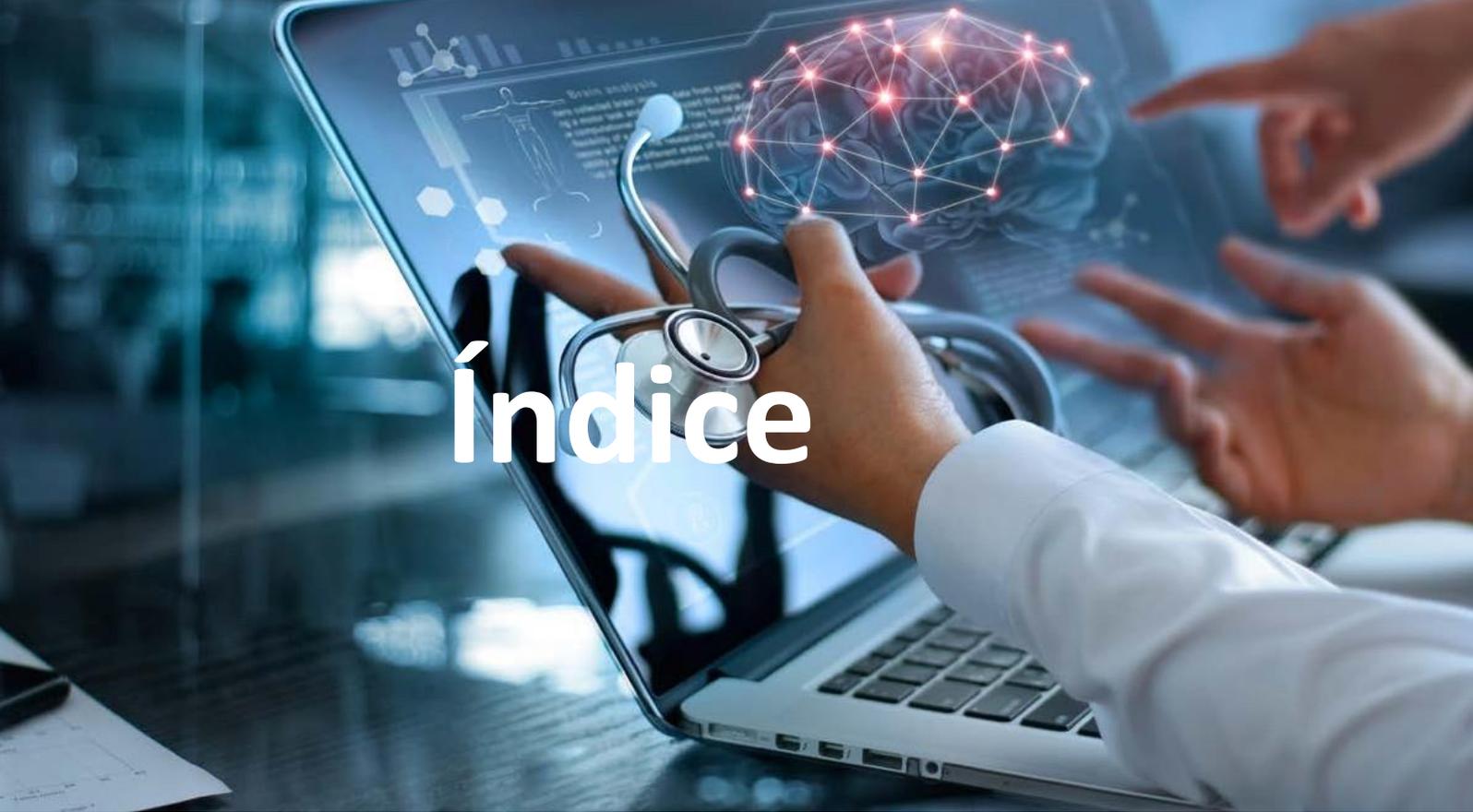


Julio de 2019

EL MUNDO EN EL 2040

El futuro de la
asistencia médica,
la movilidad, los
viajes y el hogar

**LA SALUD, LA
ASISTENCIA Y
EL BIENESTAR
DEL FUTURO.**



Índice

LA SALUD, LA ASISTENCIA Y EL BIENESTAR DEL FUTURO.

Sobre el autor	3
Medicina personalizada	5
Medicina de células madre	11
Medicina a escala nanométrica	13
Terapia génica y edición de genes	15
Salud digital	17
Impactos	24

Sobre el autor

Ray Hammond ha estado investigando, escribiendo y hablando sobre tendencias y desarrollos futuros durante casi 40 años.

Es autor de 14 libros sobre el futuro y ha escrito, asesorado e impartido conferencias para las grandes compañías del mundo, para los gobiernos y para muchas universidades en Europa, Estados Unidos y Asia. Es un locutor habitual en canales de radio y televisión nacionales e internacionales.



En 2010, Mijaíl Gorbachov le entregó una medalla por sus servicios a la futurología, que fue emitida por la Cámara de Diputados de Italia en nombre de las Naciones Unidas. En la notificación, el presidente Gorbachov escribió:

"Estamos encantados de honrar a Ray Hammond por su constante compromiso con la investigación y por sus asombrosas especulaciones sobre el futuro, ilustradas por el conocimiento científico y una evidente preocupación por la humanidad".

Nota del autor

Este informe representa mis propias opiniones sobre posibles desarrollos futuros. No representa los puntos de vista de Allianz Partners. Cuando se me pidió que investigara y escribiera este informe, me ofrecieron orientación sobre las áreas temáticas a investigar, aunque me dieron mano libre para desarrollar todo el material editorial de forma independiente. Cualquier error u omisión es mi responsabilidad.

La salud, la asistencia y el bienestar del futuro

Los sectores de la ciencia médica y de la prestación de asistencia sanitaria son conservadores y de lento movimiento, altamente resistentes al cambio. Observen los ciclos de desarrollo de diez a quince años en productos farmacéuticos, la inmensa dificultad a la hora de impulsar reformas a través de sistemas de salud políticamente sensibles y la naturaleza cautelosa de los reguladores.

Pero, durante los próximos veinte años, cinco revoluciones importantes transformarán la forma en que se practica la medicina y la prestación de asistencia sanitaria. Estas revoluciones son:

- 1. Medicina personalizada - basada en análisis de ADN personal y datos electrónicos de salud recopilados de pacientes individuales**
- 2. Medicina de células madre - el uso de células madre para reparar / regenerar tejidos y órganos**
- 3. Medicina a nanoescala - administración y desarrollo de fármacos a niveles sub-microscópicos**
- 4. Terapia génica y edición de genes - alteración del ADN humano para mejorar la salud**
- 5. Salud digital - uso de inteligencia artificial y tecnología digital para diagnosticar y monitorear la salud del paciente**

Cada una de estas cinco revoluciones transformaría individualmente las perspectivas para la salud humana y la longevidad.

Pero, en conjunto, producirán un paradigma completamente nuevo para el cuidado de la salud; uno en el que los consumidores recopilarán sus propios datos de salud, los genetistas eliminarán las enfermedades hereditarias de la población, los sistemas de inteligencia artificial ayudarán de manera rutinaria al diagnóstico y los tratamientos se adaptarán y personalizarán para los pacientes individuales.

Al igual que muchas otras industrias y sectores, la asistencia sanitaria se ve gravemente afectada por la tecnología digital, y la magnitud de su impacto será aún mayor debido al enorme tamaño del mercado de la asistencia sanitaria.

La provisión de asistencia médica es uno de los mercados más grandes y de mayor crecimiento del mundo, ya que consume más del 10 por ciento del producto interior bruto en todas las naciones desarrolladas. El mercado global anual se estima en un valor de alrededor de 8,1 billones de dólares y actualmente está creciendo en un 4,3 por ciento cada año. Se prevé que el gasto mundial anual en salud aumentará a 18,28 billones de dólares en el año 2040.

Dado su coste económico y su importancia para todos los ciudadanos, el sector sanitario está muy politizado, está muy bien regulado y es objeto de debate controvertido en casi todos los países ricos. Por esa razón, el futuro se distribuirá de manera desigual en cuestión de atención médica y algunas naciones serán más avanzadas a la hora de autorizar y desplegar nuevas tecnologías y tratamientos de salud que otras. Por el bien de su salud futura, es muy importante el lugar donde vive

Tendencia 1: Medicina personalizada basada en el ADN

La medicina basada en la ciencia solo se ha practicado durante poco más de un siglo y, durante ese tiempo, los médicos de familia han adoptado un enfoque de "talla única" para tratar a los pacientes.

Esta afirmación audaz es un poco injusta para los médicos que, por supuesto, varían las dosis de medicamentos, la selección de medicamentos y la recomendaciones de tratamiento, paciente por paciente. Pero, hasta hace muy poco, los medicamentos más comunes disponibles para los médicos habían sido diseñados para ser tratamientos de uso múltiple.

En Occidente, el enfoque generalizado de la prescripción de medicamentos es casi increíblemente "dispersa" y desperdiciada en su enfoque. Varios estudios

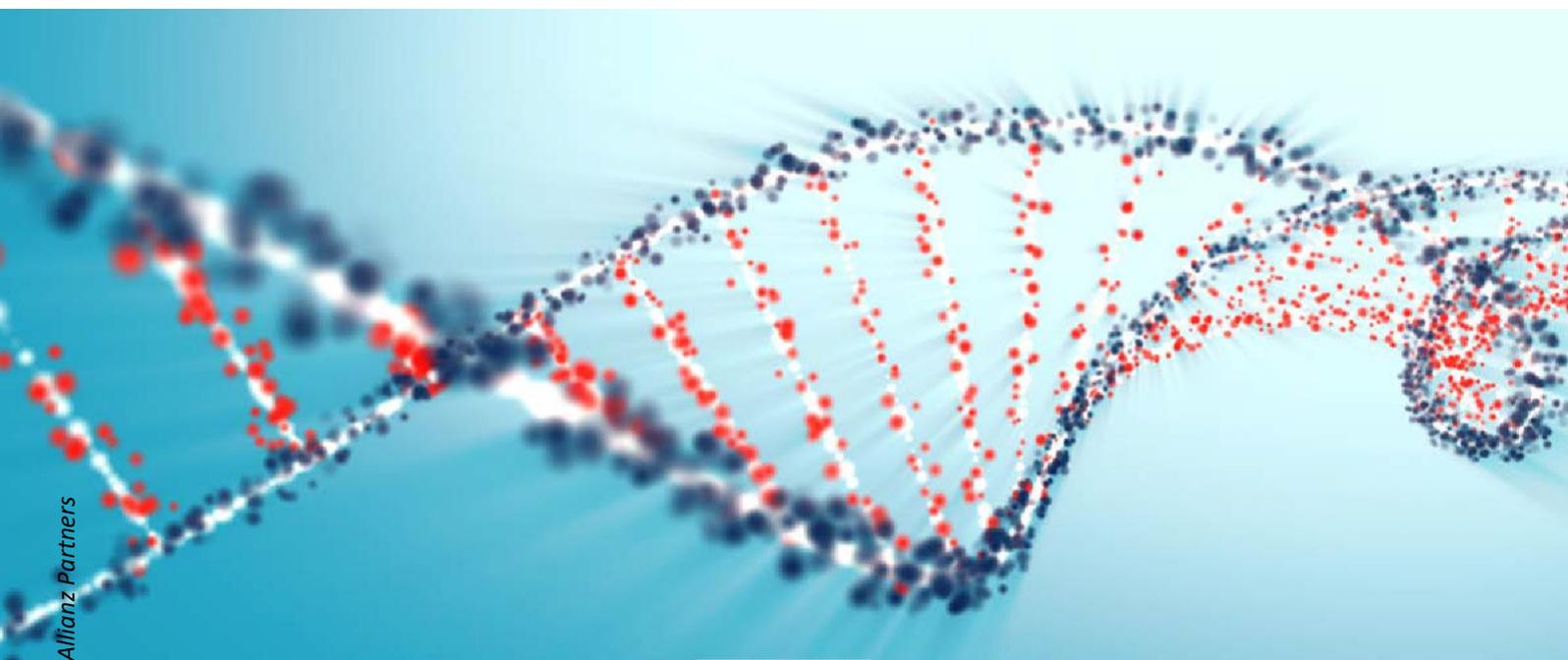
sugieren que hasta el 80% de los pacientes no responden a los diez medicamentos recetados con mayor frecuencia para las enfermedades comunes.

Pero ahora el análisis de ADN de genomas humanos individuales está comenzando a permitir que los médicos traten a los pacientes con los medicamentos más adecuados para su ADN personal. Este es el comienzo de lo que se llama "Medicina personalizada", a veces también se describe como "Medicina de precisión".

Los tres mil millones de pares de bases en el genoma humano (el "mapa" de ADN que describe la biología de un ser humano) fueron secuenciados por primera vez por el Human Genome Project de EEUU, en 2001. Por aquel entonces, fue una tarea increíblemente intensiva en computación y tiempo y costó aproximadamente 2,7 mil millones de dólares.

Ocho años después, el coste de una secuencia completa del genoma era de, aproximadamente, 100.000 dólares, unos años más tarde estaba disponible por 10.000 dólares y actualmente se ofrece por 399 dólares.

No hay datos que mejor demuestren la caída del coste y el rápido crecimiento del poder de procesamiento informático.



Secuenciación de ADN para el tratamiento del cáncer

Los oncólogos son pioneros en el uso del análisis de ADN para proporcionar medicamentos verdaderamente personalizados.

El cáncer de cada paciente tiene una combinación única de cambios genéticos, y la secuenciación del ADN tumoral se usa de forma extensiva para identificar estos cambios específicos del ADN.

En algunos casos, el conocimiento de las alteraciones genéticas en un cáncer puede ayudar a los oncólogos a determinar un plan de tratamiento. Algunos tratamientos - particularmente, algunas terapias dirigidas- son efectivos solo para personas cuyas células cancerosas tienen alteraciones genéticas específicas que causan que las células crezcan fuera de control (a veces se denominan mutaciones "conductoras").

Por ejemplo, las mutaciones en el gen EGFR, que hacen que las células se dividan rápidamente, se encuentran en las células de cáncer de pulmón de algunos pacientes. Un paciente cuyas células de cáncer de pulmón albergan una mutación EGFR puede responder mejor a un tratamiento con medicamentos llamados inhibidores de EGFR. La secuenciación clínica del ADN tumoral puede revelar si el tumor pulmonar de un paciente tiene una mutación EGFR.

La secuenciación del ADN tumoral en oncología ya ha extendido decenas de miles de vidas y ahora se están aprobando nuevos medicamentos para tratar los cánceres según su tipo de ADN, en lugar de su ubicación en el cuerpo.

Esta es una nueva forma de ver el cáncer y proporciona una clara indicación de la importancia que la secuenciación del ADN asumirá en toda la medicina en el futuro.

Secuenciación de ADN en medicina general

Hoy en día, los médicos de familia no ofrecen a sus pacientes de forma rutinaria la secuenciación de ADN como parte del proceso de diagnóstico (aunque al menos una nación planea ofrecer a los pacientes sanos pruebas de ADN individuales a un pequeño coste).

Pero si un médico sospecha que los síntomas de un paciente apuntan hacia una enfermedad que se sabe que está relacionada con un gen en particular, o un conjunto de genes, con frecuencia ordenará una prueba de ADN para ver si esa secuencia de gen en particular está presente.

Para el año 2040, la ciencia médica habrá recopilado datos de secuenciación de ADN de decenas de millones de pacientes

El uso de la secuenciación de ADN para detectar enfermedades raras relacionadas con genes específicos es particularmente útil para diagnosticar alrededor de 7.000 enfermedades y trastornos llamados mendelianos.

Pero para 2040, la ciencia médica habrá recopilado datos de secuenciación de ADN de decenas de millones de pacientes y el análisis de este enorme conjunto de datos permitirá establecer asociaciones y correlaciones mucho más precisas entre las enfermedades y las secuencias de genes.

Secuenciación del ADN del consumidor

Muchas compañías ahora ofrecen a los consumidores sus propios servicios personales de secuenciación de ADN. Entre otras, [23andMe](#), [Dante Labs](#), [HomeDNA](#) y [24Genetics](#). Pero ¿tienen los servicios de análisis de ADN hoy accesibles por el consumidor algún valor médico para los consumidores o para los médicos? Bueno, para empezar, las pruebas de ADN pueden sugerir a qué enfermedades y condiciones es más o menos susceptible un paciente. También puede sugerir qué medicamentos recetados tienen más probabilidades de ser efectivos para una persona en particular.

Muchos médicos y genetistas han reaccionado con alarma a la secuenciación de ADN directa al consumidor. Los informes médicos suministrados como parte de las pruebas genéticas de los consumidores durante la última década NO han sido predictores precisos sobre qué enfermedades contraerán los individuos y cuáles es probable que eviten. Han servido, en el mejor de los casos, como una guía aproximada.

Como ahora estamos aprendiendo, la mayoría de las afecciones y enfermedades son el resultado de múltiples conjuntos de genes (causas poligénicas) y factores ambientales, y el tipo de resultados que se han entregado a los consumidores durante la última década debe leerse con cautela.

Pero cada año aprendemos más sobre qué genes y conjuntos de genes están involucrados en enfermedades y condiciones específicas.

La secuenciación de ADN directa al consumidor es ahora mucho más precisa que hace una década.

Durante el intervalo, los genetistas y los científicos de datos han mejorado su capacidad para convertir los datos genéticos en información útil, pronosticando qué personas corren el triple del riesgo promedio de ataque cardíaco o identificando a las mujeres que tienen un alto riesgo de cáncer de mama, incluso si no tienen una historia familiar o una mutación del gen BRCA.

Los avances paralelos han cambiado drásticamente la forma en que buscamos y damos sentido a los volúmenes de datos, mientras que los teléfonos inteligentes continúan su implacable marcha hacia convertirse en el portal de facto a través del cual accedemos a los datos y tomamos decisiones informadas.

Hoy en día, existen nuevas aplicaciones de secuenciación e interpretación de ADN como [MyGeneRank](#) que tienen en cuenta las implicaciones poligénicas de las pruebas de ADN individuales – buscando los grupos de genes que puedan causar problemas de salud en el futuro – y apuntan a un futuro en el que las pruebas de ADN del consumidor proporcionarán guías precisas y completas para la probable salud futura.

A fines de 2018, 26 millones de personas (consumidores, no pacientes) habían pagado a compañías comerciales para que secuenciaran su ADN. En lugar de realizarse pruebas de forma reactiva, por orden de un médico, muchas de estas personas utilizarán los datos de manera proactiva para ayudarse en la toma de decisiones sobre su propia salud.

A fines de 2018, 26 millones de personas (consumidores, no pacientes) habían pagado a compañías comerciales para que secuenciaran su ADN.



*En el 2040, la
secuenciación del ADN
será un predictor
altamente preciso de la
salud futura*

ADN y la respuesta a las drogas

El segundo beneficio que ofrece el análisis de ADN personal es que un paciente, y su médico, pueden comenzar a descubrir qué medicamentos recetados pueden ser más eficaces para tratar una afección. Este es un campo conocido como la farmacogenómica.

Pero si bien estas indicaciones son útiles, todavía no se puede decir que proporcionen un plan para el tratamiento médico.

Las interpretaciones actuales de riesgo médico de las pruebas de ADN sin receta solo ahora están llegando a ser lo suficientemente precisas como para ser valiosas para los médicos, pero sí que indican que a medida que aprendamos más sobre el papel de genes específicos en la enfermedad, dichas pruebas serán cada vez más útiles. Para el año 2040, la secuenciación del ADN será un predictor altamente preciso de la salud futura y creo que es probable que cada paciente tenga su ADN descodificado y disponible para profesionales de la salud como una parte más de sus registros médicos.

Recopilación de datos genómicos

El Reino Unido lidera el mundo en la carrera por reunir información masiva de ADN y, como resultado, por comprender mejor las implicaciones de los datos genéticos. En 2012, el gobierno del Reino Unido anunció el Proyecto Genoma 100.000, el primer Banco Nacional de Datos Genómicos del mundo.

Este proyecto tuvo como objetivo secuenciar 100.000 genomas de alrededor de 70.000 personas. Los participantes son pacientes del SNS (Servicio Nacional de Salud) con una enfermedad rara, además de sus familias, y pacientes con cáncer.

La idea es crear un nuevo servicio de medicina genómica para el Servicio Nacional de Salud del Reino Unido, transformando la manera en que se cuida a las personas. A los pacientes se les puede ofrecer un diagnóstico que antes no era posible. Con el tiempo, también existe la posibilidad de tratamientos nuevos y más efectivos.

Mientras se preparaba este informe, el gobierno del Reino Unido anunció que había alcanzado su objetivo inicial de la secuenciación de 100.000 genomas completos y declaró que uno de cada cuatro participantes con enfermedades raras había recibido un diagnóstico por primera vez, mientras que se proporcionaron hallazgos potencialmente útiles a hasta la mitad de los pacientes con cáncer a los que ahora se les había dado la oportunidad de participar en un ensayo clínico o a recibir una terapia dirigida.

A medida que el proyecto se extienda, también permitirá nuevas investigaciones médicas. La combinación de datos de secuencias genómicas con registros médicos es un recurso innovador.

Los investigadores estudiarán la mejor manera de usar la genómica en la atención médica y la mejor manera de interpretar los datos para ayudar a los pacientes. Las causas, el diagnóstico y el tratamiento de la enfermedad también serán investigados.

El gobierno del Reino Unido también tiene el objetivo de impulsar una industria genómica británica. El Proyecto 100.000 Genoma ya era el proyecto de secuenciación nacional más grande en el mundo de su clase cuando, a fines de 2018, el Ministro de Salud del Reino Unido, Matt Hancock, anunció que estaba extendiendo el proyecto para recopilar cinco millones de genomas humanos adicionales durante los siguientes cinco años.

Para el año 2040, este proyecto se habrá convertido en una fuente rica y ampliamente utilizada de datos genómicos que casi con seguridad proporcionará información sobre la causa genómica de miles de afecciones y enfermedades.

Otras naciones también se han embarcado en la recopilación de genomas a gran escala, incluidas Francia, los Países Bajos e Islandia.

El proyecto del genoma islandés está particularmente avanzado, y ha arrojado cuestiones legales, morales y éticas que deberán ser respondidas en todas las naciones a medida que aumenta la recopilación de datos genómicos.

La pregunta principal es si se debe advertir a los donantes de bancos de genes de ADN cuando su secuencia de ADN muestra que son portadores de un gen que los hace vulnerables a contraer una enfermedad grave, por ejemplo, las mutaciones de los genes BRCA1 y BRCA2 sugieren que las mujeres tendrán muchas más probabilidades de desarrollar cáncer de mama. El gobierno islandés se niega a advertir a los donantes de ADN de dichos hallazgos sobre la base de que los donantes no dieron su consentimiento específico para ser informados de tales hallazgos cuando proporcionaron sus muestras de ADN. Esto ha llevado a un gran debate dentro del país, un debate que encontrará su eco en todas las demás naciones a medida que se extienda la práctica de crear bancos de genes de población.

Para el año 2040, cada bebé recién nacido será secuenciado por ADN

En Boston, los bebés recién nacidos ya tienen su ADN secuenciado de forma rutinaria. Esto es parte de un ensayo clínico para averiguar la utilidad de la información genómica a medida que los niños crezcan y algunos de ellos, inevitablemente, requieran tratamiento médico.

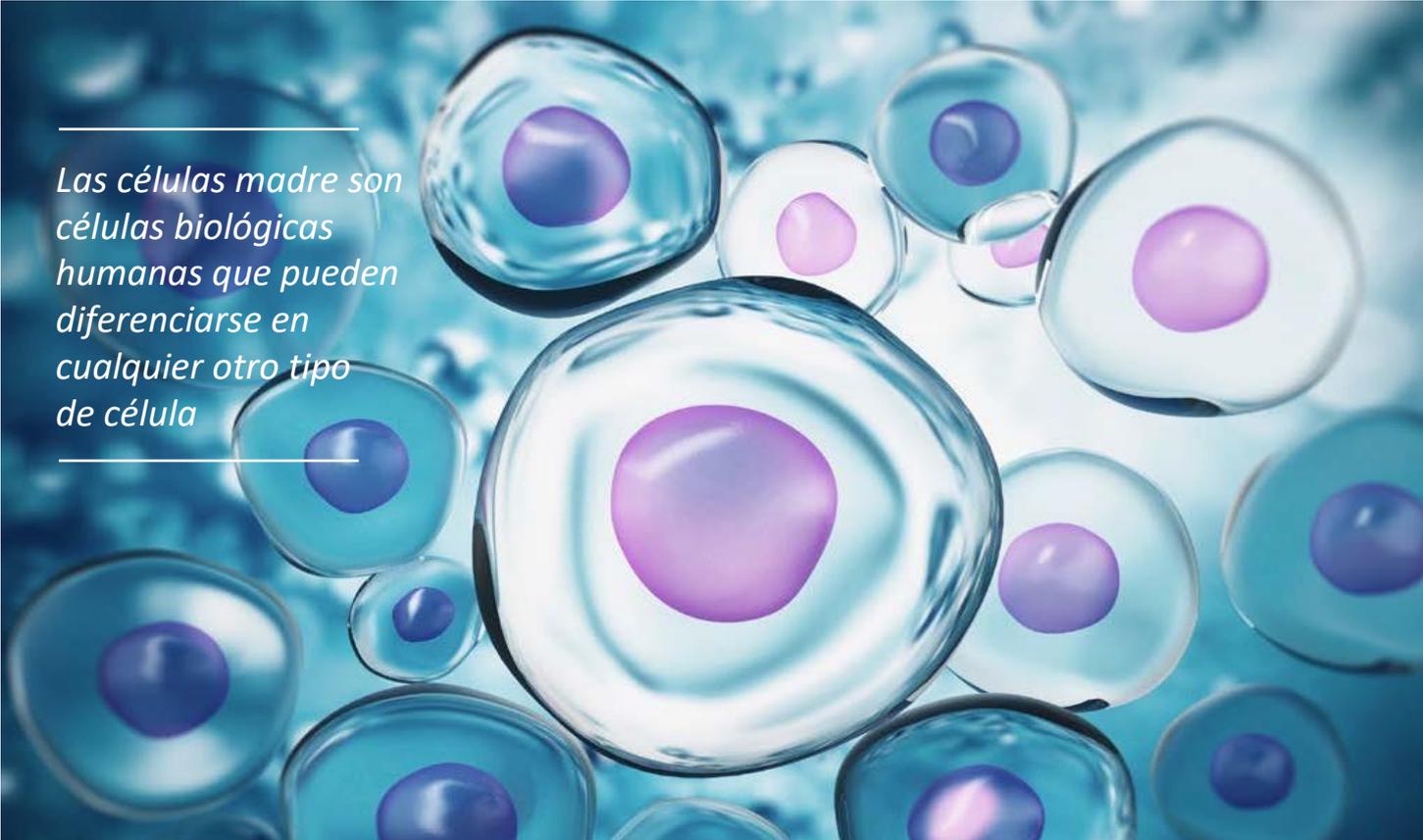
Las familias de recién nacidos están inscritas en las guarderías del Boston Children's Hospital y el Brigham and Women's Hospital, y la mitad se asignan al azar para recibir secuenciación genómica y un informe sobre el ADN de su hijo que incluye variantes de enfermedad monogénica (trastornos causados por un solo gen), variantes portadoras recesivas para la aparición infantil o desórdenes accionables (niños que pueden portar un gen que puede causar enfermedades en generaciones futuras) y variantes farmacogenómicas (genes que indican la posibilidad de una reacción inusual a medicamentos específicos).

Los resultados del ensayo tardarán décadas en revelarse por completo, pero las primeras indicaciones han sido alentadoras. En general, la secuenciación de ADN de 51 bebés presentó variantes genéticas patógenas o probablemente patógenas en cuatro de los bebés. Todos eran dominantes, requiriendo solo una copia del gen para causar la enfermedad. Tres de las variantes se han relacionado con afecciones cardíacas, aunque los bebés aún no han mostrado síntomas; ahora se lleva a cabo seguimiento a dos de los niños en el Boston Children's Hospital. La cuarta variante se vinculó a un defecto enzimático que no se detectó mediante la detección no-ADN estándar de recién nacidos. Esta variante aún no ha causado síntomas, pero es probable que el bebé sea tratado con suplementos nutricionales como medida de precaución.



Se descubrió que otros 47 bebés eran portadores de genes de variantes recesivas, pero aparentemente no estaban afectados. Dos bebés tenían variantes farmacogenéticas que podían alterar su metabolización de ciertos medicamentos. Otro bebé tenía una variante en BRCA2, un gen relacionado con el cáncer de mama. Dado que el cáncer de mama es una enfermedad de adultos, el equipo decidió obtener un permiso especial de la junta de ética del estudio para revelar el resultado a la familia, ya que la madre del recién nacido también podría estar en riesgo.

Estos primeros resultados ya no son ambiguos y, para el año 2040, es probable que todos los servicios de salud ofrezcan la secuenciación del ADN de los bebés recién nacidos como una cuestión rutinaria.



Las células madre son células biológicas humanas que pueden diferenciarse en cualquier otro tipo de célula

Tendencia 2: La promesa de la medicina de células madre

El desarrollo de tratamientos y curas basados en células madre parece tan prometedor que esta ciencia ha sido descrita como "la penicilina del siglo XXI".

Las células madre son células biológicas humanas que pueden diferenciarse en cualquier otro tipo de célula y que luego pueden dividirse para producir más células del mismo tipo. En resumen, las células madre pueden ser estimuladas para cultivar cualquier tipo de tejido humano e incluso pueden desarrollar órganos de reemplazo completos.

Existen dos categorías generales de aplicaciones médicas para las células madre: primero, como terapia real, y segundo, como una forma de cultivar tejidos para modelar enfermedades con el objetivo de ayudar a los investigadores a desarrollar tratamientos.

En la actualidad, existen varios tipos de afecciones que se están tratando con terapias basadas en células madre o que ofrecen la posibilidad de ser tratadas por tales terapias en el futuro.

Estos incluyen enfermedades autoinmunes, trastornos neurológicos, cánceres e infertilidad. Las enfermedades específicas para las cuales se están probando terapias con células madre incluyen esclerosis múltiple, artritis reumatoide, artritis idiopática juvenil, enfermedad de Crohn, diabetes mellitus tipo 1, citopenias autoinmunes, lupus eritematoso sistémico y esclerosis sistémica.

Además, las células madre ya se están utilizando en la medicina regenerativa para reemplazar o reparar tejidos y órganos dañados por enfermedades o lesiones. La ventaja significativa de este tipo de regeneración de tejido de células madre es que si las células madre del donante se extraen del paciente, las nuevas técnicas ahora en desarrollo significan que para 2040 no debería haber ningún problema con el rechazo autoinmune de las nuevas células.

Y las células madre están siendo probadas con un éxito notable en el tratamiento de accidentes cerebrovasculares, enfermedades coronarias, daño cerebral y degeneración macular (pérdida de visión relacionada con la edad).

Una de las perspectivas terapéuticas más prometedoras de la investigación con células madre ha sido la posibilidad de reparar o reemplazar órganos y tejidos dañados, es decir, de replicar el proceso generativo que normalmente tiene lugar solo dentro del cuerpo. Mientras que las células madre embrionarias han mostrado un gran potencial en esta área, debido a su pluripotencia (su capacidad para desarrollarse en una amplia variedad de tipos de tejidos), también se han producido algunos éxitos con el uso de células madre adultas.

Las células madre ya se están utilizando en la medicina regenerativa para reemplazar o reparar tejidos y órganos

Por ejemplo, en 2008, se utilizaron células madre adultas para crear una nueva tráquea para una mujer de treinta y pocos años y los tratamientos con células madre adultas se han utilizado durante muchos años para tratar con éxito la leucemia y los cánceres relacionados con los huesos y la sangre a través de los trasplantes de médula ósea.

Además, los médicos han utilizado recientemente células madre hematopoyéticas (células madre en la sangre) para cultivar con éxito los glóbulos rojos humanos en el laboratorio, que se utilizan en las transfusiones de sangre.

Los glóbulos rojos cultivados pueden sobrevivir y madurar hasta convertirse en células completamente funcionales en el torrente sanguíneo de los pacientes, lo que demuestra el potencial de estas células para servir como alternativa a la donación de sangre convencional (los pacientes pueden generar sus propias transfusiones de sangre dentro de su cuerpo).

Para cultivar estas células, los

investigadores necesitaron encontrar la combinación correcta de factores de crecimiento que pudieran inducir a las células madre hematopoyéticas a diferenciarse con éxito.

Si bien esto representa un avance importante en la terapia con células madre, que seguramente será beneficioso para muchos pacientes que necesitan transfusiones de sangre, el hecho de que los investigadores solo hayan podido usar células madre para regenerar los glóbulos rojos recientemente es indicativo

de los desafíos a los que se enfrenta el desarrollo de tejido de laboratorio y la regeneración de órganos.

A pesar de su promesa, las terapias con células madre aún se encuentran en la etapa de desarrollo y se necesitarán muchos más ensayos antes de que su uso se generalice y sea rutinario.

De forma preocupante, muchas clínicas de tratamiento con células madre se han establecido en territorios mal regulados (por ejemplo, México, India y China) que ofrecen terapias no probadas con células madre a pacientes gravemente enfermos que buscan desesperadamente una cura. Y las clínicas de células madre no reguladas ofrecen tratamientos de dudoso valor en algunos estados de los Estados Unidos. A menudo, estos tratamientos caros son inútiles y otras veces son peligrosos.

Pero está claro que la medicina de células madre se convertirá en una herramienta importante y poderosa en la medicina convencional para el año 2040.

Tendencia 3: Medicina a escala nanométrica

"Nanotecnología" es el término usado para describir la ciencia, la ingeniería y la tecnología llevada a cabo a nanoescala, que es aproximadamente de 1 a 100 nanómetros. Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro.

La medicina a escala nanométrica aplica el conocimiento y las herramientas de la nanotecnología para la prevención y el tratamiento de enfermedades.

Esto implica el uso de materiales a escala nanométrica, como las nanopartículas biocompatibles y, con el tiempo, se espera que se puedan crear nanorobots para fines de diagnóstico, administración de fármacos, detección o actuación en un organismo vivo. (Un nanorobot es un dispositivo que varía en tamaño desde 0,1 a 10 micrómetros y está construido con componentes nanométricos o moleculares para llevar a cabo una tarea particular dentro del cuerpo).

Todavía estamos en las primeras etapas de desarrollo de tratamientos médicos a esta escala sub-microscópica, pero ya el campo está mostrando grandes indicios.

El pequeño tamaño de los nanomateriales es similar al de la mayoría de las moléculas y estructuras biológicas; por lo tanto, los nanomateriales pueden ser útiles para tratamientos tanto en pacientes vivos y como en investigaciones y aplicaciones biomédicas de laboratorio. Hasta ahora, la integración de los nanomateriales

con la biología ha llevado al desarrollo de dispositivos de diagnóstico, agentes de contraste, herramientas analíticas y aplicaciones de terapia física.



La aplicación más utilizada de la nanotecnología en la medicina actualmente en desarrollo consiste en emplear nanopartículas para administrar medicamentos, calor, luz u otras sustancias a tipos específicos de células (como las células cancerosas).

Las partículas se diseñan para que sean atraídas a las células enfermas, lo que permite el tratamiento directo de esas células. Esta técnica reduce el daño a las células sanas en el cuerpo y permite una detección más temprana de la enfermedad. El consumo total de medicamentos de un paciente (y el potencial de efectos secundarios) se puede reducir significativamente al depositar el agente activo del medicamento solo en la región enferma, y en una dosis no mayor a la necesaria.



"Nanotecnología" es el término usado para describir la ciencia, la ingeniería y la tecnología llevada a cabo a nanoescala, que es aproximadamente de 1 a 100 nanómetros

Por ejemplo, se están desarrollando nanopartículas que administran medicamentos de quimioterapia directamente a las células cancerosas. Se están realizando pruebas para la administración dirigida de medicamentos de quimioterapia, y la aprobación final para su uso con pacientes con cáncer está pendiente.

Hoy en día, las nanomedicinas se utilizan para mejorar el tratamiento y la vida de los pacientes que padecen una variedad de trastornos, como el cáncer de ovario y de mama, la enfermedad renal, infecciones fúngicas, colesterol elevado, síntomas menopáusicos, esclerosis múltiple, dolor crónico, asma y enfisema.

Si bien la mayoría de las investigaciones actuales sobre nanomedicina implican la alteración de las moléculas para hacer que la administración de medicamentos sea más precisa, algunos científicos están descubriendo otros usos para la manipulación molecular.

Investigadores de la Universidad Estatal de Georgia están utilizando nanopartículas en una vacuna contra la gripe que se dirige a una parte del virus que está presente en todos los virus de la gripe. Su intención es desarrollar una vacuna que funcione para todos los virus de la gripe.

Y los investigadores del Instituto Wyss están probando nanopartículas que liberan medicamentos cuando se someten a una fuerza bruta, como ocurre cuando pasan a través de una sección de la arteria que ha sido parcialmente bloqueada por un coágulo de sangre. Las pruebas de laboratorio en animales han demostrado que este método es eficaz para administrar los medicamentos utilizados para disolver los coágulos.

La nanomedicina aún está en su infancia, pero con el tiempo este campo puede superar a todas las demás ramas de la ciencia médica. A medida que los científicos aprendan a manipular las células a nivel molecular, podrán crear "medicamentos de diseño" (productos farmacéuticos personalizados) que son mucho más poderosos que los actuales productos farmacéuticos.

Tendencia 4: Edición de genes

Todos somos el producto de nuestros genes y la idea de que pudiéramos editar el ADN en embriones o en humanos adultos es una de las ideas más poderosas en medicina. También es una de las más polémicas.

La preocupación por la ética de la edición de genes se ha acelerado en la última década, ya que se ha desarrollado una nueva técnica para editar el ADN. Llamada CRISPR-Cas9, esta forma de edición de genes se ha comparado con las técnicas de procesamiento de textos de "cortar y pegar" y ha simplificado enormemente el proceso de edición de genes.

En lugar de reorganizar las palabras, la edición genética CRISPR reescribe el ADN, el código biológico que conforma los manuales de instrucciones de los organismos vivos. Con la edición de genes, los investigadores pueden desactivar los genes objetivo, corregir las mutaciones dañinas, y cambiar la actividad de genes específicos en plantas y animales, incluidos los humanos.

La edición de genes ya se ha utilizado para modificar las células inmunitarias de las personas para combatir el cáncer o ser resistentes a la infección por VIH. Pero también podría usarse para reparar genes defectuosos en embriones humanos y así evitar que los bebés hereden enfermedades graves. Esto es controvertido porque los cambios genéticos afectarían a sus espermatozoides o a las células del óvulo, lo que significa que las ediciones genéticas y los efectos secundarios

negativos podrían transmitirse a las generaciones futuras.

Actualmente, la mayoría de las investigaciones sobre la edición del genoma se llevan a cabo para comprender las enfermedades, utilizando las células en laboratorios y modelos animales. Los científicos todavía están trabajando para determinar si este enfoque es seguro y efectivo para el uso en humanos.

En investigación se está explorando una amplia variedad de enfermedades, incluidos los trastornos de un solo gen, como la fibrosis quística, la hemofilia y la enfermedad de células falciformes. También es prometedor para el tratamiento y la prevención de enfermedades más complejas, como el cáncer, las enfermedades cardíacas, las enfermedades mentales y la infección por el virus de inmunodeficiencia humana (VIH).

Pero ya se han realizado ensayos de edición de genes en humanos vivos. En 2017, los investigadores infundieron la sangre de un paciente con herramientas de edición de genes, con el objetivo de tratar su grave enfermedad hereditaria. El paciente, de 44 años de edad, tenía un raro trastorno metabólico llamado síndrome de Hunter. Un año más tarde, los investigadores declararon que el ensayo fue un éxito y ahora han recibido la aprobación para llevar a cabo más ensayos en pacientes vivos.

En abril de 2018, un ensayo clínico de edición de genes para tratar la beta-talasemia en humanos se aprobó en Europa. El ensayo clínico es uno de los más de una docena que se han iniciado desde el advenimiento de la técnica de edición del gen CRISPR-Cas9. La mayoría de estos ensayos se llevan a cabo en China y se centran en la aplicación de CRISPR en el cáncer, aunque también hay varios en curso en los Estados Unidos.

*Ya se han
realizado ensayos
de edición de
genes en
humanos vivos*

A nivel mundial, aproximadamente 60.000 de las personas que nacen cada año padecen beta talasemia, una afección poco frecuente de la sangre donde existe una hemoglobina anormal que puede provocar anemia y niveles bajos de oxígeno en la sangre.

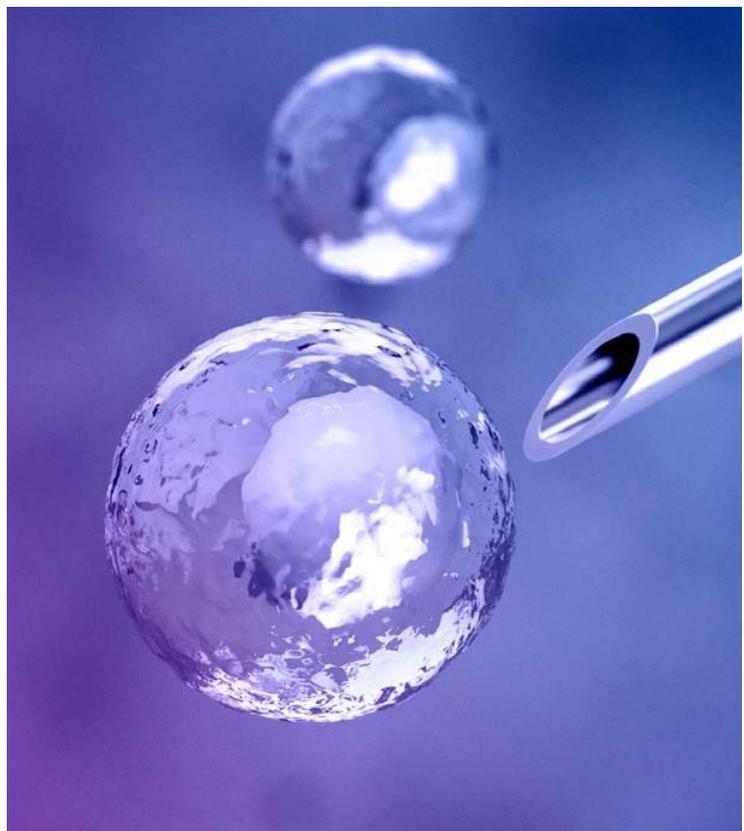
El ensayo en Europa utiliza técnicas CRISPR para desactivar el gen que causa este trastorno y, en cambio, ayuda a los glóbulos rojos a fabricar una forma de hemoglobina producida en los recién nacidos que no se ve afectada por la mutación.

A más largo plazo, la edición de genes ofrece una enorme promesa para la erradicación de las enfermedades hereditarias y la mejora de la longevidad humana. Pero a los expertos en ética les preocupa que se pueda utilizar la edición de genes para producir "bebés de diseño" o crear accidentalmente amenazas a largo plazo para la línea germinal humana. También queda el alto riesgo a consecuencias no intencionadas que también se aplican a la edición de genes de otras formas de vida, desde ratones y mosquitos hasta microbios.

Y mientras este informe estuvo en las etapas finales de su compilación, llegaron noticias sorprendentes de China de que ya se había producido la primera edición genética de embriones humanos. El genetista He Jiankui anunció en una conferencia que había editado dos embriones que fueron implantados en el vientre de la madre. El resultado fue el nacimiento de dos bebés aparentemente sanos.

Las niñas gemelas no identificadas, productos del tratamiento de FIV, tenían un solo gen, llamado CCR5, alterado para hacerlas menos susceptibles a la infección por VIH. La edición se realizó cuando los embriones

tenían solo un día de edad, lo suficientemente temprano para incorporarse a la línea germinal, lo que significa que puede transmitirse de generación en generación.



Dichos cambios de gran alcance están ampliamente prohibidos, incluso, por ejemplo, por el Convenio sobre Derechos Humanos y Biomedicina del Consejo de Europa de 1997. El protocolo científico exige que cualquier embrión genéticamente alterado sea destruido antes del desarrollo y nunca implantado.

Las declaraciones del Dr. He provocaron un clamor académico y el gobierno chino cerró su laboratorio antes de iniciar una investigación sobre su trabajo. Un comentario publicado debajo de un video de YouTube en el que el Dr. He explica el proceso de edición del gen dice: "Acabas de abrir la caja de Pandora en nombre de toda la raza humana".



Dentro de poco, los "pacientes informados" y sanos también estarán monitoreando su presión arterial, niveles de glucosa en la sangre, niveles de potasio y otros indicadores clave de salud con los mismos dispositivos portátiles de moda.

Tendencia 5: La medicina se vuelve digital

Al igual que en tantas otras áreas, estamos en el proceso de aplicar rápidamente la tecnología digital a la medicina, a la atención médica y a nuestros propios cuerpos. Estamos aprovechando la inteligencia artificial (IA) para mejorar los diagnósticos y los tratamientos médicos, estamos utilizando robots para el cuidado de los ancianos y vulnerables, estamos usando la energía de la computadora para descifrar nuestro ADN individual y estamos usando los datos genómicos recopilados para personalizar tratamientos médicos para aquellos que están gravemente enfermos.

En la actualidad, los consumidores sanos y en forma están ajustando sensores portátiles de moda a sus muñecas y sus cuerpos para contar sus pasos, medir su estado físico, controlar sus corazones, su respiración, su estrés, sus niveles de oxígeno en la sangre y sus patrones de sueño.

Dentro de poco, los "pacientes informados" y sanos también estarán monitoreando su presión arterial, los niveles de glucosa en la sangre, los niveles de potasio y otros indicadores clave de salud con los mismos dispositivos portátiles de moda (sin la necesidad de equipos incómodos o pruebas de sangre invasivas).

Las máquinas para electrocardiogramas (unidades de ECG) están disponibles ahora como accesorios económicos y ultraportátiles para teléfonos inteligentes que permiten a los pacientes cardíacos monitorear sus propios ritmos cardíacos durante su vida diaria y, cuando sea necesario, enviar de forma inmediata los resultados a su cardiólogo para su interpretación (y, con la ayuda de la inteligencia artificial, la interpretación básica ahora puede ser realizada por los propios pacientes). Y la última versión de Apple de su reloj inteligente proporciona mediciones sencillas de ECG en la muñeca del usuario

Los escáneres de ultrasonido portátiles de bajo costo también están disponibles como accesorios para teléfonos inteligentes, permitiendo a las mujeres embarazadas obtener la tranquilidad de ver los movimientos de sus bebés en tiempo real en la comodidad de sus hogares. Los médicos deportivos, los entrenadores y los preparadores pueden realizar verificaciones preliminares de las lesiones sufridas en el campo deportivo, en el gimnasio o en la piscina.

Los robots se han utilizado durante mucho tiempo en quirófanos para realizar cirugías de precisión, pero a medida que el costo de los robots disminuye drásticamente y su funcionalidad aumenta, cada vez más operaciones se realizan mediante máquinas que trabajan bajo supervisión humana. De forma crucial, los cirujanos humanos son capaces de controlar robots quirúrgicos de forma remota ('cirugía robótica

remota') y esto significa que la experiencia quirúrgica más especializada ahora está disponible en cualquier parte del mundo. Para el año 2040, la capacidad de los asistentes quirúrgicos robóticos y la velocidad y confiabilidad de las comunicaciones de red habrán alcanzado el punto en que los especialistas en cirugía humana, por ejemplo, un cirujano ocular, pasarán gran parte de su tiempo operando en pacientes que están físicamente en un país, o incluso en un continente, diferente.

Esta posibilidad de aumentar la cirugía asistida por robot será un impulso muy necesario para los sistemas de salud sobrecargados.

Cuando los robots se utilizan como ayudas para la cirugía, las operaciones generalmente se completan con precisión, miniaturización, incisiones más pequeñas, disminución de la pérdida de sangre, menos dolor y un tiempo de curación más rápido. Fundamentalmente para los hospitales, se reducen las estancias hospitalarias.

Durante la cirugía, algunos pacientes pueden optar por sumergirse en mundos de realidad virtual en lugar de recibir un

anestésico convencional. Los sistemas de RV ya se están utilizando con éxito para este propósito y después de una operación, los pacientes reportan que no sienten dolor.

Las impresoras 3D controladas digitalmente ahora están fabricando huesos de reemplazo, partes del cuerpo y prótesis a medida - fabricando esas partes en lugares cercanos a los pacientes-receptores (por ejemplo, en hospitales) - de forma rápida y a costes muchos menores que los de las técnicas de fabricación médica tradicionales.

Y una start-up tecnológica israelí es ahora capaz de imprimir en 3D andamios para pulmones que permiten que las células madre se utilicen para desarrollar nuevos pulmones para trasplantes humanos.

Todo relacionado con la medicina y la salud está siendo transformado por la tecnología digital.

Esta posibilidad de que se aumenten las cirugías asistidas por robot será un impulso muy necesario para la sobrecarga en los sistemas de salud

El paciente informado

Durante más de 20 años, los pacientes han estado buscando pistas en Internet para diagnosticar enfermedades, información sobre enfermedades conocidas y consejos médicos generales. Y durante más de una década, los pacientes se han conectado con otros pacientes en las redes sociales para discutir sus condiciones, para comparar tratamientos, para revisar y calificar a los médicos, cirujanos y hospitales, y recibir un apoyo invaluable de sus pares. Los pacientes ahora pertenecen a redes de apoyo.

Los consumidores que necesitan asesoramiento médico instantáneo ahora pueden consultar a los médicos virtualmente usando una aplicación en sus teléfonos inteligentes. Por una pequeña tarifa mensual, o por un pago único, los pacientes pueden comunicarse a través de aplicaciones de vídeo con médicos cualificados que pueden emitir recetas y hacer referencias. Las estructuras y formalidades tradicionales de los servicios de salud se están pasando por alto.

De forma más polémica, se han creado aplicaciones para teléfonos inteligentes en las que se utiliza la inteligencia artificial para sustituir a un médico humano. Ada ofrece una aplicación que incluye un 'chatbot' impulsado por IA que responderá a las consultas de los pacientes sobre sus síntomas y problemas de salud. La aplicación también proporciona conexiones virtuales con médicos humanos cuando es necesario, pero los críticos de la aplicación sugieren que debería haber una regulación de las tecnologías de los médicos de IA que interactúan directamente con los miembros del público.

Medicina personalizada por datos

Las compañías farmacéuticas están usando tecnología digital para monitorear a los pacientes y registrar datos sobre el rendimiento de los medicamentos en condiciones reales. La nueva información que ofrecen dichos datos permite a los investigadores de medicamentos mejorar los medicamentos e inventar nuevos tratamientos - y probarlos de la forma más efectiva, en condiciones más realistas, de lo que nunca antes ha sido posible.

Los datos que se recopilan de la tecnología de salud portátil también permitirán a los médicos personalizar aún más el tratamiento de sus pacientes individuales. Junto con la información obtenida mediante la secuenciación del ADN de los pacientes, esto permitirá a los médicos adaptar los tratamientos para sus pacientes con extrema precisión.

Por ejemplo, la aplicación de teléfono inteligente y el panel de sensores Kardia ECG permite a los usuarios grabar la onda sinusoidal de su corazón para monitorear los ritmos cardíacos inusuales que podrían sugerir una afección coronaria llamada fibrilación auricular (cuando hay una frecuencia cardíaca irregular y, a veces, anormalmente rápida).

Un paciente con fibrilación auricular puede registrar su ritmo sinusoidal en su teléfono inteligente cuando experimenta síntomas y cuando no lo hace. El paciente también puede dictar detalles de cualquier síntoma que siente mientras se realiza el registro de ECG.

En los próximos años, los datos recopilados de dispositivos portátiles, aplicaciones de teléfonos inteligentes y sensores facilitarán la supervisión y el registro de las condiciones metabólicas, cardiovasculares y gastrointestinales.



Con el tiempo, las lecturas regulares de ECG tomadas en el hogar brindarán a los cardiólogos un historial detallado de cómo está funcionando el corazón del paciente durante un período de semanas o meses, en diferentes momentos del día y de la noche y en el momento en el que los diferentes síntomas fueron experimentados. Esta información proporcionará más conocimiento sobre la gravedad de la afección y permitirá al cardiólogo adaptar con precisión la intervención médica requerida.

En los próximos años, los datos recopilados de dispositivos portátiles, aplicaciones de teléfonos inteligentes y sensores facilitarán la supervisión y el registro de las enfermedades metabólicas, cardiovasculares y gastrointestinales.

Otras funciones que se monitorearán incluirán el sueño, las funciones neurológicas, los trastornos del movimiento y la salud mental, el cuidado materno, prenatal y neonatal y la salud pulmonar y las exposiciones ambientales.

Dichos datos históricos ambulatorios nunca han estado disponibles para médicos, investigadores de compañías farmacéuticas o diseñadores de algoritmos de inteligencia artificial. La información obtenida permitirá a los médicos personalizar aún más los tratamientos para pacientes individuales y, además, jugará un papel importante en la conformación de nuevos conocimientos médicos y políticas de salud pública.

Cambiando la relación médico-paciente

Gracias a Internet y a la tecnología digital, el conocimiento que una vez fue propiedad exclusiva de los médicos y de otros profesionales de la medicina se está democratizando y, a partir de ahora, los pacientes estarán mucho mejor equipados para monitorear su salud diaria y trabajar para preservar y mantener de forma activa su bien más apreciado e importante: su «bienestar».

La llegada de la tecnología de salud digital no quiere decir que los médicos ya no sean necesarios, sino todo lo contrario.

Pero la tecnología de monitoreo de la salud, la infraestructura de comunicaciones y la gran cantidad de conocimientos y apoyo médicos que ahora están disponibles para los consumidores, con el tiempo, redefinirán el papel de los pacientes y los médicos.

Este proceso liberará a los profesionales médicos de algunas de sus tareas básicas de monitoreo corporal, registro de antecedentes y tratamiento repetitivo para que sean más personales, investiguen más y sean más creativos en la prestación de sus servicios de cura y cuidado.

Para que quede claro, el papel de los médicos y cirujanos en el tratamiento de la atención al paciente sigue siendo primordial.

No hay reemplazo para las relaciones creadas entre el médico y el paciente. Solo hay un reemplazo parcial de una pequeña parte del conocimiento que proporciona la capacitación médica. Por encima de todo, no hay sustituto para la experiencia que viene con años de diagnóstico y tratamiento de condiciones específicas. Es importante que el acceso a la información médica no se confunda ni se mezcle con la experiencia práctica tan importante que los médicos obtienen al tratar a miles de pacientes durante muchos años. Sin embargo, parte de la tecnología que se describe en este informe tiene la intención de mantener a los pacientes fuera de los consultorios médicos. Una vez que los consumidores se hayan acostumbrado a monitorear su propio estado físico y de salud, muchos se preguntarán cómo fue posible que alguna vez vivieran con cuerpos tan poco comunicativos.

No poder ver sus lecturas de pulso y presión arterial (en cualquier momento) parecerá tan extraño para muchos consumidores de salud como entrar en un automóvil que no tiene salpicadero o pantalla de visualización. Desconocer su nivel de azúcar en la sangre, la lectura del colesterol o el nivel de oxígeno en la sangre (si es relevante para su estado de salud) será como embarcarse en un viaje sin un teléfono inteligente, un sistema de navegación por satélite o un mapa.

Se volverá simplemente impensable. La gente mirará hacia atrás con asombro al tiempo en que nuestros cuerpos no eran "inteligentes", y nos veíamos obligados a vagar por el mundo ajenos y ciegos a nuestra salud física y desconocíamos el estado siempre cambiante de nuestros cuerpos.

La llegada de la tecnología de salud digital no quiere decir que los médicos ya no sean necesarios.

A un nivel más amplio, la red se está convirtiendo en el médico. A medida que los teléfonos inteligentes y la inteligencia artificial aprenden a diagnosticar enfermedades a modo de «escuchar» la tos y de detectar el inicio temprano de la enfermedad de Parkinson al monitorear la marcha de su usuario, comenzaremos a utilizar nuestros dispositivos inteligentes y sus redes de apoyo como nuestro principal recurso de atención: la primera parada cuando necesitamos consejo médico que no sea de emergencia.

A medida que los sensores y la capacidad de monitoreo de la salud de los dispositivos portátiles e incorporados mejoren, y las capacidades del diagnóstico de salud de inteligencia artificial basada en Internet mejoren exponencialmente, una gran proporción de la población dependerá cada vez más del autocontrol, autodiagnóstico y autotratamiento asistido por ordenador para sus necesidades primarias de salud.

La tecnología digital también cambiará la forma en que los pacientes interactúan con los médicos. Los médicos ya están manifestando que los pacientes están solicitando el derecho a grabar las consultas en sus teléfonos inteligentes, y esta es una práctica que aumentará con el transcurso de los años hasta que se convierta en rutina.

Se acabaron los días en que los pacientes intentan recordar desesperadamente lo que el médico ha dicho durante un examen o consulta y, a medida que el "lifelogging" - la práctica de registrar de forma rutinaria todos los eventos de la vida - se vuelva cada vez más admitido en la sociedad, los médicos deberán aceptarlo y darle la bienvenida. Del mismo modo que todas las interacciones de la policía con el público se registrarán en el futuro, los contactos entre médicos y pacientes se registrarán de manera similar. Estas grabaciones formarán parte de los archivos de salud digitales de los pacientes y, como resultado, se reducirán los malentendidos y los errores.



El impacto de la inteligencia artificial

Los sistemas de Inteligencia Artificial (IA) ya están demostrando ser tan capaces como los médicos humanos para el diagnóstico de algunas enfermedades y afecciones específicas y limitadas pero, a medida que la tecnología mejora su velocidad y capacidad, el número y el rango de enfermedades que la IA puede diagnosticar aumentarán rápidamente.

Uno de los mayores beneficios de usar sistemas de IA en la medicina es que tiene el potencial de desbloquear información clínicamente relevante oculta en grandes cantidades de datos que, a su vez, pueden ayudar en la toma de decisiones clínicas. Una segunda forma de IA conocida como aprendizaje automático puede aprender de estos datos para mejorar la precisión de su propia toma de decisiones.

Hoy en día, la inteligencia artificial se utiliza para leer exploraciones médicas para detectar cánceres, diagnosticar la enfermedad de Alzheimer, analizar millones de páginas de evidencia médica para sugerir diagnósticos, para brindar servicios de enfermería virtuales y para ayudar al desarrollo farmacológico en las empresas farmacéuticas.

La IA también proporciona algoritmos para mejorar y acelerar el escaneo de IRM e incluso para crear imágenes tridimensionales en movimiento de un corazón que late (al mismo tiempo que muestra en tiempo real cuánta sangre se bombea con cada contracción). La automatización impulsada por la IA tiene el potencial de aumentar la productividad de la atención médica al relevar a los médicos y enfermeras de las actividades rutinarias.

En el futuro, los 'chatbots' de IA equipados con algoritmos de aprendizaje en profundidad podrían aliviar al personal de la sala de emergencias de atender a un gran número de pacientes ambulatorios sin dolencias de emergencia, como por ejemplo dolores de garganta e infecciones del tracto urinario.



El McKinsey Global Institute ha pronosticado que las eficiencias operativas habilitadas por la IA podrían representar ahorros considerables en el presupuesto de atención médica en los países desarrollados. Las estimaciones para los Estados Unidos varían de entre el 1 y el 2 por ciento del PIB. En otros países ricos, el ahorro estimado sería del 0,5 al 1 por ciento del PIB. La adopción total de la IA podría aumentar la productividad de las enfermeras entre un 40 y un 50 por ciento. La investigación de McKinsey ha descubierto que esto podría permitir a los hospitales reducir los costes de personal a la mitad, al tiempo que reduce significativamente el tiempo de espera de los pacientes.



El cambio no vendrá fácilmente a la profesión médica

Sin embargo, cualquier cambio en la forma en que se proporciona la atención médica formal no será fácil. Por razones de seguridad del paciente, la profesión médica es ultra conservadora: después de todo, el mantra hipocrático primario es *primum non nocere*: "Primero, no hacer daño".

Pero a pesar de la resistencia de la profesión médica conservadora, ahora está claro que el acceso a la información médica y a los datos de monitoreo de la salud es un derecho de toda persona. El poder y el conocimiento médico se transfieren del sumo sacerdocio de los médicos al público en general. El Dr. Eric Topol, un distinguido cardiólogo estadounidense y líder en salud digital, resumió recientemente este concepto en el título de su influyente libro, "[El paciente te verá ahora](#)".

El Dr. Topol es un ejemplo poco común, pero no único, de profesional médico que entiende las implicaciones de la salud digital. Él y algunos otros se dan cuenta de que la profesión médica se enfrenta a una gran disrupción, pero ya ha identificado los innumerables beneficios que recibirán tanto los pacientes como los médicos a medida que nuestros cuerpos se vuelvan inteligentes.

Con el tiempo, muchas de las pruebas y controles que alguna vez estuvieron disponibles solo en una consulta médica o en un laboratorio de patología estarán disponibles instantáneamente a través de su teléfono inteligente y otros dispositivos complementarios. Y la colección de sensores en y alrededor de su cuerpo se desarrollará y evolucionará muy rápidamente para convertirse en una red de salud y acondicionamiento físico que funcionará las 24 horas del día para ayudarlo a mantenerse lo más informado y lo más sano posible. Algunos de estos sensores pueden incorporarse a la ropa cotidiana y, eventualmente, a nuestra piel y sangre.

Nuestros cuerpos son 'generadores de datos' ambulantes naturales, y todo lo que se necesita para aprovechar este recurso son biosensores económicos para capturar los datos y algunos algoritmos inteligentes para interpretarlos. Una consulta a los registros históricos de, por ejemplo, sus niveles de actividad diaria, las calorías que ha quemado cada día, sus patrones de sueño, su ritmo cardíaco en reposo a largo plazo y su promedio de presión arterial, le informarán (y a su médico) mucho más acerca de su estado real de salud o enfermedad que cualquier otro chequeo "instantáneo" de una sola visita realizado en una consulta médica.

Hasta ahora, ha sido muy difícil para un médico ver cómo se comportan los cuerpos de los pacientes a lo largo del tiempo (excepto cuando un paciente está confinado a una cama de hospital) y este nuevo tipo de datos ambulatorios de bajo coste conllevará mejoras en la detección, diagnóstico y tratamiento adecuado de problemas médicos.

Mejorará la salud de millones y el chequeo físico anual o el "examen" de hoy en día se reemplazarán por un flujo continuo de información vital, en tiempo real, de su cuerpo. (De hecho, ahora se ha demostrado que el valor del examen físico anual es muy inferior a lo que se pensaba y muchos profesionales médicos consideran que este procedimiento tan establecido ya no tiene sentido)

Nuestros cuerpos son 'generadores de datos' ambulantes naturales y todo lo que se necesita para aprovechar este recurso son biosensores económicos

mucho tiempo el enorme valor de los datos ambulatorios. Sin embargo, hasta hace muy poco tiempo, el equipo médico necesario para capturar grabaciones ambulatorias ha sido voluminoso y costoso.

Los médicos han sido cautelosos a la hora de prescribir el uso de dicho equipo y los pacientes se han mostrado reacios a transportar sistemas incómodos.

Sin embargo, los datos ambulatorios históricos reales de su presión arterial, función pulmonar, ritmo cardíaco, niveles de potasio, contenido de oxígeno en la sangre o niveles de glucosa (solo por mencionar algunas de las mediciones ahora posibles) son la información más valiosa disponible para nuestros médicos. Los médicos pueden experimentar con tratamientos: cambiar la dosis, cambiar los medicamentos o retirar un medicamento en particular - y obtener comentarios rápidos y en tiempo real de cómo responde su cuerpo al cambio como lo hará usted). Así es como sus datos ayudarán a los médicos a personalizar aún más su tratamiento, más allá de la elección de tratamientos basados en su perfil de DNA.

Por ejemplo, un diabético con una lectura en tiempo real de su nivel de azúcar en la sangre en un teléfono inteligente puede ver instantáneamente cómo una comida, o un determinado artículo de comida o bebida, afecta a la glucosa en el cuerpo.

Esto tiene un efecto poderoso e instantáneo de modificación en la dieta y el comportamiento y, por primera vez, proporciona al paciente la información necesaria para tomar el control momento a momento y controlar la condición. Si sabe que comer un plátano completamente maduro aumenta su tasa de azúcar en la sangre (glucosa) 30 minutos más tarde en un 0,25 mmol/L (milimoles por litro) no deseado, puede evitar comer esa fruta o elegir un plátano menos maduro en el futuro.

La profesión médica ha comprendido durante

Los dispositivos que controlan el sueño (muñequeras, teléfonos inteligentes, sensores debajo de la manta, etc.) ya proporcionan información sobre las condiciones y enfermedades que no se podían adquirir de otra manera. Un dispositivo de marcado que fue diseñado originalmente para controlar a los delincuentes ha demostrado que los pacientes con enfermedad de Parkinson sufren episodios que ocurren mientras duermen - algo que antes era completamente desconocido.

En lugar de ser difíciles de interrogar, nuestros cuerpos pronto se convertirán en registradores y reporteros de datos fisiológicos "inteligentes" y transparentes. Este es un cambio muy profundo en la medicina y en la salud humana.

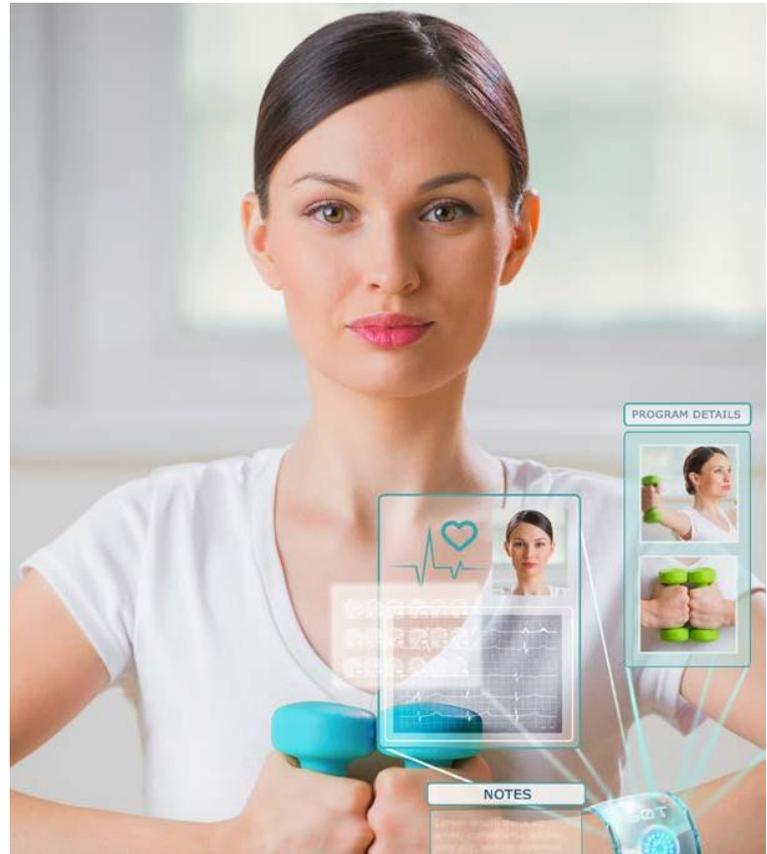
Pronto, nuestros médicos podrán tener informes en tiempo real sobre la condición de todos sus numerosos pacientes a medida que avanzan en su vida diaria.

Estos datos se transmitirán de forma inalámbrica a la nube (accesible desde las consultas de los médicos) las 24 horas del día y, aunque nuestros médicos no tendrán el tiempo para monitorear personalmente tales flujos de información individuales, sus propios sistemas de monitoreo de IA los alertarán de cualquier cambio en los datos de sus pacientes que requieran su atención urgente.

Puede parecer fantástico hoy, pero no pasará mucho tiempo antes de que la mayoría de los pacientes informados con más de 50 años (y muchos pacientes más jóvenes) tengan cuerpos inteligentes que estén permanentemente conectados y transmitan continuamente datos a las oficinas de sus médicos (y a sus propios sistemas de almacenamiento en la nube).

La expresión clave en el último

párrafo es "pacientes informados" porque está claro que hay un gran número de pacientes en la población general que simplemente no quieren asumir ninguna responsabilidad por su propio bienestar.



De hecho, los miembros de este grupo tienen poco interés en su propia salud, excepto cuando están repentinamente debilitados y necesitan asistencia inmediata. Los profesionales de la salud estiman que este grupo incluye hasta un tercio de la población general, y los otros dos tercios muestran diversos grados de interés en la salud, que van desde el mínimo hasta el más comprometido. Es dudoso que ese 33% desinteresado se interese más por su propia salud cuando los dispositivos de monitoreo sean muy baratos, o incluso se proporcionen de forma gratuita. Pero el impacto potencial de la salud digital en la salud y la economía social en la mayoría más interesada sigue siendo profundo.



Los datos de salud recopilados de los pacientes a medida que avanzan en su vida diaria ("recolección de datos ambulatorios" –

ADC) es un fenómeno completamente nuevo. El volumen de la transmisión de datos desde dispositivos de salud usados continuamente por decenas de millones de personas será enorme, pero ahora se han desarrollado herramientas analíticas de minería de datos de «Big Data» que ayudarán a los investigadores a comprender estos enormes conjuntos de información biométrica.

Se desarrollará un campo completamente nuevo de "minería de datos médicos predictivos" a medida que los investigadores identifiquen conjuntos de datos que avisen de forma temprana de problemas fisiológicos futuros o indicaciones de enfermedades a medida que se desarrollen. Nunca antes habíamos tenido datos cardíacos a largo plazo de humanos mientras realizaban sus ocupaciones diarias o mientras dormían. Además, muy probable que los investigadores desarrollen nuevos algoritmos para

identificar automáticamente los primeros signos de problemas cardiovasculares inminentes.

De manera similar, los investigadores médicos nunca han tenido registros a largo plazo de patrones de sueño, tasas de respiración, presión arterial, niveles de glucosa en la sangre, niveles de estrés, etc. Un nuevo horizonte de medicina predictiva se asoma a la vista. Esto convertirá a los sensores de bajo coste que usaremos en nuestros cuerpos, que se incorporarán a la ropa y que habitarán nuestras básculas de baño y otros dispositivos en nuestra casa, automóvil, escuela y lugar de trabajo, en sistemas de alerta temprana masivos para la salud humana.

Otro subproducto muy valioso del amplio monitoreo ambulatorio de la población será que estos datos de ADC estén disponibles para las compañías farmacéuticas.



En la actualidad, las compañías farmacéuticas prueban nuevos medicamentos en lo que supuestamente son ensayos clínicos rigurosos y luego tienen que esperar mucho tiempo para recibir comentarios semi-aneecdóticos del mundo real (generalmente proporcionados por médicos en descripciones de segunda mano de las experiencias de sus pacientes) a medida que el medicamento entre en uso en la población general. Si las compañías farmacéuticas pudieran acceder directamente a los datos ambulatorios de quienes usan sus medicamentos en el mundo real, imagine las mejoras que podrían ser posibles para las pautas de uso e incluso para los medicamentos en sí.

Se puede decir que, si bien el cambio en la asistencia médica tradicional avanza a una velocidad similar a la velocidad de la deriva continental, los desarrollos digitales e Internet se producen a una velocidad que parece estar más cerca de la velocidad de la luz. Los dos no parecen ser compatibles, y alguno tendrá que ceder.

Sin embargo, estos sectores anteriormente separados (medicina y tecnología de la información) ahora están convergiendo rápidamente y una serie de factores externos muy poderosos asegurarán que la tradición médica sea la que debe ceder.

Los factores externos súper poderosos que sacudirán y reformarán la práctica médica incluyen:

1. El rápido envejecimiento de la población en el mundo desarrollado

La población del *baby boom* está ahora cerca, o ya se encuentra, en la jubilación anticipada y en algunas naciones desarrolladas los mayores de 65 años, por primera vez, superarán a todas las demás generaciones.

Cuantas más personas, más enfermedades crónicas duraderas (ahora se denominan de manera menos peyorativa como LTC - 'Condiciones a largo plazo') y, por lo tanto, mayores costes de atención médica. Alrededor del 33 por ciento de la población adulta del Reino Unido sufre ahora una enfermedad crónica, mientras que al 60 por ciento de los adultos estadounidenses les afectan enfermedades similares.

La diferencia aparente entre los dos países puede ser real, puede ser resultado de diferentes definiciones médicas en uso o puede reflejar el enfoque más agresivo en cuanto al tratamiento típico del sistema de salud estadounidense enfocado hacia el beneficio económico.

Todo esto será un buen negocio para los sistemas de salud de financiación privada - siempre que los pacientes puedan encontrar el dinero necesario para el tratamiento o para pagar sus primas de seguro de salud.

Pero para los sistemas de salud financiados por los contribuyentes (los sistemas nacionales de salud pública son estándar en la mayoría de las sociedades desarrolladas fuera de los EE.UU.), el número cada vez mayor de pacientes de edad avanzada, y el coste creciente de la tecnología de la atención médica, significan un mayor racionamiento de la atención y una mayor presión sobre el precio de los fármacos, y en recursos médicos limitados.

El gran número de personas mayores con enfermedades crónicas - aquellas dolencias que nunca se curan, sino solo se gestionan (artritis, diabetes, hipertensión, EPOC, etc.) - nunca ha existido en ninguna sociedad antes; anteriormente, la mayoría de las personas mayores habrían muerto antes de llegar al punto de necesitar

atención médica continua. Este enorme grupo de pacientes, ancianos con enfermedades crónicas, supondrá una carga enorme y sin precedentes para nuestros sistemas de salud financiados por los contribuyentes.

2. La mayoría de los países sufren un grave desajuste: la demanda de asistencia sanitaria está aumentando más rápidamente que la oferta de médicos.

En los EE.UU., la Asociación de Colegios Médicos Americanos pronostica una escasez de 45.000 médicos de atención primaria para el año 2020, precisamente el tipo de médico que podría gestionar las afecciones crónicas de los ancianos.

Hay una escasez similar de médicos en Alemania y se estima que para el año 2020 en Europa en su conjunto, se necesitarán 230.000 médicos y 590.000 enfermeros. En menos de una década, habrá un déficit profesional de 1 millón de puestos de trabajo en el sector sanitario europeo (incluidos todos los roles).

En el Reino Unido, los hospitales se enfrentan a una escasez de 20.000 médicos y 64.000 enfermeros. Durante el año 2017, el Reino Unido tenía 2,8 médicos practicantes por cada 1.000 personas, menos que el resto de países europeos, incluidos Bulgaria, Estonia y Letonia.

3. El rápido aumento del coste del tratamiento sanitario

La tecnología médica exclusiva y de alta calidad es tremendamente cara y el desarrollo de medicamentos es cada vez más largo y costoso (lo que da como resultado medicamentos cada vez más caros).

Puede parecer extraño que, si bien otras áreas del desarrollo de la tecnología, como las computadoras y los televisores, producen mejores productos a costes más bajos, este axioma no es cierto en cuanto a la atención médica.

En el Reino Unido, el presupuesto anual para el SNS es de 153 mil millones de dólares. En los Estados Unidos, es de 3,5 billones de dólares

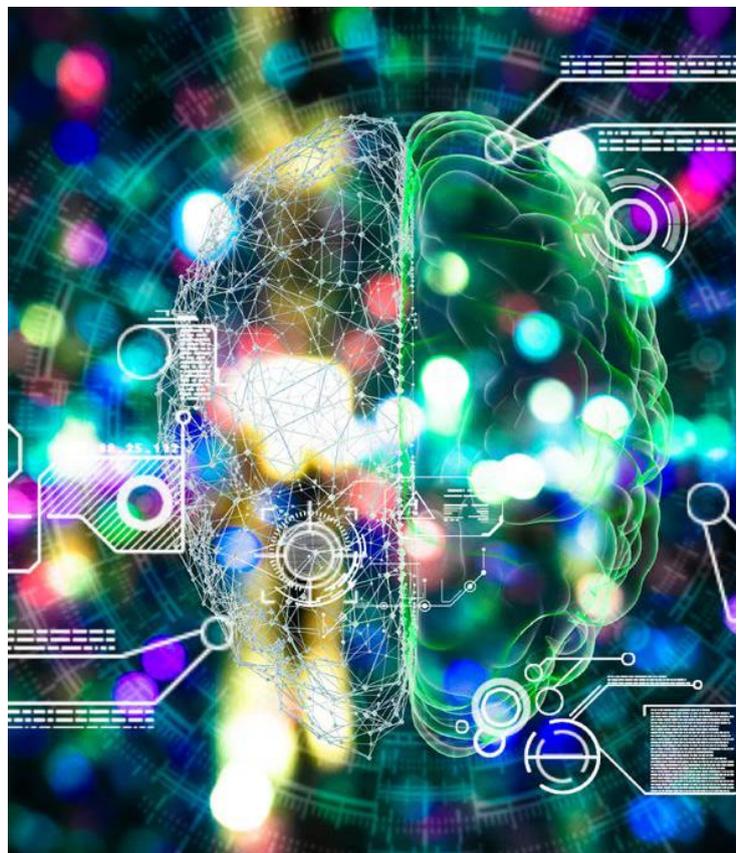
La razón principal de los costes adicionales es el gasto generado al realizar ensayos clínicos más complejos y la inversión necesaria para salvar los múltiples obstáculos regulatorios. Los equipos sanitarios y los medicamentos deben demostrarse razonablemente seguros antes de que puedan usarse entre el público (lo que no significa necesariamente que también sean efectivos).

En el Reino Unido, el presupuesto anual para el SNS es de 153 mil millones de dólares. En los EE.UU., el presupuesto anual de atención médica es de 3,5 billones de dólares.

La gran disparidad en estas cifras no se explica por el hecho de que la población de Estados Unidos es cinco veces mayor que la del Reino Unido. Si la diferencia solo se debiera a las cifras de la población, el presupuesto de atención médica de los EE.UU. sería de 581 mil millones de dólares, no de 3,5 billones. Como explica el cirujano estadounidense, el Dr. Atul Gawande, en su libro 'Being Mortal' sobre el sistema de salud de los EE.UU., «Si los pacientes terminales - en lugar de hacerlo las compañías de seguros o el gobierno - tuvieran que pagar los costes adicionales de los tratamientos que eligen en lugar de un hospital para enfermos terminales, entenderían mejor las contrapartidas (entre el coste y la extensión de la vida). Los pacientes terminales de cáncer no pagarían 80.000 dólares en medicamentos, y pacientes con insuficiencia cardíaca en etapa terminal no pagarían 50.000 dólares para desfibriladores, que ofrecen, en el mejor de los casos, unos meses de supervivencia extra".

4. El método de financiamiento utilizado por la mayoría de los sistemas de salud públicos y semipúblicos

La mayoría de los servicios nacionales de salud pública son financiados directamente por los impuestos pagados por la población trabajadora. No hay una «hucha de dinero» histórica guardada a lo largo del tiempo; cada año, los costes del servicio de salud se pagan directamente con los impuestos recibidos de la población.



Esto parece un 'esquema piramidal' gigante ya que depende de que más y más personas se unan al programa y paguen impuestos para que el sistema cubra cada vez más servicios a quienes lo necesitan. Pero como la adhesión es obligatoria según la ley para los trabajadores, no habría nada de malo o ilegal con semejante esquema obligatorio del gobierno si la población que paga impuestos aún estuviera creciendo. El problema en la mayoría de los países desarrollados es que la población trabajadora se está reduciendo a medida que la población jubilada está creciendo. Hay menos personas que contribuyen al esquema, mientras que hay cada vez más personas que requieren un tratamiento cada vez más costoso. El potencial de colapso es claro.

Como el mundo sabe, el sistema de salud estadounidense se enfrenta a importantes desafíos, a pesar de los heroicos intentos de Barack Obama de introducir una reforma marginal (y los intentos fallidos de reforma realizados durante la administración Clinton de la década de 1990). En consecuencia, los estadounidenses pagan mucho más por medicamentos recetados y dispositivos médicos que los pacientes en el resto del mundo y el sistema estadounidense de seguros privados recompensa a los médicos por llevar a cabo procedimientos innecesarios.

Tal como están las cosas, el Dr. Atul Gawande lo ha resumido de la siguiente manera: "El alto coste de la atención médica se ha convertido en la mayor amenaza para la solvencia a largo plazo de la mayoría de las naciones avanzadas, y a los incurables (personas de edad avanzada crónica) les corresponde una gran parte de este coste".

El alto coste de la atención médica se ha convertido en la mayor amenaza para la solvencia a largo plazo de las naciones más avanzadas.

Por lo tanto, está claro que hay cuatro razones principales que obligarán a los profesionales de la salud en el mundo desarrollado a adoptar el empoderamiento del paciente: el envejecimiento de la población, la escasez de profesionales médicos, el coste en rápido aumento de la tecnología especializada de tratamiento médico y el método por el cual los sistemas de salud son financiados (por los esquemas cuasi pirámide/Ponzi).

5. ¿Son las cinco revoluciones que ocurren en la atención médica una solución a la crisis de la atención médica?

Es probable que las cinco revoluciones de ciencia médica descritas anteriormente hagan que la provisión de ciencia médica y atención médica sea más efectiva a la hora de mantener una población saludable.

Pero, al mismo tiempo, es probable que las primeras cuatro de las nuevas metodologías médicas (medicina personalizada con ADN, tratamientos con células madre, medicina a nanoescala y edición de genes) aumenten drásticamente la cantidad de enfermedades diferentes que pueden tratarse con éxito. La aplicación de algunos de estos tratamientos puede significar que los pacientes no requieren más atención médica para esa condición en particular, pero inevitablemente, los tratamientos y curas que fluyen como resultado de estos éxitos aumentarán la longevidad y aumentarán las demandas de la población sobre el servicio de salud. En la actualidad, me inclino a pensar que los servicios de salud en el mundo desarrollado continuarán viendo una creciente demanda a medida que las personas viven más y que más y más enfermedades sucumban a la medicina basada en la ciencia. Como resultado, los costes de atención sanitaria continuarán aumentando.

Pero la quinta revolución que describo, la de la salud digital, es probable que mejore el bienestar general de las poblaciones. El empoderamiento de los pacientes mediante el uso de Internet, la tecnología digital, los biosensores de bajo coste y el análisis de ADN directo al consumidor ayudará a aliviar la carga de los sistemas nacionales de salud. Incluso si solo el 20 por ciento de los pacientes usara nuevas tecnologías para asumir una mayor responsabilidad por su bienestar en los próximos diez años, la carga de los consultorios médicos y los hospitales se reduciría sustancialmente.

Además, estas tecnologías pueden servir como un ingrediente clave para alimentar una revolución de prevención al ayudar a iniciar una cultura de concienciación sobre la salud en todo el mundo.

Pero más allá de las tecnologías de salud personal, la respuesta a la gran cantidad de problemas a los que se enfrentan nuestros sistemas nacionales de atención médica, casi todos que trabajan en la asistencia médica están de acuerdo: debe haber una innovación constante dentro de la administración de los sistemas de salud. Desde la mejora en el desarrollo de medicamentos y en el diagnóstico de enfermedades

hasta la forma en que se brinda la atención, deben seguir surgiendo nuevas y mejores formas de administrar los servicios de salud pública.

Una de las mejores maneras de garantizar que la innovación en la prestación de asistencia sanitaria mantenga su impulso es que la gerencia esté atenta a las nuevas técnicas que se ofrecen en los sistemas de asistencia sanitaria de otras naciones.

Por ejemplo, los médicos de la India se ven obligados a proporcionar enfoques innovadores y empresariales para brindar la atención médica porque la población es muy grande y la pobreza está tan generalizada. La gestión de la salud occidental puede aprender de tales ejemplos. Si los servicios de salud en todo el mundo van a brindarles la mejor atención posible a los pacientes en el año 2040, también debe prestarse más atención a las conclusiones de los estudios internacionales sobre mejores resultados.



