressanti nel decennio scorso, quando è stata sviluppata una nuova tecnica di editing del DNA. Questa forma di editing genetico, denominata CRISPR-Cas9, è stata paragonata alla tecnica di elaborazione testi del "copia e incolla" ed ha notevolmente semplificato il processo di editing genetico.

Invece di risistemare le parole, la tecnica di editing genetico CRISPR riscrive il DNA, il codice biologico che costituisce il manuale di istruzioni degli organismi viventi.

Con l'editing genetico i ricercatori potranno disattivare i geni target, correggere le mutazioni pericolose e modificare l'attività di geni specifici di piante e animali, compresi gli esseri umani.

L'editing genetico è già stato usato per modificare le cellule immunitarie del corpo umano per combattere i tumori o per resistere alle infezioni HIV. Potrebbe però anche essere utilizzato per riparare geni difettosi negli embrioni umani e quindi per evitare che i bambini possano ereditare gravi patologie. Si tratta di un argomento molto controverso poiché le modifiche genetiche influirebbero sulle cellule dello spermatozoo e sulla cellula-uovo, trasmettendo le modifiche genetiche ed eventuali effetti collaterali negativi alle generazioni future.

Attualmente la maggior parte della ricerca nell'editing genomico viene svolta per comprendere le malattie tramite l'uso di cellule in laboratorio e modelli animali. Gli scienziati stanno ancora cercando di stabilire quanto questo approccio sia sicuro ed efficace per gli esseri umani.

La ricerca viene condotta per una grande varietà di malattie, comprese le malattie di un singolo gene, quali fibrosi cistica, emofilia e anemia falciforme. La ricerca sembra anche essere promettente per il trattamento e la prevenzione di malattie più complesse quali tumori, patologie cardiache, malattie mentali e infezioni da virus dell'immunodeficienza umana.

Nel 2017 i ricercatori hanno iniettato nel sangue di un paziente strumenti di editing genetico. Il paziente, un soggetto di 44 anni, soffriva di una rara alterazione metabolica

denominata sindrome di Hunter. Un anno dopo i ricercatori hanno annunciato che la sperimentazione si era dimostrata un successo ed ora sono stati autorizzati a svolgere ulteriori sperimentazioni sui pazienti.

Nell'aprile del 2018 è stata autorizzata in Europa una sperimentazione clinica di editing genetico per la cura delle beta-talassemia negli esseri umani. Tale sperimentazione clinica è solo una delle decine di sperimentazioni avviate a partire dall'avvento della tecnica di editing genetico CRISPR-Cas9. La maggior parte di tali sperimentazioni vengono svolte in Cina, dove si studiano gli effetti della CRISPR sui tumori, tuttavia molte altre sono attualmente in corso negli Stati Uniti.

*Sono già state
effettuate
sperimentazioni
di editing
genetico su
esseri umani*

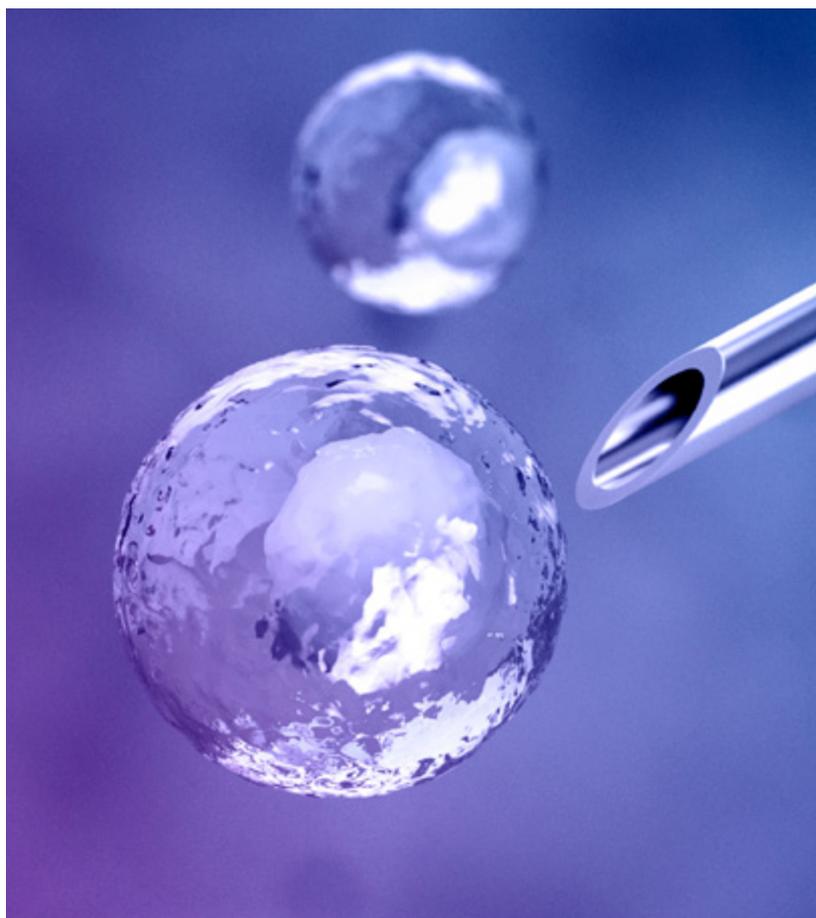
Complessivamente sono circa 60.000 i bambini che nascono ogni anno e che sono affetti da beta-talassemia, una rara malattia ematica in cui l'anomalia dell'emoglobina può provocare anemia e bassi livelli di ossigeno nel sangue.

Le sperimentazioni europee utilizzano le tecniche CRISPR per disattivare il gene responsabile dei tali disturbi e per aiutare le cellule ematiche rosse a produrre una forma di emoglobina presente nei neonati su cui la mutazione non ha avuto effetto.

A lungo termine, l'editing genetico offre enormi potenzialità per sconfiggere le malattie ereditarie, migliorando la longevità degli esseri umani. Tuttavia, gli studiosi di etica esprimono alcune perplessità circa il fatto che l'editing genetico potrebbe essere usato per produrre "neonati geneticamente perfetti" o costituire una minaccia a lungo termine rispetto alla linea germinale umana. Esiste anche un rischio elevato di conseguenze impreviste che potrebbe interessare l'editing genetico di altre forme di vita, dai topi alle zanzare, sino ai microbi.

Mentre questo report era in fase di definizione finale, dalla Cina sono giunte notizie sorprendenti circa il primo editing genetico eseguito su embrioni umani. Nel corso di una conferenza stampa il genetista He Jiankui ha annunciato di avere già eseguito l'editing su due embrioni impiantati nell'utero materno. Il risultato è stato la nascita di due bambini apparentemente sani.

Le gemelle non identificate, prodotte del trattamento IVF (FIVET) hanno un gene singolo, denominato CCR5, alterato in modo da renderle meno suscettibili alle infezioni HIV. L'editing è stato eseguito quando gli embrioni avevano appena un giorno di vita, vale



a dire in fase sufficientemente precoce da essere incluso nella linea germinale, quindi da poter essere passato da una generazione all'altra.

Cambiamenti di portata così ampia sono in genere vietati, come altresì espresso dalla Convenzione sui Diritti Umani e la BIOMEDICINA del 1997 a cura del Consiglio europeo. Il protocollo scientifico richiede che qualsiasi embrione geneticamente modificato venga distrutto prima dello sviluppo e che non venga mai impiantato.

L'annuncio del Dr He ha destato un enorme clamore e il governo cinese ha chiuso il laboratorio prima che venisse avviata una procedura di indagine sull'operato. Un commento postato dal Dr. He in un video su YouTube fornisce una lettura del processo di editing genetico spiegandolo così: "È stato appena aperto il vaso di Pandora per conto di tutta la razza umana".



Ben presto i 'pazienti informati' sulla propria salute vorranno monitorare anche la pressione sanguigna, i livelli di glucosio nel sangue, i livelli di potassio, nonché di altri parametri chiave del proprio stato di salute utilizzando gli stessi dispositivi portatili alla moda

Trend 5: la Medicina Diventa Digitale

Come in molti altri settori, la tecnologia digitale viene trasferita anche alla medicina, all'assistenza sanitaria e al nostro stesso corpo. Stiamo imbrigliando l'intelligenza artificiale (IA) per migliorare la diagnosi e le cure mediche, utilizziamo robot per prenderci cura degli anziani e delle persone più deboli, sfruttiamo le potenzialità del computer per decodificare il nostro DNA individuale e i dati genomici raccolti per personalizzare le cure mediche per i pazienti affetti da gravi patologie.

Oggi, i consumatori indossano al polso sensori portatili come contapassi, per misurare la forma fisica, tenere sotto controllo la frequenza cardiaca, il respiro, lo stress, i livelli di ossigeno presenti nel sangue ed il ritmo del sonno.

Ben presto i 'pazienti informati' vorranno monitorare anche la pressione sanguigna,

i livelli di glucosio nel sangue, i livelli di potassio nonché altri parametri chiave del proprio stato di salute utilizzando gli stessi dispositivi portatili alla moda (senza dover portare con sé apparecchiature ingombranti o doversi sottoporre ad esami ematici invasivi).

Le apparecchiature per eseguire l'elettrocardiogramma (unità ECG) iniziano ad essere proposte come accessori economici ed estremamente portatili per smartphone, accessori che permettono altresì ai pazienti affetti da patologie cardiache di monitorare il proprio battito durante le normali attività quotidiane e, se necessario, di inviare tali letture ai cardiologi (inoltre, con l'aiuto dell'intelligenza artificiale, gli stessi pazienti sono persino in grado di poterli interpretare, anche se a livello elementare). L'ultima versione dello smart watch della Apple prevede la possibilità di eseguire semplici misurazioni ECG dal polso di chi lo indossa.

Sono anche disponibili scanner a ultrasuoni economici e portatili previsti come accessori per lo smartphone, in modo da poter assicurare le donne in stato interessante possano che osservano i movimenti dei loro bambini in tempo reale nel comfort della propria abitazione. Medici sportivi e allenatori possono eseguire controlli preliminari su eventuali lesioni durante la pratica sportiva, direttamente sul campo, sulle piste o in piscina.

I robot sono in uso già da molto tempo nelle sale operatorie per gli interventi più delicati. Tuttavia mentre il costo dei medesimi è in rapidissima e decisa diminuzione e le rispettive funzionalità in aumento, un numero sempre maggiore di operazioni viene svolto da macchine che lavorano sotto la supervisione umana. I chirurghi sono ora in grado di controllare i robot da postazioni remote ("telechirurgia robotica") Ciò significa che competenze chirurgiche anche molto rare saranno disponibili in tutto il mondo. Entro il 2040 la capacità degli assistenti chirurgici robotizzati e la velocità, nonché l'affidabilità delle comunicazioni in rete avranno raggiunto il punto in cui gli specialisti, ad esempio gli oftalmologi, si troveranno sostanzialmente ad operare pazienti che si trovano fisicamente in una nazione, se non in un continente diverso.

La prospettiva di una chirurgia sempre maggiormente robotizzata darà l'impulso necessario ad estendere al massimo la portata dei sistemi di assistenza sanitaria.

La chirurgia robotizzata consentirà di eseguire operazioni con estrema precisione, e sarà caratterizzata da miniaturizzazione, incisioni ridotte, minori perdite ematiche, diminuzione del dolore e ripresa più rapida. I tempi di ospedalizzazione inoltre risulteranno ridotti in modo decisivo.

Durante gli interventi chirurgici alcuni pazienti potrebbero decidere di immergersi in una realtà virtuale invece che sottoporsi all'anestesia di tipo tradizionale. Alcuni sistemi di realtà virtuale sono già utilizzati con successo a questo fine e dopo l'operazione i pazienti dichiarano di non aver sofferto di alcun dolore.

Le stampanti digitali 3-D stanno già producendo ossa sostitutive, arti e

protesi personalizzate, realizzandoli in strutture vicino ai pazienti a cui sono destinate (ad esempio all'interno degli ospedali), abbreviando così i tempi di attesa e riducendo i costi in modo significativo rispetto alle tecniche di produzione protesiche tradizionali.

Una start-up tecnologica israeliana è attualmente in grado di produrre una struttura polmonare in 3-D che permetterà di usare le cellule staminali per ricreare nuovi polmoni adatti al trapianto umano.

La tecnologia digitale sta realmente trasformando il settore medico e dell'assistenza sanitaria.

La prospettiva di una chirurgia sempre maggiormente robotizzata darà l'impulso necessario per estendere al massimo la portata dei sistemi di assistenza sanitaria

Il Paziente Informato

Da oltre 20 anni i pazienti consultano Internet alla ricerca di suggerimenti per diagnosticare malattie, per informazioni su patologie già diagnosticate e per consulenza medica generale. Da oltre un decennio i pazienti si collegano con altri pazienti sui social media per discutere le loro condizioni, confrontare le terapie, leggere recensioni e fornire pareri su medici, chirurghi e ospedali e per ricevere un aiuto prezioso da coloro che si trovano nelle stesse condizioni. I pazienti fanno anche parte di reti di supporto.

Ora i pazienti che necessitano di consulenza medica immediata possono consultare virtualmente i medici utilizzando un'app sul loro smartphone. A fronte di un canone mensile esiguo o di un pagamento una tantum i pazienti possono parlare tramite applicazioni video con medici qualificati in grado di prescrivere cure e inviare i pazienti agli specialisti più indicati. È in corso una progressiva sostituzione delle formalità e delle strutture sanitarie tradizionali.

Una questione più controversa è la realizzazione di applicazioni per smartphone in cui l'intelligenza artificiale viene utilizzata per sostituire un medico umano. Ada offre un'app che include un "chatbot" che risponderà alle domande dei pazienti circa i loro sintomi e i loro problemi di salute. Se richiesto, l'applicazione fornisce anche connessioni virtuali a medici umani. Coloro che criticano quest'applicazione sostengono che vi dovrebbe essere una regolamentazione delle tecnologie di IA che interagiscono direttamente con il pubblico.

Medicina Personalizzata in base ai Dati

Le aziende farmaceutiche utilizzano la tecnologia digitale per monitorare i pazienti e per registrare dati sugli effetti del farmaco in condizioni reali. Le nuove informazioni offerte da questi dati consentono ai ricercatori di migliorare i farmaci e di inventare nuovi trattamenti, nonché testarli in modo più efficace, in condizioni più realistiche rispetto al passato.

I dati raccolti dai dispositivi tecnologici indossabili consentiranno anche ai medici di personalizzare ulteriormente la terapia in base al singolo paziente. Tali dati, sommati alle informazioni ottenute mediante il sequenziamento del DNA dei pazienti, consentiranno ai medici di adattare con estrema precisione la terapia alle necessità dei pazienti.

Ad esempio, l'applicazione per smartphone Kardia ECG, dotata di sensore, consente di registrare l'onda sinusoidale del cuore per monitorare eventuali aritmie che potrebbero suggerire una fibrillazione atriale (quando si ha una frequenza cardiaca irregolare, anomala ed elevata).

Un paziente con fibrillazione atriale può registrare sul proprio smartphone l'onda sinusoidale del ritmo cardiaco quando avverte i sintomi e quando non li avverte.

Il paziente può anche registrare i dettagli di eventuali sintomi avvertiti durante la registrazione ECG.

Nei prossimi anni i dati raccolti dai dispositivi indossabili, dalle app per smartphone e dai sensori consentiranno il monitoraggio e la registrazione di condizioni metaboliche, cardiovascolari e gastrointestinali



In futuro, le letture regolari dell'ECG effettuate a casa forniranno al cardiologo un'anamnesi dettagliata del comportamento del cuore nell'arco di settimane o mesi, in momenti diversi del giorno e della notte e nel momento in cui si avvertono i vari sintomi. Queste informazioni forniranno indicazioni sulla gravità delle condizioni del paziente e consentiranno al cardiologo di personalizzare con precisione l'intervento medico richiesto.

Nei prossimi anni i dati raccolti dai dispositivi indossabili, dalle applicazioni per smartphone e dai sensori consentiranno il monitoraggio e la registrazione di condizioni metaboliche, cardiovascolari e gastrointestinali.

Tra le altre funzioni che saranno monitorate figurano sonno, funzioni neurologiche, disturbi del movimento e salute mentale, assistenza alla maternità, prenatale e neonatale, salute polmonare ed esposizione a fattori ambientali.

Prima d'ora questi dati storici non sono mai stati disponibili ai medici, ai ricercatori di aziende farmaceutiche o ai progettisti di algoritmi di intelligenza artificiale. Le informazioni acquisite consentiranno ai medici di personalizzare ulteriormente le terapie in base ai singoli pazienti e svolgeranno un ruolo importante nel definire nuove conoscenze mediche e politiche di salute pubblica.

Cambiare il rapporto Medico-Paziente

Grazie ad Internet e alla tecnologia digitale, la conoscenza che era di proprietà esclusiva dei medici e degli altri professionisti sanitari viene democratizzata e i pazienti saranno molto meglio attrezzati per monitorare la loro salute quotidiana e lavorare per preservare attivamente e curare il loro bene più prezioso e importante: il "benessere".

L'arrivo della tecnologia sanitaria digitale non significa che i dottori non sono più necessari, piuttosto il contrario. Tuttavia, la tecnologia di monitoraggio della salute, le infrastrutture di comunicazione, le numerose conoscenze e il supporto medico ora disponibili ai consumatori ridefiniranno nel tempo il ruolo sia dei pazienti che dei medici.

Questo processo libererà i professionisti sanitari da alcune delle loro mansioni di monitoraggio dei dati corporei, elaborazione di anamnesi e terapie continuative per diventare più personali, più investigativi e creativi nel fornire cure e assistenza.

Per essere chiari, il ruolo di medici e chirurghi nella cura del paziente resta fondamentale. Non vi è una sostituzione dei rapporti tra medico e paziente, bensì soltanto una sostituzione parziale di una parte limitata delle conoscenze fornite dalla formazione medica.

Soprattutto non viene sostituita l'esperienza derivante da anni di diagnosi e di gestione di condizioni specifiche. È importante che l'accesso alle informazioni mediche non venga confuso con l'importantissima esperienza pratica acquisita dai medici nel trattare migliaia di pazienti nel corso degli anni. Tuttavia, parte della tecnologia descritta da questo rapporto è finalizzata a far sì che i pazienti ricorrano il meno possibile al medico. Molti pazienti, una volta stimolati a monitorare il proprio stato di salute, si chiedono come abbiano potuto vivere senza comunicare con il proprio corpo.

Con l'arrivo della tecnologia digitale non significa che i medici non saranno più necessari

Non essere capaci di misurare il battito e la pressione sanguigna (in qualsiasi momento) diventerà, per molte persone attente alla salute, strano come entrare in un'automobile senza plancia o schermo.

Non conoscere il proprio livello di glicemia, colesterolo oppure ossigeno nel sangue (se pertinente al proprio stato di salute) sarà come partire per un viaggio senza uno smartphone, un sistema di navigazione satellitare o una cartina. Le persone guarderanno con stupore all'epoca in cui i nostri corpi non erano "intelligenti" ed eravamo costretti a girovagare per il mondo senza monitorare la nostra salute fisica e inconsapevoli delle condizioni sempre mutevoli del nostro corpo.

Più in generale, la rete sta diventando il nostro dottore. Gli smartphone e l'intelligenza artificiale imparano sempre di più a diagnosticare malattie "ascoltando" un colpo di tosse e a riconoscere l'inizio precoce del morbo di Parkinson monitorando l'andatura dell'utilizzatore, inizieremo a rivolgerci ai nostri dispositivi intelligenti e alle loro reti di supporto come risorsa primaria di assistenza – il primo riferimento quando necessitiamo di consulenza medica non urgente.

Grazie al rapido miglioramento dei sensori e delle funzionalità di monitoraggio dello stato di salute dei dispositivi portatili e indossabili e al miglioramento esponenziale delle capacità dell'intelligenza artificiale basata su Internet, un'ampia fetta della popolazione si affiderà sempre più all'auto-monitoraggio, all'auto-diagnosi e all'auto-trattamento informatizzati per le proprie esigenze sanitarie primarie.

La tecnologia digitale modificherà anche il modo in cui i pazienti interagiscono con i medici. Questi ultimi riferiscono che già ora i pazienti esprimono il diritto di registrare i consulti sui loro smartphone e che tale pratica aumenterà negli anni fino a diventare un'abitudine.

Sono lontani i tempi in cui i pazienti cercavano disperatamente di ricordare ciò che il dottore aveva detto durante una visita o un consulto e dal momento che il "life logging", ovvero l'abitudine di registrare tutti gli eventi della vita, diventa sempre più accettata nella società, i medici dovrebbero arrivare ad accettare il fatto che in futuro così come tutte le interazioni della polizia con il pubblico saranno registrate, anche il contatto tra medici e pazienti avrà un trattamento analogo. Le registrazioni diventeranno parte integrante delle cartelle digitali dei pazienti con una conseguente diminuzione di errori e malintesi.



L'impatto dell'Intelligenza Artificiale

I sistemi di Intelligenza Artificiale (IA) stanno già dimostrando di essere in grado, alla pari dei medici umani, di diagnosticare alcune malattie e condizioni limitate e specifiche, tuttavia, man mano che la tecnologia migliora in termini di velocità e capacità, il numero e la gamma di malattie diagnosticabili dall'IA aumenteranno rapidamente.

Uno dei principali vantaggi dell'utilizzo di sistemi di IA in medicina è la loro potenzialità di sbloccare informazioni clinicamente pertinenti nascoste in notevoli quantità di dati che, a loro volta, possono aiutare nel prendere una decisione. Una seconda forma di IA, nota come apprendimento automatizzato, può imparare da questi dati per migliorare l'accuratezza del processo decisionale.

Oggi, l'IA viene utilizzata per leggere le scansioni mediche e individuare i tumori, per diagnosticare l'Alzheimer, per vagliare milioni di pagine di evidenze mediche al fine di suggerire una diagnosi, per fornire servizi infermieristici e per contribuire allo sviluppo di farmacie nelle aziende farmaceutiche.

L'IA fornisce inoltre algoritmi per migliorare e accelerare le scansioni RMN e addirittura per creare immagini tridimensionali in movimento del cuore che batte (mostrando nel contempo la quantità di sangue che viene pompata con ciascuna contrazione).

L'automazione azionata mediante IA può aumentare la produttività, liberando medici e infermieri dalle attività di routine. In futuro, "chatbot" dotati di algoritmi di apprendimento approfondito potrebbero sollevare



il personale del pronto soccorso dall'accettazione di alcuni pazienti in situazioni non di urgenza come mal di gola e infezioni del tratto urinario.

Il McKinsey Global Institute ha previsto che le efficienze operative rese possibili dall'IA potrebbero consentire sensibili risparmi nei paesi sviluppati. Per gli Stati Uniti le stime vanno dall'1 al 2 per cento del PIL. In altri paesi ricchi i risparmi previsti sarebbero compresi tra lo 0,5 e l'1 per cento del PIL. L'adozione totale dell'IA potrebbe aumentare del 40-50 % la produttività degli infermieri registrati. La ricerca del McKinsey ha riscontrato che ciò permetterebbe agli ospedali di dimezzare i costi del personale riducendo contemporaneamente i tempi di attesa dei pazienti.



Il Cambiamento Non Avverrà Facilmente Per La Professione Medica

Qualsiasi cambiamento relativo al modo in cui viene fornita l'assistenza sanitaria non avverrà facilmente. Per motivi di sicurezza del paziente, la professione medica è ultra-conservatrice: dopo tutto, il principale mantra ippocratico è *primum non nocere* – “In primo luogo, non fare del male”.

Tuttavia, nonostante la resistenza della professione medica conservatrice, è chiaro che l'accesso alle informazioni mediche e ai dati sul monitoraggio è un diritto di ogni essere umano. I poteri e le conoscenze mediche vengono trasferite dai dottori al pubblico generale. Il Dott. Eric Topol, eminente cardiologo statunitense e campione di salute digitale, ha riassunto questo concetto nel titolo del suo autorevole libro [“The Patient Will See You Now”](#).

Il Dott. Topol è un raro, se non unico, esempio di professionista medico che comprende le implicazioni della salute digitale. Lui e pochi altri si rendono conto che la professione medica si trova di fronte a un'enorme rivoluzione, ma ha già identificato la miriade di vantaggi per i pazienti e i medici man mano che i nostri corpi diventano “smart”.

In futuro molti dei test e dei controlli che una volta erano disponibili esclusivamente in uno studio medico o in un laboratorio di anatomia patologica saranno immediatamente disponibili tramite smartphone e altri dispositivi aggiuntivi. Inoltre, la serie di sensori presenti sul corpo e intorno ad esso si svilupperà ed evolverà molto rapidamente, per diventare una rete di salute e benessere che funzionerà 24 ore al giorno per tenervi il più possibile informati e sani. Alcuni di questi sensori potrebbero essere inseriti in articoli di abbigliamento quotidiani e infine nella pelle e nel sangue.

I nostri corpi sono “generatori naturali di dati” e tutto ciò che è necessario per attingere a questa risorsa sono biosensori non costosi che catturano i dati e alcuni algoritmi intelligenti per interpretarli. Ad esempio, un’occhiata alle registrazioni storiche dei vostri livelli di attività quotidiana, alle calorie che avete bruciato ogni giorno, ai ritmi di sonno, alla frequenza cardiaca a riposo nel lungo termine e alla pressione sanguigna media diranno a voi (e al vostro medico) molto di più del vostro reale stato di salute o malattia di qualsiasi visita o check-up istantaneo effettuato presso lo studio del medico.

Finora, per un medico è stato molto difficile vedere come il corpo dei pazienti si comporta nel tempo (nel caso in cui il paziente non sia ricoverato in ospedale). Questa nuova tipologia di dati ambulatoriali a costi contenuti porterà a un’individuazione migliore, più rapida e precisa dei problemi, della diagnosi e della terapia adeguata.

Migliorerà la salute di milioni di pazienti e l’odierno check-up o visita medica annuale sarà sostituita da un flusso continuo di informazioni sulla vita reale, in tempo reale provenienti dal vostro corpo. (Di fatto, è stato dimostrato che il valore della visita medica annuale è inferiore a quello che si pensava un tempo e molti professionisti considerano inutile questa procedura consolidata).

I professionisti medici hanno da tempo capito l’enorme valore dei dati ambulatoriali. Tuttavia, fino a poco tempo fa catturare tali dati era un’operazione difficile e costosa.

I dottori sono stati prudenti nel prescrivere l’utilizzo di tali apparecchiature e i pazienti si sono dimostrati riluttanti nell’indossare dispositivi fastidiosi.

Eppure i dati ambulatoriali storici provenienti dal mondo reale e relativi a pressione sanguigna, funzionalità polmonare, frequenza cardiaca, livelli di potassio, contenuto di ossigeno nel sangue o livelli di glucosio (per citare alcune delle misurazioni attualmente possibili) sono le informazioni più preziose a disposizione dei nostri medici, i quali possono modificare i

dosaggi o eliminare un particolare farmaco ed ottenere un feedback rapido, in tempo reale, della risposta del corpo al cambiamento.

Ecco come i vostri dati aiuteranno i medici a personalizzare ulteriormente il trattamento terapeutico, oltre alla scelta del trattamento in base al

profilo del DNA.

Ad esempio, con una lettura in tempo reale del livello di glicemia su uno smartphone, una persona diabetica può vedere immediatamente come un pasto oppure una certa bevanda o un certo alimento influisce su livello di glucosio del corpo. Tutto ciò modifica in maniera efficace ed immediata la dieta e il comportamento e per la prima volta fornisce al paziente il feedback necessario per controllare e gestire la propria condizione in ogni singolo momento. Se sapete che mangiare una banana matura aumenta, dopo 30 minuti, il livello di zuccheri nel sangue di 0,25 mmol/L (millimole per litro), in futuro potrete evitare quel frutto o prendere una banana meno matura.

*I nostri corpi sono
“generatori naturali
di dati”
che possono
essere letti da
biosensori non
costosi*

I dispositivi che monitorano il sonno - braccialetti, smartphone, sensori da posizionare sotto le coperte, ecc. - forniscono già informazioni preziose su condizioni e malattie che non si potrebbero ottenere in maniera diversa. Un dispositivo originariamente concepito per controllare gli autori di reati ha consentito di mostrare che i pazienti affetti dal morbo di Parkinson soffrono di episodi che si verificano durante il sonno, un fenomeno che prima non si conosceva.

Anziché essere difficili da interrogare, i nostri corpi diventeranno presto dei registratori "intelligenti" e trasparenti e dei rivelatori di dati fisiologici. Si tratta di un cambiamento molto profondo nel campo della medicina e dell'assistenza sanitaria.

I nostri medici saranno in grado di disporre di rapporti in tempo reale sulle condizioni dei loro pazienti durante la loro vita quotidiana. Questi dati confluiranno in modalità wireless nel cloud (accessibile dagli studi medici) 24 ore al giorno e, anche se i nostri medici non avranno il tempo di monitorare personalmente tali flussi di informazioni individuali, i sistemi di monitoraggio IA li avviseranno di qualsiasi modifica ai dati dei pazienti che richiede attenzione immediata.

Oggi può sembrare ancora irrealistico, ma non trascorrerà molto prima che i pazienti ultracinquantenni più informati (e molti pazienti più giovani) abbiano corpi "smart", costantemente connessi che inviano continuamente dati agli studi medici (e ai loro sistemi di archiviazione basati su cloud).

La frase chiave nell'ultimo paragrafo è "pazienti informati" perché è chiaro che vi sono molti pazienti nella popolazione generale che semplicemente non vogliono assumersi alcuna responsabilità per il loro benessere.



In effetti, i soggetti appartenenti a questo gruppo manifestano scarso interesse per la loro salute, a meno che non siano improvvisamente debilitati e necessitino di assistenza immediata. I professionisti sanitari stimano che tale gruppo corrisponda a un terzo della popolazione complessiva, mentre gli altri due terzi mostrano vari gradi di interesse per la salute che vanno da minimo a molto forte. È lecito dubitare che il 33% di disinteressati diventeranno più interessati quando i dispositivi di monitoraggio saranno molto economici o addirittura forniti gratuitamente. Tuttavia, l'impatto potenziale della salute digitale sull'assistenza sanitaria e sull'economia sociale sulla maggioranza più interessata resta ancora profondo.



La raccolta di dati sulla salute da parte dei pazienti durante la loro vita quotidiana ("Ambulatory Data Collection"- ADC) è un fenomeno completamente nuovo. Il volume del flusso di dati a partire dai dispositivi indossati continuamente da decine di milioni di persone sarà enorme, ma sono stati sviluppati strumenti analitici di estrapolazione dei dati che aiuteranno i ricercatori a dare un senso a questi enormi insiemi di informazioni biometriche.

Un campo completamente nuovo di "estrapolazione di dati medici predittivi" si svilupperà man mano che i ricercatori identificheranno serie di dati in grado di segnalare in tempo disturbi fisiologici o fornire indicazioni della malattia durante il suo sviluppo. In precedenza non abbiamo mai avuto dati cardiaci a lungo termine provenienti da esseri umani mentre svolgono le loro attività quotidiane (nonché mentre dormono) ed è altamente probabile

che i ricercatori svilupperanno nuovi algoritmi per identificare automaticamente i primi segnali di problemi cardiovascolari imminenti.

Analogamente, i ricercatori medici non hanno mai avuto un registro a lungo termine relativo ai ritmi di sonno, frequenza respiratoria, pressione sanguigna, livelli di glucosio nel sangue, livelli di stress, ecc. Il futuro della medicina predittiva è già iniziato e trasformerà i sensori a basso costo che applicheremo sul nostro corpo, che inseriremo nei nostri vestiti e sulle bilance delle nostre stanze da bagno nonché gli altri dispositivi a casa, in auto, a scuola e sul posto di lavoro, in sistemi efficaci di preallerta per la salute umana.

Un'altra preziosa conseguenza del monitoraggio diffuso della popolazione sarà la possibilità di mettere i dati ADC a disposizione delle aziende farmaceutiche.



Attualmente le aziende farmaceutiche testano i nuovi farmaci in quelli che sono presumibilmente studi clinici rigorosi e, successivamente, devono attendere molto tempo per il riscontro semi-aneddotico del mondo reale (solitamente fornito da medici in descrizioni indirette delle esperienze dei loro pazienti) man mano che il farmaco viene utilizzato dalla popolazione generale. Immaginate quali miglioramenti sarebbero possibili per le linee guida per l'uso e addirittura per il farmaco stesso, se le aziende farmaceutiche potessero accedere direttamente ai dati provenienti dagli utilizzatori del loro farmaco nel mondo reale.

È possibile affermare che mentre il cambiamento della medicina tradizionale procede a una velocità simile a quella della deriva dei continenti, lo sviluppo digitale e di internet procede a una velocità che sembra più vicina a quella della luce.

Tuttavia, questi due settori, precedentemente separati (medicina e informatica), stanno rapidamente convergendo e in base ad alcuni fattori esterni molto potenti pare certo che sarà la tradizione medica a cedere il passo.

Di seguito si riportano i fattori esterni superpotenti che rimodelleranno la pratica medica:

1. Il rapido invecchiamento della popolazione nel mondo sviluppato

La generazione di Baby Boomer è prossima al pensionamento oppure è già in pensione e, per la prima volta, in alcune nazioni sviluppate, gli ultrasessantacinquenni superano tutte le altre generazioni.

L'aumento della popolazione anziana comporta l'aumento di malattie croniche (ribattezzate, in senso meno peggiorativo, LTC – "Long Term Conditions") e costi più elevati per l'assistenza sanitaria. Nel Regno Unito circa il 33% della popolazione adulta soffre di malattie croniche, mentre queste ultime interessano il 60% degli americani adulti.

La differenza tra le due nazioni è reale e potrebbe essere il risultato di diverse definizioni mediche in uso o potrebbe riflettere l'approccio maggiormente aggressivo al trattamento tipico del sistema sanitario statunitense orientato al profitto.

Il fenomeno descritto sopra costituisce un vero affare per i sistemi sanitari a regime privatistico, a condizione che i pazienti riescano a trovare il denaro necessario per le terapie o per pagare i premi assicurativi.

Tuttavia, per i sistemi sanitari finanziati dai contribuenti (ad eccezione degli USA, i sistemi sanitari pubblici sono lo standard nella maggior parte dei paesi sviluppati) l'aumento del numero di pazienti anziani e del costo della tecnologia sanitaria significa un maggiore razionamento delle cure e una maggiore pressione sul prezzo dei farmaci e una limitazione delle risorse mediche.

Prima d'ora non è mai esistito un numero così elevato di persone anziane con malattie croniche, ovvero quelle patologie che non è possibile curare definitivamente ma soltanto controllare (artrite, diabete, ipertensione, COPD, ecc.); in precedenza la maggior parte delle persone più anziane moriva prima di raggiungere il punto in cui si rendeva necessaria un'assistenza medica continua. Questo gruppo di

pazienti affetti da patologie croniche graverà enormemente sui sistemi sanitari finanziati dai contribuenti

2. La maggior parte dei Paesi deve affrontare un problema serio: la domanda di assistenza sanitaria aumenta più rapidamente della disponibilità di medici.

Negli Stati Uniti l'Association of American Medical Colleges prevede entro il 2020 una carenza di 45.000 unità del numero di medici di base, in particolare la

tipologia di medico in grado di gestire le patologie croniche degli anziani.

Anche in Germania vi è una carenza di medici e si prevede che entro il 2020 in tutta Europa mancheranno 230.000 medici e 590.000 infermieri. In Europa, in meno di un decennio vi saranno 1 milione di posti vacanti nel settore sanitario (se si considerano tutti i ruoli).

Nel Regno Unito gli ospedali devono far fronte alla mancanza di 20.000 medici e 64.000 infermieri. Nel 2017 il Regno Unito aveva 2,8 medici ogni 1.000 abitanti, un numero inferiore a quello degli altri paesi europei, Bulgaria, Estonia e Lettonia comprese.

3. Il costo delle cure sanitarie aumenta rapidamente

La tecnologia medica dedicata, di alta gamma, è estremamente cara e lo sviluppo di farmaci diventa sempre più lungo e costoso (comportando un aumento del costo dei farmaci).

Può sembrare strano, ma mentre altri settori dello sviluppo tecnologico (computer e televisori) producono prodotti migliori a costi inferiori, non si può dire altrettanto per l'assistenza sanitaria.

Nel Regno Unito il bilancio annuale del NHS è 153 miliardi di \$, mentre negli USA ammonta a 3,5 trilioni di \$

La principale ragione di questi costi aggiuntivi è la spesa necessaria a realizzare studi clinici più complessi e l'investimento per adempiere a molteplici incombenze normative. Le apparecchiature sanitarie e i farmaci devono dimostrare di essere ragionevolmente sicuri prima di essere utilizzati sulle persone (il che non significa necessariamente che siano anche efficaci).

Nel Regno Unito il bilancio annuale del servizio sanitario pubblico (NHS) ammonta a 153 miliardi di \$, mentre negli Stati Uniti è pari a 3,5 trilioni di \$.

La popolazione statunitense non è cinque volte quella del Regno Unito, per cui il numero di abitanti non spiega l'enorme differenza tra i due paesi. Se si tenesse conto soltanto della popolazione, il bilancio della sanità statunitense ammonterebbe infatti a 581 miliardi di \$ e non a 3,5 trilioni di \$. Come il Dott. Atul Gawande, chirurgo statunitense, spiega nel suo libro "Being Mortal" riguardo al sistema sanitario degli USA, "Se i pazienti terminali – anziché le compagnie assicurative o il governo – dovessero pagare i costi aggiuntivi per i trattamenti che scelgono invece dell'ospizio, sicuramente terrebbero maggiormente conto dei compromessi (tra il costo e il prolungamento della vita). I malati terminali di cancro non pagherebbero 80.000 \$ per i farmaci e i pazienti con insufficienza cardiaca in fase terminale non pagherebbero 50.000 \$ per defibrillatori che offrono al massimo alcuni mesi di sopravvivenza in più."

4. Il metodo di finanziamento utilizzato dai sistemi sanitari pubblici e semi-pubblici

La maggior parte dei servizi sanitari pubblici sono direttamente finanziati mediante le tasse pagate dai lavoratori. Non vi è alcuna somma di denaro messa da parte nel tempo; ogni anno i costi dei



servizi sanitari sono finanziati direttamente dalle tasse riscosse dalla popolazione.

Apparentemente sembra un enorme "schema piramidale" basato sull'aumento del numero di persone che entrano nel programma di finanziamento e che pagano i contributi fiscali per consentire al sistema di fornire sempre più servizi a coloro che li necessitano. Per i lavoratori l'adesione è obbligatoria per legge e non vi sarebbe nulla di sbagliato o di illegale se il numero di contribuenti fosse in aumento.

Il problema è che nella maggior parte delle nazioni sviluppate il numero di lavoratori diminuisce mentre aumentano i pensionati. Coloro che pagano per il sistema sanitario sono sempre meno, mentre aumentano coloro che chiedono trattamenti sanitari sempre più onerosi. È chiaro che in tal modo il sistema rischia di crollare.

Com'è noto, il sistema sanitario americano deve affrontare sfide importanti,

nonostante gli eroici tentativi di riforma di Barack Obama (e i falliti tentativi di riforma compiuti negli anni '90 durante l'amministrazione Clinton). Conseguentemente, gli americani pagano un costo significativamente più elevato per i farmaci con prescrizione rispetto ai pazienti del resto del mondo e il sistema assicurativo privato statunitense premia i medici che eseguono interventi non necessari.

Il Dott. Atul Gawande ha riepilogato la situazione attuale come segue:

“L'aumento dei costi dell'assistenza sanitaria è diventata la principale minaccia alla solvibilità a lungo termine dei paesi più avanzati, dovuta in larga parte ai pazienti incurabili (anziani con malattie croniche)”.

È chiaro che quattro ragioni principali costringeranno i professionisti sanitari del mondo sviluppato a ricorrere alla responsabilizzazione del paziente: l'invecchiamento della popolazione, la diminuzione del numero di professionisti medici, il rapido aumento dei costi delle tecnologie mediche e terapeutiche specialistiche e le modalità di finanziamento dei sistemi sanitari (per schemi Ponzi/quasi-piramide).

5. Le cinque rivoluzioni in corso nell'assistenza sanitaria sono la soluzione al problema?

È probabile che tutte le cinque rivoluzioni in corso nella medicina e nell'assistenza sanitaria contribuiscano a migliorare la salute della popolazione.

Nel contempo è probabile che le prime quattro nuove metodologie mediche – medicina personalizzata in base al DNA, terapie con cellule staminali, nano-medicina e terapia genica –

umentino il numero di patologie che possono essere curate con successo. In alcuni casi i pazienti potrebbero non necessitare di ulteriore assistenza sanitaria per una particolare condizione, anche se inevitabilmente i trattamenti e le terapie conseguenti a questi successi aumenteranno la longevità e le richieste di servizi sanitari da parte della popolazione anziana.

Al momento ritengo che, nei paesi sviluppati, la richiesta di servizi sanitari continuerà ad aumentare, poiché le persone vivono di più e la medicina

scientifica copre un numero sempre maggiore di malattie. Di conseguenza, i costi dell'assistenza sanitaria continueranno a crescere. Tuttavia, la quinta rivoluzione da me descritta – la Salute Digitale – migliorerà probabilmente il benessere complessivo della popolazione.

La responsabilizzazione del paziente attraverso l'utilizzo di Internet, tecnologia digitale, biosensori a basso costo e analisi diretta del DNA del paziente contribuiranno ad alleviare l'onere che grava sui sistemi sanitari nazionali.

Anche se soltanto il 20% dei pazienti ha utilizzato nuove tecnologie per monitorare con maggiore responsabilità il proprio stato di salute, nei prossimi dieci anni questa rivoluzione potrebbe ridurre in maniera sostanziale il peso a carico degli studi medici e degli ospedali.

Inoltre, queste tecnologie possono fungere da elemento chiave per stimolare una rivoluzione nel campo della prevenzione contribuendo a innescare nel mondo intero una cultura della consapevolezza del proprio stato di salute.

L'aumento dei costi dell'assistenza sanitaria è diventata la principale minaccia alla solvibilità a lungo termine dei paesi più avanzati

Oltre alle tecnologie per controllare il proprio stato di salute, la risposta ai numerosi problemi che devono fronteggiare i sistemi di assistenza sanitaria nazionali, e sulla quale quasi tutti concordano, è l'innovazione costante della gestione di tali sistemi. Dallo sviluppo di farmaci e tecnologie diagnostiche migliori alla modalità di prestazione delle cure, devono continuare ad emergere nuove modalità di gestione dei servizi sanitari pubblici.

Uno dei modi più efficaci per garantire che l'innovazione nella fornitura di assistenza sanitaria conservi il proprio slancio consiste nel seguire da vicino le nuove tecniche che vengono adottate nei sistemi sanitari di altre nazioni.

Ad esempio, in India i medici devono adottare approcci innovativi e imprenditoriali alla fornitura di assistenza sanitaria perché la popolazione è vasta e la povertà è molto diffusa. Il sistema di gestione sanitaria dei paesi occidentali può imparare da questi esempi. Occorre inoltre prestare maggiore attenzione ai risultati dei migliori studi internazionali, verificando se i servizi di assistenza sanitaria sono in grado di fornire le migliori cure possibili ai pazienti del 2040.



