

Bertalan Meskó, MD, PhD
Médico Futurista

UM GUIA
PARA O FUTURO
DE MEDICINA

Trazendo tecnologias disruptivas
à Medicina e Atenção à Saúde

medicalfuturist.com¹

¹tradução livre de “The Guide to the Future of Medicine”

Conteúdo

1. Introdução.....	4
2. Descrição do Infográfico	5
3. Descrição das Tendências	8
Biomateriais impressos em 3D e Drogas	8
Controle de aderência ao tratamento.....	8
Inteligência Artificial em Apoio à Decisão Médica	8
Órgãos Artificiais	9
Realidade Aumentada	9
Aumentando a capacidade humana.....	9
Informações on-line com curadoria	10
Aplicativos móveis personalizados.....	10
Sensores Engolfíveis	10
Letramento Digital na Educação Médica.....	10
Faça você mesmo sua Biotecnologia	11
Sensores Implantáveis	11
Saúde Móvel Baseada em Evidências	11
Simulação fisiológica total.....	11
A Gamificação do Bem-Estar	12
Entrada de Dados Holográfica	12
Diagnóstico Doméstico	12
Robôs Humanoides.....	12
Terapias Interdisciplinares	13
Uso mais relevante da mídia social.....	13
Tricorder Médico.....	13
Modelagem de Ensaios Clínicos por microprocessadores.....	14
Radiologia Multifuncional	14
Nanorobôs na corrente sanguínea	14
Optogenética	15
Genômica personalizada	15
Diagnóstico em tempo real na sala de cirurgia	15
Cyborgs Recreativos.....	16
Experiência Hospitalar Redesenhada.....	16
Toque Remoto	16
Intervenções cirúrgicas robóticas	17
Assistente Robótico de Enfermagem.....	17
Prontuário Semântico	17
Relógios Inteligentes.....	17
Telemedicina	18

Experimentos virtuais	18
Dissecação Virtual.....	18
Aplicações de Realidade Virtual	18
Cérebros Digitais	19
Sensores Vestíveis	19
4. Como se preparar para o futuro da medicina	19
5. Leituras Adicionais.....	20
6. Referências.....	20

1. Introdução

Sendo um futurista médico significa que eu trabalho em trazer tecnologias disruptivas para a medicina e saúde, auxiliando os médicos profissionais e alunos na sua utilização de forma eficiente e segura e educar os e-pacientes sobre como tornarem-se parceiros com seus cuidadores.

Como as tecnologias digitais e as plataformas on-line surgem e mudam muito rapidamente, torna-se necessário desenvolver parcerias entre pacientes e profissionais da saúde; bem como estabelecer uma orientação para se preparem, no tempo adequado, para a incorporação de novas tecnologias nas práticas cotidianas e na gestão da saúde dos pacientes.

Com base no que vemos em outras áreas, estas mudanças acontecerão em uma sequência explosiva, todavia redesenhar a atenção à saúde requer muito tempo e esforço. Portanto, o melhor que podemos fazer neste momento é preparar todos os interessados para o que está por vir.

Versões atualizadas deste Guia serão publicadas com base em suas contribuições. Para isso, use o *hashtag* #MedicalFuture no twitter.com.

Espero que este guia seja útil para o seu trabalho ou na preparação de sua empresa e de seus colegas para o futuro da medicina.

Bertalan Meskó, MD, PhD
berci@medicalfuturist.com

Médico Futurista / nerd médico / geneticista / palestrante / fundador da Webicina. com.br / blogueiro / professor universitário / autor

2. Descrição do Infográfico

A ideia básica era de incorporar 3 perspectivas em um único infográfico para apresentar aspectos das principais tendências que moldam o futuro da medicina:

1. Que fase do processo da atenção à saúde e da prática da medicina é afetada por esta tendência:
 - Preparação & Prevenção;
 - Aquisição de Dados & Diagnóstico;
 - Terapia & Acompanhamento
 - Resultados & Consequências;
2. Se ela afeta a pacientes ou a profissionais de saúde;
3. Do estágio de sua incorporação (**já disponível** – representado por caixas verdes; **em andamento** - caixas cor laranja, e **ainda precisa de tempo** - caixas vermelhas)

Este infográfico representa a maneira como vejo o desenvolvimento das principais tendências e inovações na atenção à saúde. Alguns elementos certamente poderiam ser adicionados, entretanto creio que escolhi os com o maior potencial.

Exemplos ou resumos representativos da indústria e startups relevantes estão listados ao lado de cada tendência ou inovação.

PREPARAÇÃO E PREVENÇÃO

Profissionais de Saúde

Pacientes

Letramento Digital na
Educação Médica

A Gamificação do Bem
Estar

Dissecação Virtual

Informações on-line com
curadoria

Simulação Fisiológica Total

Modelagem de Ensaios Clínicos
por microprocessadores

Faça você mesmo sua
biotecnologia

AQUISIÇÃO DE DADOS E DIAGNÓSTICO

Profissionais de Saúde

Pacientes

Entrada de Dados
Holográfica

Diagnóstico Doméstico

Tricorder Médico

Sensores Implantáveis

Relógios
Inteligentes

Assistente Robótico de
Enfermagem

Sensores Vestíveis

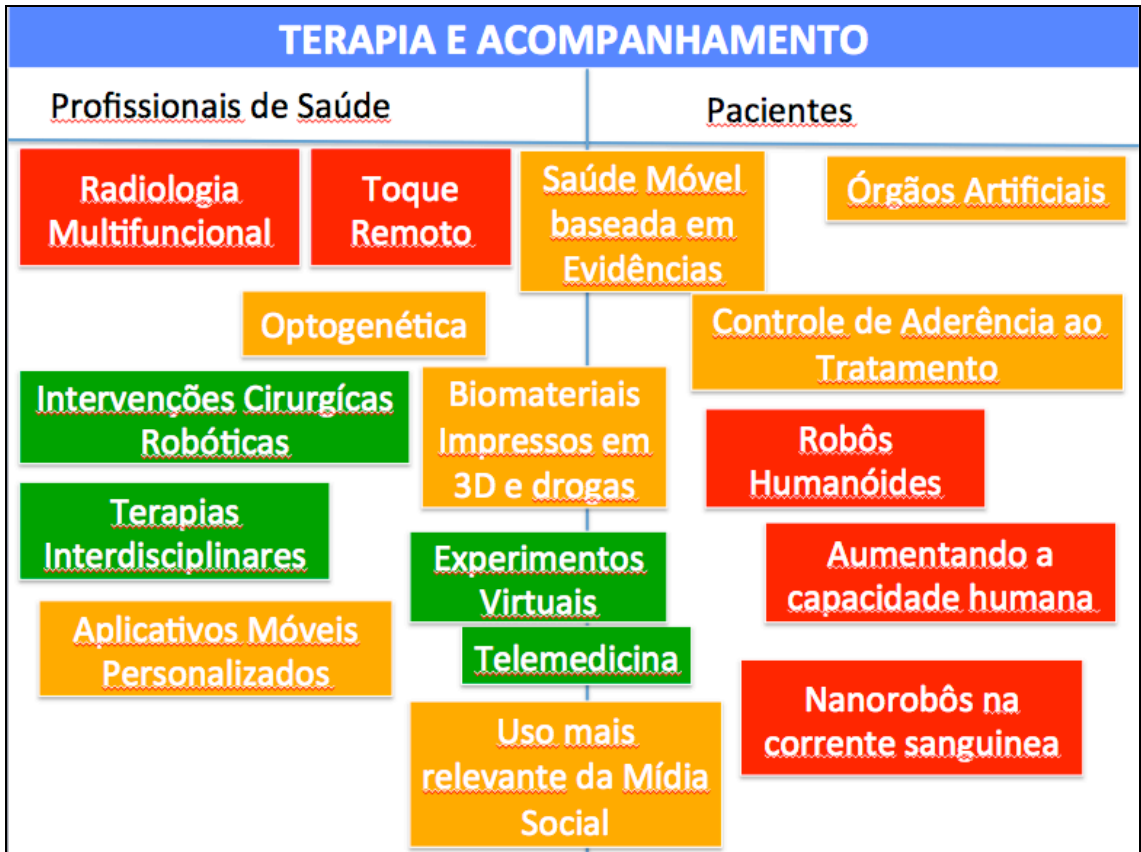
Sensores Engolfíveis

Realidade Aumentada

Prontuário Semântico

Diagnóstico em Tempo
Real na Sala de Cirurgia

Genômica Personalizada



3. Descrição das Tendências

Biomateriais impressos em 3D e Drogas

Cada vez mais objetos diferentes podem ser impressos se utilizando de impressoras 3D e a indústria de biotecnologias está de olho no potencial desta oportunidade. Impressão de dispositivos médicos em áreas subdesenvolvidas, a impressão de tecidos vivos, ou mesmo células e drogas podem não estar muito longe de uma utilização cotidiana. A impressão 3D vai reestruturar toda a indústria farmacêutica e o mundo da biotecnologia, inclusive para os aspectos regulatórios, pois qualquer um poderá ser capaz de imprimir medicamentos contendo moléculas patenteadas em casa. Ouvidos biônicos e órgãos mais simples poderão ser impressos na cabeceira do paciente e a impressão de órgãos humanos para transplante poderia encerrar as listas de espera. Questões tecnológicas atuais, como a falta de modelos e projetos de referência serão resolvidos por meio da construção coletiva (crowdsourced) de banco de dados de acesso aberto por membros de comunidades de projetistas.

Controle de aderência ao tratamento

A correta aderência às instruções e o cumprimento ao tratamento prescrito pelo profissional de saúde representam questões cruciais para melhorar a saúde dos pacientes reduzir o custo dos serviços de saúde. Várias empresas *startups* têm como foco o desenvolvimento de diferentes soluções para esse problema como: o frasco de comprimidos que se ilumina de azul quando a medicação deve ser tomada e de vermelho quando uma dose for esquecida, alertando assim os membros da família. Em outro exemplo, minúsculos sensores digeríveis podem ser colocados em comprimidos que, ao serem engolidos, transmitem dados da digestão para os médicos e membros da família. No futuro, vai ser mais difícil não cumprir integralmente com a terapia prescrita. Além disso, a aderência à prescrição deve ser o mais simples e confortável para os pacientes quanto possível.

Inteligência Artificial em Apoio à Decisão Médica

Nem mesmo o conhecimento dos estudiosos mais consagrados não pode competir com os computadores cognitivos e além disso, como a quantidade de informação é exponencialmente crescente, o uso da computação para auxiliar na tomada da decisão médica é eminente e inevitável. Enquanto um médico pode considerar informações de alguns poucos artigos de sua memória ou talvez de algumas dezenas de artigos se ele se utilizar tecnologias digitais, um supercomputador da IBM chamado Watson pode processar mais de 200 milhões de páginas em poucos segundos. É por isso que Watson vem sendo testado em clínicas de oncologia para avaliar os benefícios de sua utilização no auxílio ao processo de definição do tratamento

mais adequado para um paciente com câncer. O Watson não está sendo usado para responder às questões médicas, mas sim para avaliar os resultados possíveis mais relevantes considerando os dados de entrada; quem tem a palavra final é o médico. Watson só facilita o trabalho dos médicos, não os substitui.

Órgãos Artificiais

Um órgão artificial é um dispositivo ou biomaterial que é implantado no corpo para substituir um órgão natural ou a sua função. Impressão em 3D não é a única maneira para a fabricação de partes do corpo, elas podem também ser desenvolvidas em laboratórios. Cirurgiões têm sido capazes de implantar pele, cartilagem, traqueia e vasos sanguíneos artificiais. Num futuro próximo, seremos capazes não só de substituir a funcionalidade dos nossos órgãos se utilizando de biomateriais e outros dispositivos sintéticos, mas seremos capazes de crescer órgãos que podem substituir um órgão natural que não seja capaz de desempenhar totalmente a sua capacidade fisiológica. Órgãos artificiais também poderiam ser utilizados para desempenhar outras tarefas, como, por exemplo, a conservação da água. Embora, muito provavelmente, tais órgãos poderão ser usados para fins cosméticos, em vez de ser mais um suporte à vida.

Realidade Aumentada

A realidade aumentada é uma exibição, ao vivo, de um ambiente do mundo real acrescido de informações geradas por computador, tais como dados de localização (GPS), som, vídeo ou gráficos. O uso destas informações, que podem ser visualizadas, usando óculos especiais (como o Google Glass) ou lentes de contato digitais, pode ser uma grande adição para a prática da medicina. A transmissão ao vivo de cirurgias a partir da perspectiva do cirurgião não é mais novidade, a realidade aumentada pode ser utilizada para exibir o prontuário eletrônico do paciente em tempo real, ou organizar troca de opiniões ao vivo com colegas. O computador IBM Watson pode ser utilizado para procurar possíveis erros em cirurgias gravadas. A realidade aumentada também pode ser utilizada em situações de emergência, como durante a realização de RCP - Reanimação Cárdio Pulmonar; enquanto o profissional estiver realizando, o sistema pode automaticamente chamar uma ambulância fornecendo sua localização GPS. Os óculos *Google Glass* podem ser controlados através da voz e de gestos da mão enquanto as lentes de contato digitais poderão ser controladas através de ondas cerebrais, utilizando os desenvolvimentos nesta área. O potencial de crescimento do poder da realidade aumentada é enorme, entretanto, os profissionais da saúde devem solucionar questões ligadas com a privacidade do paciente e não considerar somente evidências para sua utilização na prática.

Aumentando a capacidade humana

A pesquisa médica tem se orientado para descobrir e desenvolver métodos para substituir órgãos que não estejam funcionando adequadamente ou restaurar determinadas funções no corpo humano aos níveis considerados normais. Mas, com os rápidos avanços da pesquisa, em vez de apenas restaurar funções, será possível aumentar as capacidades atuais, criando "super poderes". A escolha de quais poderes está livre para o sonho: metabolização de drogas, digestão de diferentes tipos de alimentos, aumento da função cerebral ou aumento da força através de exoesqueletos mecânicos.

Informações on-line com curadoria

Num futuro próximo, tudo, desde informações médicas corretas e confiáveis, recursos dinâmicos ou prontuários eletrônicos, vai estar disponível on-line para todos. Será simplesmente o desenvolvimento mais importante na história da medicina. A curadoria das informações, por profissionais da saúde e pacientes selecionados, é fundamental já que muita informação disponível é falsa ou não confiável.

Aplicativos móveis personalizados

O número de aplicativos móveis médicos disponibilizados vem crescendo nos últimos anos, tornando cada vez mais difícil, para os pacientes e profissionais, escolher o aplicativo certo para a gestão da sua saúde ou do trabalho. Aplicativos móveis personalizados, como o pApp, a que permite que o médico criar aplicativos móveis para seus pacientes pode ser o próximo passo. Essa personalização permite escolher as funções para o aplicativo como o registro da pressão arterial ou registro dos medicamentos a partir de um menu; e o paciente deve poder baixar o aplicativo imediatamente para o seu aparelho.

Sensores Engolíveis

É possível engolir dispositivos digitais ou sensores digitais minúsculos que coletam, armazenam e transmitem dados como a temperatura do corpo, frequência cardíaca ou respiratória para um outro equipamento externo. Em casos de doenças relacionadas com o sistema gastrointestinal, este dispositivo poderia dar o diagnóstico imediato já que reúne as características dos resultados obtidos através de exames de laboratório e da colonoscopia necessitando apenas engolir um dispositivo equipado com uma câmera de vídeo. Exemplos incluem Proteus Digital Health, Sano e Equival.

Letramento Digital na Educação Médica

A única maneira de preparar os profissionais de saúde para as tecnologias digitais emergentes é incluir conteúdos de letramento digital e de tendências do futuro da medicina nos currículos mínimos oficiais. O curso de Social Media (The Social MEDia) da Universidade de Semmelweis tem ensinado o uso das mídias sociais e também aplicações móveis para seus

estudantes de medicina. Os alunos acessam os materiais didáticos utilizando uma plataforma de educação a distância concebida em conceitos de jogos digitais e, para concorrer a pontos extra, respondem questões sobre os temas abordados em aulas acessando a página do curso no *Facebook*. Uma nova disciplina, Tecnologias Disruptivas em Saúde, tem com objetivo introduzir os alunos às tecnologias cobrindo de genômica à telemedicina procurando prepará-los para quando forem iniciar a praticar medicina. Estas disciplinas deveriam ser oferecidas nas escolas de medicina em todo o mundo.

Faça você mesmo sua Biotecnologia

Os métodos e materiais da biotecnologia têm se tornado cada vez mais disponíveis nos últimos dois anos. Não são necessários aqueles equipamentos de laboratório caros para a realização de experimentos biológicos; os elementos dos experimentos podem ser encomendados sob demanda e os dados e outras informações necessárias estão muito mais acessíveis do que antes. Os eventos da iGem deixou absolutamente claro que o número de oportunidades para o uso de biotecnologia para os mais diversos fins é quase infinito. Biotecnologia, especialmente os seus aspectos da área conhecida por Faça você mesmo sua Biotecnologia, é a nova indústria de Tecnologia da Informação. A nova geração de cientistas representados por Jack Andraka aproveita o potencial dos recursos e materiais já disponíveis para conseguir verdadeiras inovações.

Sensores Implantáveis

Como um complemento para sensores engolíveis e os sensores vestíveis, os sensores implantáveis em dentes podem reconhecer movimentos da mandíbula, tosse, fala e até mesmo o fumo. Imagine a utilização desta tecnologia sem fio em órgãos para coletar e disponibilizar dados em tempo real, desde pâncreas artificiais até o monitoramento constante de EEG (eletroencefalografia).

Saúde Móvel Baseada em Evidências

O número de aplicativos médicos móveis vem crescendo há anos; o grande desafio é o de fidelizar os usuários. A questão não é saber se tais aplicativos podem ser utilizados na prática a médica ou na atenção à saúde, mas saber quais e em que medida podem ser úteis. Portanto, será necessário utilizar uma estratégia baseada em evidências para a implementação de aplicativos móveis nos ambientes clínicos. Finalmente, o Food and Drug Administration publicou uma orientação que pode facilitar este processo.

Simulação fisiológica total

E se fosse possível examinar todas as funções fisiológicas do corpo humano, sem que se fosse necessário promover qualquer tipo de experimento

com as pessoas? Uma das aplicações em desenvolvimento de maior potencial nesta área é o Virtual Physiological Human, uma estrutura que permite a investigação colaborativa do corpo humano. Os estudantes de medicina serão capazes de estudar o corpo humano em um nível de detalhes como nunca, compreendendo os conceitos básicos do funcionamento do corpo humano e a patologia das doenças. Um outro exemplo, é HumMod um modelo que considera 5000 variáveis para descrever a fisiologia cardiovascular e metabólica, dentre outros.

A Gamificação do Bem-Estar

Gamificação, uma estratégia baseada em jogos, parece ser a chave para persuadir as pessoas a viver uma vida saudável ou mesmo a aderir a uma terapia prescrita, já que 63% dos adultos norte-americanos concordam que fazer as atividades diárias como se fossem um jogo iria torná-las mais divertidas e gratificantes. Os dispositivos vestíveis, serviços on-line, jogos e soluções móveis de saúde podem levar a melhores resultados se adotada uma estratégia gamificada. Melhorar a nossa saúde ou fazer o nosso trabalho deveria ser divertido. Exemplos incluem Shine, FitBit e Lumosity.

Entrada de Dados Holográfica

Até que melhores alternativas para se fazer entrada de dados, serão utilizadas alternativas em que o hardware não será mais necessário, como a utilização de projeções de telas e teclados em locais com uma parede ou uma mesa. Facilitaria o processo de entrada de dados em todos os lugares de um ambiente clínico. Teclados holográficos nos fará esquecer smartphones e tablets, além disso, os dados serão armazenados apenas nas nuvens.

Diagnóstico Doméstico

No passado, pacientes foram capazes de medir a pressão arterial, hoje eles podem medir um eletrocardiograma e amanhã eles vão poder sequenciar um genomas em casa. Com a abundância de métodos e procedimentos de laboratório possíveis de serem realizados em casa, permitirão o diagnóstico precoce de doenças resultando em tratamentos mais simples e eficazes. Como os pacientes irão trazer seus dados para o médico nos mais diversos dispositivos, será necessário formar um profissional que poderá ser chamado de analista de dados digitais de saúde. Exemplos incluem OnStar, Nanobiosysm e AliveCor.

Robôs Humanoides

Robôs construídos com a forma do corpo humano em breve poderá desempenhar um papel em nossas vidas. Devido à escassez de cuidadores em todo o mundo, robôs humanoides poderão ser capazes de dar os cuidados básicos ou servir de companhia para os pacientes. Projetos financiados pela

DARPA, como Atlas, um robô humanoide 1,88 m de altura ou o AlphaDog robótico mostram as incríveis potencialidades e os avanços rápidos nesta área. Dentro de alguns anos, não só estes robôs vão ajudar pacientes em todo o mundo, mas seremos capazes de imprimi-los em 3D se utilizando de especificações específicas. Seja servindo como companhia para crianças doentes; ensinando crianças com autismo; ou mesmo como assistentes pessoais de pacientes idosos os robôs humanoides têm o potencial de transformar a face da saúde.

Terapias Interdisciplinares

Sem dúvida, o futuro pertence às inovações interdisciplinares. Exemplos incluem neurocirurgias da Escola de Medicina e Moores Cancer Center da Universidade da Califórnia, em San Diego utilizando a ressonância magnética como orientação para prescrever terapia genética como um tratamento potencial para casos de tumores cerebrais. Desta forma, a parte restante do cérebro não é afetado, minimizando os riscos do procedimento. Os médicos de qualquer especialidade tem que passar a olhar um mesmo problema de saúde a partir de vários ângulos diferentes, mas como a educação médica tem se concentrado em dar um conhecimento cada vez mais especializado, mídias sociais e outras tecnologias digitais podem nos ajudar a vislumbrar novas formas de colaboração. Combinando o conhecimento de médicos de diferentes especialidades e da computação cognitiva poderemos conseguir melhores resultados para os pacientes.

Uso mais relevante da mídia social

Comunicação médica é algo que afeta os pacientes e profissionais de saúde em todo o mundo, sem exceções. Esta é uma razão pela qual a mídia social tem o potencial para se tornar um grande "cérebro digital" possibilitando a transmissão, compartilhamento, produção coletiva e armazenamento de itens de informação médica tanto para os e-pacientes ou para os profissionais da área médica caso sejam utilizadas de uma forma adequada. O poder da comunicação médico-digital deve ser subestimada. O equilíbrio é necessário, pois os e-pacientes não podem e não devem fazer uma revolução sem a participação ativa dos profissionais da área de saúde. É por isso que temos que treinar os médicos para estarem prontos para a era digital. Exemplos incluem Smart Patients, PatientsLikeMe e Sermo.

Tricorder Médico

O conceito do tricorder médico que é capaz de rapidamente diagnosticar doenças como pode ser visto na série de TV Star Trek já existe há décadas e agora existe uma chance de torná-lo uma realidade. O desafio Qualcomm Tricorder X Prize que espera propiciar o desenvolvimento de um dispositivo portátil, sem fio, capaz de monitorar e diagnosticar várias doenças e oferecer i mais opções para a saúde individual. Um exemplo, Scanadu, que pode medir a temperatura corporal, frequência cardíaca, eletrocardiograma, oxímetria do

pulso e outros parâmetros mais básicos bastando apenas, posiciona-lo na testa. O importante é que os pacientes possam ser capazes de obter seus parâmetros vitais e obter os aparelhos e dados mais adequados para controlar sua saúde.

Modelagem de Ensaios Clínicos por microprocessadores

A transição da utilização de ensaios clínicos longos e extremamente caros para a utilização de pequenos microprocessadores que podem ser utilizadas para modelar órgãos humanos ou mesmo sistemas fisiológicos inteiros oferece claras vantagens. Novas drogas ou componentes podem ser testados pelos microprocessadores, sem as limitações existentes, realizando os testes clínicos mais rapidamente e mais precisos (nos dois casos, as condições e circunstâncias seriam as mesmas). Microprocessadores com células vivas que modelam o funcionamento de um pulmão já estão disponíveis no mercado. A tecnologia Organs-on-Chips (órgãos em microprocessadores) foi desenvolvida durante anos e fornece agora uma variedade de processadores que modelam órgãos. Microprocessadores mais complexas capazes de simular todo o corpo humano ainda não existem, mas esta solução definitiva pode chegar em breve.

Radiologia Multifuncional

Em 10 anos, a radiologia será bem diferente do que é agora, provavelmente irá incorporar uma combinação de técnicas e diagnósticos personalizados da área de imagem e de intervenções em tempo real. Uma máquina de multifuncional será capaz de detectar vários problemas médicos, medidas biológicas e sintomas de uma só vez. A máquina utilizada no filme, Elysium, informa ao paciente qual a percentagem de suas células são cancerosas com um rápido check-up. Outros exemplos poderiam incluir a avaliação de padrões cognitivos do estado em repouso e em atividade de um exame de ressonância magnética; iniciativas de grande escala envolvendo imagem neuronal e do macro conectoma cerebral. O Human Brain Project (projeto do Cérebro Humano) lançado recentemente pode se tornar ainda maior do que o Human Genome Project (Projeto do Genoma Humano).

Nanorobôs na corrente sanguínea

Medicina hoje é baseada em intervenções a partir de um diagnóstico prévio. E se nanorobôs instalados na corrente sanguínea pudessem intervir mesmo antes da doença aparecer? Nanorobôs, chamados respirócitos (respirocytes), podem ser manter os tecidos do paciente oxigenados por até quatro horas após uma parada cardíaca; ou servir como glóbulos brancos; removendo plaquetas ou reparando células danificadas. As oportunidades são quase ilimitadas. Movendo para um próximo nível, módulos que podem se auto-organizar no interior do estômago poderiam realizar diagnósticos ou mesmo tratamentos mais sofisticados. O número e a variedade de cirurgias não-invasivas podem aumentar ao se utilizar robôs auto-organizáveis.

Optogenética

Optogenética é uma técnica de neuro-modulação usando uma combinação de métodos de óptica e genética para controlar a atividade de um neurônio específico em um tecido vivo. Optogenética proporcionará novas soluções em terapias. Um estudo recente publicado na revista Science relatou que os cientistas foram capazes de criar falsas memórias no hipocampo de ratos. Esta é a primeira vez que a memória foi gerada através de meios artificiais. Quando entendermos mais claramente o efeito placebo, imagine os resultados que podemos alcançar quando falsas memórias de se tomar drogas forem geradas em seres humanos. O objetivo final é sermos capazes de modular os sentidos, restaurar sentidos que forem perdidos ou até mesmo executar *DNA targeting* utilizando raios laser de femtosegundos.

Genômica personalizada

Desde a conclusão do Human Genome Project (Projeto do Genoma Humano), que vislumbramos a era da medicina personalizada, em que todos recebem tratamentos personalizados com dosagens de remédios personalizadas. A verdade é que, de acordo com a Personalized Medicine Coalition (Coalizão da Medicina Personalizada), existem apenas cerca de 30 casos em que a utilização da genômica personalizada é suportada por evidências. À medida que avançamos neste caminho, teremos mais e mais oportunidades em será utilizada a análise de sequenciamento de DNA executada à cabeceira do paciente como subsídio para a prescrição de medicamentos. Isso significa que os pacientes receberiam um medicamento na dosagem determinada por seu perfil genômico. Para atingir esse objetivo será necessário que o sequenciamento do DNA seja rápido e preciso. é necessário para atingir esse objetivo. O número mágico é 7 000 000 000 (população mundial) vezes 3 000 000 000 (número de pares de bases de nosso DNA) que chega a $2,1 * 10^{19}$, que é o número de pares de bases que devem ser disponibilizados em breve.

Diagnóstico em tempo real na sala de cirurgia

A faca cirúrgica inteligente, iKnife funciona usando uma tecnologia antiga, em que uma corrente elétrica aquece uma região específica de um órgão fazendo incisões com perda mínima de sangue, a novidade é que a fumaça gerada é analisada por um espectrômetro de massa sendo capaz de detectar quais elementos químicos estão presentes nessa amostra biológica. Isso quer dizer que o iKnife é capaz de identificar durante uma intervenção, em tempo real, se um tecido é maligno sem a necessidade de ser enviar a amostra para o laboratório de patologia. Uma clínica na Alemanha já iniciou testes de um aplicativo instalado em tablets que oferece recursos de realidade aumentada em tablets na sala de cirurgia. Este aplicativo usa informações previamente obtidas de imagens radiológicas do paciente para “ver” através de

estruturas anatômicas tais como vasos sanguíneos do fígado, possibilitando fazer excisões mais precisos.

Cyborgs Recreativos

Cyborgs (ou seres biônicos) vão estar ao nosso redor, incluindo uma nova geração de hipsters (pioneiros na adoção de novidades) que implantarão dispositivos em seus corpos simplesmente para melhorar sua aparência ou conseguir desempenhar alguma novas funcionalidades. Os avanços na tecnologia médica serão usados não apenas para reparar deficiências físicas, como hoje os óculos restituem uma visão normal, mas irão criar poderes sobre-humanos, como a visão de uma águia ou a audição de um morcego. Enquanto pacientes que tenham desfibriladores ou marca-passos implantados podem ser classificados como Cyborgs, mais casos podem ser antecipados, como o do paciente que pede a implantação de um determinado dispositivo digital não para minorar um problemas de saúde, mas para aumentar a capacidade humana; podemos, portanto, antecipar diferentes desempenhos biológicos em função de diferenças financeiras.

Experiência Hospitalar Redesenhada

Melhorar o diagnóstico e o tratamento não é mais suficiente, precisamos melhorar enormemente a experiência de cuidado da saúde, seja ele desenvolvido em um hospital ou em casa. Os prestadores de serviço de saúde devem ter as mesmas preocupações com o seu paciente que as demais indústrias tem com seus clientes. É necessário um projeto claro e inteligente que seja capaz de garantir conforto e privacidade. Um diagnóstico recebido pelo paciente deverá ser acompanhado da descrição de uma árvore de decisão transparente, subsidiando a tomada de decisões que serão feitas juntamente com os seus médicos, que atuarão como parceiros no tratamento. Veja em HNS, Stanford Hospital ou Ottawa Hospital onde temos alguns exemplos práticos. Empresas, como a Calico da Google lançada recentemente, já fazem iniciativas para alcançar esses objetivos.

Toque Remoto

Enquanto o toque humano é hoje o fundamento da prática da medicina, daqui a algum tempo, em função da falta de médicos e do aumento do número de pacientes teremos de empregar o toque remoto. A tecnologia de *force feedback* utilizada pela indústria de videogames tem potencial para ser usada na também na medicina. Tem sido demonstrado que o processo de coleta de amostras para biópsia pode ser simulada em um ambiente 3D utilizando um dispositivo controlado por *force feedback*. Cirurgiões podem ser treinados em equipamentos que utilizem essa tecnologia para aumentar sua habilidade em um procedimento antes de operar em pacientes reais. Poderiam também auxiliar estudantes de medicina a melhorar o processo de diagnóstico palpatório.

Intervenções cirúrgicas robóticas

O número de estudos que examinam o uso de robôs na sala de cirurgia tem aumentado rapidamente nos últimos dois anos. Robôs podem ser usados em cirurgias remotas, treinamento cirúrgico pré-operatório, manipulação intra-operatória, simulação e treinamento, entre outros. Já está claro que intervenções robóticas podem contribuir para o sucesso de cirurgias e de outros procedimentos. Um dos melhores exemplos é ainda o sistema Da Vinci, mas existem outros robôs no atendimento a emergências e na radio cirurgia. Possivelmente, em breve poderemos encontrar salas de cirurgia sem pessoas além do paciente. No futuro, instrumentos cirúrgicos serão tão precisos que será impossível controlá-los manualmente, portanto será necessário utilizar outras ferramentas robóticas ou mecatrônica para alcançar a precisão desejada.

Assistente Robótico de Enfermagem

Com o crescente número de pacientes idosos, a introdução da utilização de assistentes robóticos em casas de repouso e em hospitais é inevitável. Poderá ser uma solução razoável para movimentar os pacientes ou mesmo realizar procedimentos médicos básicos, tais como a colheita de sangue. Um protótipo feito por uma empresa dos Estados Unidos combina robótica e tecnologia de análise de imagens para encontrar uma veia no braço do paciente adequada para se colher sangue de uma forma segura. Na sequência, poderá também analisar o sangue para a detecção de marcadores de dados genéticos.

Prontuário Semântico

A única maneira para melhorar continuamente um sistema é gerar e analisar os seus dados com o objetivo de encontrar meios de melhorá-lo. O requisito básico para se melhorar a atenção à saúde é disponibilizar para a população, o acesso aos seus próprios prontuários armazenadas em bancos de dados semânticos, o que facilitaria também a pesquisa em saúde pública. A partir de dados semânticos é possível gerar alertas sobre os próximos eventos médicos e alertar sobre potenciais complicações. Os esforços em curso incluem ElationEMR, Curemd, Drchrono, Medopad e Practice Fusion.

Relógios Inteligentes

Smartphones (Telefones inteligentes) não foram capazes de substituir os pagers devido a razões práticas, mas um dispositivo wearable (vestível) que está facilmente acessível pode fazer esta transição. Um relógio inteligente poderá ser usado para consultas, fazer chamadas, enviar mensagens, agendar de visitas, como faz um pager ou mesmo ser utilizado para a exibição imediata de resultados de exames de laboratório.

Telemedicina

Na era digital, o uso das Tecnologias da Informação na comunicação médica ou mesmo na área da saúde é inevitável. No futuro, esta comunicação não só vai incluir transmissão de segunda opinião médica através de canais de comunicação on-line, mas será possível também enviar vida através destes mesmos canais; como, por exemplo, o envio de sequências de DNA para sintetizar proteínas, vírus e células vivas. Não estamos longe de superar todos os obstáculos para viabilizar troca de informações médicas, de medicamentos, de equipamentos médicos ou mesmo a própria vida através do chamado biological teletransport (teletransporte biológico) e dos avanços da impressão 3D.

Experimentos virtuais

Na era do acesso aberto e produção coletiva de informação científica (crowdsourced), teremos que encontrar uma solução para a realização de experimentos clínicos, sem que seja necessário utilizar pessoas e obtendo a mesma quantidade de informações, com a mesma qualidade e de uma forma muito mais rápida, não-invasiva, humanitária e confiável. Para alcançar isso, será necessário uma revolução na medicina. Cada país precisa de um E-patient Dave, um Jack Andraka e Regina Holliday para atingir esses objetivos.

Dissecação Virtual

Os estudantes de medicina irão estudar anatomia em mesas de dissecação virtuais e não em cadáveres humanos. O que estudamos nos pequenos livros texto serão transformados em imagens 3D virtuais e em modelos usando realidade aumentada. Poderemos observar, alterar e criar modelos anatômicos tão rápido quanto nós quisermos, bem como analisar cada uma das estruturas em detalhe. Exemplos incluem Anatomage, ImageVis3D e 4DAnatomy.

Aplicações de Realidade Virtual

Novas doenças irão surgir em decorrência do uso excessivo de tecnologia de realidade virtual aplicada em games e em outras indústrias. Exemplos incluem o transtorno de estresse pós-traumática virtual (virtual post-traumatic stress disorder, v-PTSD), que já foi diagnosticado em jogadores que participam em grandes batalhas virtuais, como no game *Call of Duty* usando óculos de realidade virtual e apresentam sintomas semelhantes aos dos soldados que lutaram em guerras reais. Prepare-se para ver códigos CID atribuídos a essas novas condições em breve. Realidade Virtual pode ser usada em psicoterapia onde as pessoas serão capazes de ter experiências virtuais, como visitar lugares distantes que dificilmente iriam na vida real. Pacientes poderiam experimentar virtualmente o passo a passo de uma cirurgia

futura ou até mesmo escolher um hospital baseado em seu pacote de "experiência virtual". Avanços incluem a primeira interface cérebro-máquina bidirecional, macacos em um experimento usam um implante cerebral, não só para controlar uma mão mecânica mas também para obter feedback, enganando o cérebro a "sentir" a textura de objetos tocados por esta mão.

Cérebros Digitais

Ian Pearson, em seu livro, *You Tomorrow*, escreveu sobre a possibilidade de se criar seres digitais baseados em informações neurológicas. Desta forma, poderia se fazer uma cópia digital de nossas mentes em um computador e ter uma vida em um formato digital. Como a Google contratou Ray Kurzweil para criar inteligência artificial controlada pelo cérebro, esta possibilidade pode não estar tão longe assim. Poderíamos estar, até agora, procurando pela receita da vida eterna nos lugares errados.

Sensores Vestíveis

A coleta de dados facilmente quantificáveis é a chave para uma saúde melhor, já que o futuro pertence a sensores engolíveis, implantáveis e vestíveis. Sensores vestíveis funcionam como uma e-pele fina (thin e-skin). Esses sensores poderão medir todos os parâmetros vitais importantes desde temperatura e biomarcadores sanguíneos até sintomas neurológicos por 24 horas por dia, transmitindo os dados para a nuvem ou ainda enviar em tempo real alarmes aos sistemas médicos quando, por exemplo um AVC está acontecendo. Poderá, ele mesmo, chamar uma ambulância e enviar imediatamente todos os dados relevantes. Encontramos exemplos que incluem sensores de hidratação para atletas e tecidos inteligentes que mudam de cor para indicar doenças.

4. Como se preparar para o futuro da medicina

1. Não importa se você é um paciente ou um profissional da saúde, siga as principais tendências e procure se atualizar, se utilizando das tecnologias digitais.
2. Procure constantemente por maneiras para melhorar a sua prática no caso de um profissional médico ou melhorar a sua saúde no caso de um paciente.
3. Adote o mundo digital de uma forma confortável e utilize as tecnologias que facilitam a sua vida e tecnologias que tornam seu trabalho mais eficiente.
4. Procure também por tendências e exemplos fora da área da saúde.
5. Qualquer utilização de soluções digitais na saúde deve estar apoiada por evidências obtidas por um grandes volumes de dados.

6. Na saúde, publicidade exagerada nunca foi nossa amiga. Procure analisar estrategicamente as tendências para, de uma forma significativa, extrapolar para o futuro.
7. Procure influenciar os tomadores de decisão caso a sua ideia possa fazer uma mudança. Seja ousado e use os canais de mídia social para disseminar a sua palavra.
8. Independente da importância que a tecnologia digital possa ter em nossas vidas, a chave para a relação médico-paciente é o contato humano.

5. Leituras Adicionais

- 1.Exploring Personal Genomics
- 2.Physics of the Future
- 3.Scienceroll.com
- 4.Social Media in Clinical Practice
- 5.The Medical Futurist Newsletter
- 6.The Singularity Is Near
- 7.Think Like a Futurist
- 8.You Tomorrow

6. Referências

- <http://3dprintingindustry.com/medical/>
- <http://4danatomy.com/>
- http://articles.courant.com/2013-08-03/health/hc-google-glass-0725-20130803_1_google-glass-hartford-hospital-device
- <http://biomedicalcomputationreview.org/content/smart-embedded-devices-here-they-come>
- <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>
- <http://diybio.org/>
- <http://e-patients.net/>
- <http://ehrintelligence.com/2013/04/16/a-winning-recipe-mhealth-highly-effective-when-it%E2%80%99s-a-game/>
- <http://epatientdave.com/>
- <http://gigaom.com/2013/10/03/want-to-see-google-glass-at-work-in-the-hospital-philips-accenture-offer-a-preview/>
- <http://gizmodo.com/scientists-can-now-3d-print-transplantable-living-kidn-1120783047>
- <http://glassomics.com/>
- http://igem.org/Main_Page

<http://io9.com/5846275/biotech-breakthrough-monkeys-can-feel-virtual-objects-using-a-brain-implant>

<http://jackandraka.net/>

<http://mashable.com/2013/03/21/robot-autism/>

<http://medcitynews.com/2013/10/innovative-eyeware-chases-diabetes-market-opportunity/>

<http://medicalfuturist.com/>

<http://mobihealthnews.com/25281/eight-ways-the-microsoft-kinect-will-change-healthcare/>

<http://motherboard.vice.com/blog/a-new-wi-fi-enabled-tooth-sensor-rats-you-out-when-youre-smoking-or-overeating>

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/8582161.stm>

http://news.cnet.com/8301-11386_3-57594417-76/intelligent-iknife-diagnoses-cancer-midsurgery/

<http://readwrite.com/2012/08/27/futurists-cheat-sheet-human-augmentation>

<http://scholar.google.hu/citations?user=HAsHCakAAAAJ&hl=en&oi=ao>

<http://sciencereoll.com/>

<http://sciencereoll.com/2009/01/23/mmvr17-the-salon/>

<http://sciencereoll.com/2013/06/29/google-glass-in-the-or-and-in-medical-education-becoming-a-disruptive-technology/>

<http://sciencereoll.com/2013/07/03/introducing-personal-medical-apps/>

<http://sciencereoll.com/2013/09/22/stanford-hospital-uses-telemedicine-steps-to-the-future-of-hospitals/>

http://sciencereoll.files.wordpress.com/2013/10/medical_infographic_final.jpg

<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/robot-companions-to-befriend-sick-kids-at-european-hospital>

<http://thecourse.webicina.com/>

<http://themedicalfuturist.com/newsletter/>

<http://theweek.com/article/index/246091/can-you-3d-print-drugs>

<http://venturebeat.com/2013/10/18/ibm-watson-fires-its-own-cancer-fighting-moonshot/>

<http://www-03.ibm.com/innovation/us/watson/>

<http://www.adheretech.com/>

<http://www.alivecor.com/>

<http://www.amazon.com/Exploring-Personal-Genomics-Joel-Dudley/dp/0199644497>

<http://www.amazon.com/Social-Media-Clinical-Practice-Bertalan/dp/1447143051>

<http://www.amazon.com/The-Singularity-Is-Near-Transcend/dp/0143037889>

<http://www.amazon.com/Think-Like-Futurist-Changes-Doesnt/dp/1118147820>

<http://www.anatmage.com/>

<http://www.bbc.com/future/story/20120223-will-we-ever-create-organs>

<http://www.curemd.com/home.asp>

<http://www.davincisurgery.com/>

<http://www.digitaltrends.com/computing/spotlight-on-ariel-garten-the-ceo-behind-interaxons-thought-controlled-brainchild/>

<http://www.digitaltrends.com/cool-tech/remee-lucid-dreaming-mask-review/>

<http://www.dummies.com/how-to/content/types-of-nanorobots-being-developed-for-use-in-hea.html>

<http://www.dvice.com/2013-7-28/heres-robot-can-draw-your-blood>

<http://www.elationemr.com/>

<http://www.engadget.com/2013/07/26/e-skin-tokyo-university/>

<http://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/6415/Continuous-Monitoring-Contact-Lenses--A-Moonshot-Proposal.aspx>

<http://www.equival.co.uk/>

<http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/UCM263366.pdf>

<http://www.fitbit.com/>

<http://www.forbes.com/sites/johnnosta/2013/07/06/ok-glass-save-a-life-the-application-of-google-glass-in-sudden-cardiac-arrest/>

<http://www.futurizon.com/>

<http://www.getmoreengagement.com/gamification/12-surprising-gamification-stats-for-2013>

<http://www.google.com/glass/start/>

<http://www.hindawi.com/journals/jr/2012/401613/>

<http://www.humanconnectome.org/>

<http://www.iec.ch>

<http://www.informationweek.com/healthcare/mobile-wireless/10-medical-robots-that-could-change-heal/240143983?pgno=2>

<http://www.informationweek.com/healthcare/patient/stanford-hospital-offers-doctor-visits-v/240161545>

<http://www.kurzweilai.net/craig-venters-biological-teleportation-device>

<http://www.kurzweilai.net/robots-in-the-bloodstream-the-promise-of-nanomedicine>

<http://www.kurzweilai.net/southern-californias-first-real-time-mri-guided-gene-therapy-for-brain-cancer>

<http://www.linkedin.com/today/post/article/20130621210834-19886490-announced-new-healthcare-platform?trk=mp-reader-card>

<http://www.lumosity.com/>

<http://www.mc10inc.com/>

<http://www.medgadget.com/2013/08/augmented-reality-ipad-app-guides-surgeons-during-tumor-removal.html>

http://www.medopad.com/medopad_Ltd/Medopad.html

<http://www.misfitwearables.com/>

<http://www.nanobiosym.com/about-us.html>

<http://www.nature.com/news/brain-decoding-reading-minds-1.13989>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3082131/>

<http://www.patientslikeme.com/>

<http://www.personalizedmedicinecoalition.org/>

<http://www.poppy-project.org/>

<http://www.popsci.com/science/article/2013-03/fastest-dna-sequencer?src=SOC&dom=fb>

<http://www.popsci.com/science/article/2013-07/how-3-d-printing-body-parts-will-revolutionize-medicine>

<http://www.popsci.com/technology/article/2013-07/how-it-works-3-d-printer-liver-tissue?src=SOC&dom=fb>

<http://www.popsci.com/technology/gallery/2013-08/10-amazing-high-tech-fabrics>

<http://www.practicefusion.com/>

<http://www.proteusdigitalhealth.com/>

<http://www.qualcommtricorderxprize.org/>

<http://www.sanointelligence.com/>

<http://www.scanadu.com/>

<http://www.sci.utah.edu/software/imagevis3d.html>

<http://www.sciencemag.org/content/341/6144/387>

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=diy-biotech-labs-undergo-makeovers>

<http://www.sermo.com/>

<http://www.smartwatchnews.org/top-5-smart-watches/>

<http://www.springer.com/medicine/book/978-1-4471-4305-5>

<http://www.technologyreview.com/news/410857/building-a-self-assembling-stomach-bot/>

<http://www.theatlanticwire.com/technology/2011/12/reality-3d-printed-body-parts/45649/>

<http://www.theverge.com/2013/7/11/4515788/darpa-unveils-6-foot-tall-humanoid-robot-atlas>

<http://www.ubergizmo.com/2013/05/3d-printed-bionic-ear-merges-cartilage-and-antenna/>

<http://www.webicina.com/>

<http://www.wired.co.uk/news/archive/2012-06/28/takram-artificial-organs>

<http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-02/11/ibm-watson-medical-doctor>

<http://www.wired.com/business/2013/04/kurzweil-google-ai/>

<http://www.youtube.com/watch?v=-x7S6scaU2w>

<http://www.youtube.com/watch?v=3BhbMPKcOnY>

<http://www.youtube.com/watch?v=cn9Q4c3dXGU>

<http://wyss.harvard.edu/viewpage/460>

<http://youtu.be/oIBtePb-dGY?t=37s>

https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_organ

https://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality

https://en.wikipedia.org/wiki/Haptic_technology

https://en.wikipedia.org/wiki/Humanoid_robot

https://en.wikipedia.org/wiki/Jack_Andraka

https://en.wikipedia.org/wiki/Medical_tricorder

<https://en.wikipedia.org/wiki/Nanorobotics>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Optogenetics>

https://en.wikipedia.org/wiki/Physics_of_the_Future

https://en.wikipedia.org/wiki/Powered_exoskeleton

https://en.wikipedia.org/wiki/Projection_keyboard

https://en.wikipedia.org/wiki/Regina_Holliday

https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_surgery

<https://en.wikipedia.org/wiki/Telemedicine>

https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Physiological_Human

https://kaggle2.blob.core.windows.net/competitions/kaggle/3199/media/Feeeling_better_Improving_patient_experience_in_hospital_Report.pdf

<https://novoed.com/mhealth/reports/52109>

<https://plus.google.com/+LarryPage/posts/Lh8SKC6sED1>

<https://plus.google.com/u/0/photos/111610054156442641763/albums/5933056803117893649/5933056805020785410?sqi=112606284619465498360&sqsi=cc3251bd-4405-461d-9eff-a4f5a043e94a&pid=5933056805020785410&oid=111610054156442641763>

<https://twitter.com/Berci>

https://www-304.ibm.com/connections/blogs/aim/entry/redesigning_the_patient_care_experience?lang=en

<https://www.drchrono.com/>

<https://www.humanbrainproject.eu/>

<https://www.smartpatients.com/>