

TELEMEDICINA EM CARDIOLOGIA: AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A CONSULTA REMOTA

Maria Yannick De Montreuil Carmona;
Bárbara Fernandes Maranhão;
Fabrícia Coutinho Nammur Guena;
Graziela Fumie Nogata;
Karen Karoliny Santini;
Marcelo Vianna de Lima;
Patrícia Almeida Lira Santos Veiga;
Thiago Rabello Santos;
Marcella dos Santos Pinto Chagas;
Geraldo José Bensabath Filho;
Romero Gomes de Lima

Resumo A telemedicina tem se consolidado como uma importante ferramenta no cuidado cardiovascular, especialmente após o impulso causado pela pandemia de COVID-19. Em cardiologia, a consulta remota tem permitido ampliar o acesso a especialistas, reduzir filas de espera e oferecer continuidade do cuidado em regiões remotas ou com escassez de recursos. Entre as principais vantagens da telemedicina destacam-se a conveniência para o paciente, a redução de custos com deslocamentos e internações, e a possibilidade de acompanhamento regular de pacientes com doenças cardiovasculares crônicas, como hipertensão arterial e insuficiência cardíaca. Além disso, a utilização de tecnologias como dispositivos portáteis para monitoramento da pressão arterial, frequência cardíaca e eletrocardiogramas tem contribuído para diagnósticos mais precisos e intervenções precoces. Contudo, existem limitações importantes a serem consideradas. A ausência do exame físico completo pode comprometer a acurácia diagnóstica em alguns casos, exigindo uma triagem criteriosa para definição da melhor modalidade de atendimento. A falta de infraestrutura tecnológica adequada, tanto por parte dos pacientes quanto dos serviços de saúde, representa uma barreira significativa, sobretudo em populações mais vulneráveis. Questões relacionadas à privacidade, confidencialidade dos dados e segurança da informação também são desafios éticos e legais que precisam ser enfrentados com regulamentação apropriada e investimento em sistemas seguros.

A interação médico-paciente na teleconsulta, embora eficaz em muitos casos, pode ser limitada pela falta de contato humano direto, afetando a construção da empatia e da confiança, especialmente em pacientes idosos ou com baixo letramento digital. Portanto, embora a telemedicina em cardiologia apresente benefícios consideráveis, ela deve ser vista como uma ferramenta complementar ao atendimento presencial, com diretrizes claras sobre suas indicações e limitações. O uso criterioso, aliado à capacitação dos profissionais e à inclusão digital dos pacientes, é essencial para garantir qualidade, equidade e segurança na assistência remota em cardiologia.

Palavras-chave: Telemedicina. Cardiologia. Serviços de saúde remotos. Cuidados cardiovasculares. Tecnologia da informação em saúde.

1. INTRODUÇÃO

Tecnologias avançadas com serviços de rede de qualidade permitem que indivíduos melhorem a prestação de cuidados de saúde e os tornem disponíveis para mais pessoas. A telemedicina é uma tecnologia benéfica que pode facilitar o tratamento preventivo e auxiliar a manutenção da saúde a longo prazo. Isso é verdadeiro para aqueles que enfrentam dificuldades financeiras ou regionais para receber tratamento de qualidade. A telemedicina tem o potencial de tornar os cuidados de saúde mais eficazes, organizados e disponíveis¹⁻³.

A pesquisa nesta área ainda está em estágios iniciais, mas se expandindo. Por exemplo, o atendimento por telefone e o telemonitoramento de sinais vitais em pessoas com doenças cardíacas diminuíram o risco de mortalidade e hospitalização e aumentaram a qualidade de vida. Existem várias razões convincentes para as pessoas obterem um diagnóstico ou plano de recuperação. Isso pode fazer com que os pacientes se sintam seguros de que estão recebendo um tratamento de qualidade. Trata-se de uma excelente alternativa para tratar

transtornos emocionais. Ela elimina algumas das causas que impedem os pacientes de receber o tratamento adequado¹⁻³.

Também permite que os pacientes recebam atenção médica na conveniência do médico. Isso pode significar que uma pessoa não precisa necessariamente deixar seu ambiente de trabalho ou providenciar cuidados infantis. Ir ao consultório médico corresponde à espera em ambientes fechados com outras pessoas, o que, muitas vezes, pode causar infecção. Isso é especialmente arriscado para pessoas que têm problemas médicos crônicos ou um sistema imunológico enfraquecido e evita a possibilidade de contrair uma infecção no ambiente hospitalar^{4,5}.

Provedores de serviços de telemedicina, por sua vez, podem ter taxas de despesas gerais mais baixas e descobrir que a telemedicina complementa sua renda, permitindo que cuidem de mais pacientes. Quando os profissionais atendem aos pacientes on-line não são expostos às infecções do próprio paciente, o que garante satisfação pela manutenção da saúde de ambos^{4,5}.

Esse recurso melhorou a capacidade dos profissionais de saúde de cuidar de muitas pessoas sem estarem fisicamente presentes. Embora a videoconferência introdutória tenha levado muitos profissionais à telessaúde, a nova onda de tecnologias de telemedicina mostra que tem muito mais a oferecer. Por exemplo, durante a consulta, os médicos podem usar o processamento de linguagem natural para fazer anotações automaticamente. O conhecimento coletado pelos instrumentos de saúde pode ser enviado a uma plataforma de nuvem, onde o provedor de saúde o consolida. Essas informações são então enviadas ao sistema utilizados por esse profissional para gerenciamento de pacientes. Os avanços mais recentes em tecnologias de telemedicina incluem a inteligência artificial (IA), para que os médicos possam atuar de forma mais eficaz. Essa tecnologia mantém os pacientes atualizados com dispositivos vestíveis e outros recursos de rastreamento remoto⁶⁻⁸.

A telemedicina é muito promissora para pacientes em áreas remotas. O efeito mais significativo é fornecido em vários países, onde as instalações de saúde são escassas e indisponíveis. Para garantir um histórico médico preciso, pacientes e médicos devem ter segurança de acesso. Algumas clínicas podem fornecer consultas virtuais com um médico por meio de videoconferência on-line. Quando uma visita pessoal não é necessária, esse tipo de consulta permite que eles continuem recebendo tratamento de um médico habitual⁹⁻¹¹.

Visitas baseadas na web com um médico ou enfermeiro são outra forma de consulta interativa. Como parte de suas ofertas de assistência médica, grandes corporações têm acesso a consultórios médicos automatizados. Por outro lado, um call center de enfermagem é composto por enfermeiros que usam um formato de perguntas e respostas para oferecer conselhos sobre tratamento em casa⁹⁻¹¹.

Outro recurso importante é a garantia de que os pacientes administrem o uso de seus medicamentos e relembrem suas consultas. Os pacientes também podem descrever seus sintomas aos médicos por e-mail, fazer uma série de autotestes e se inscrever em serviços de treinamento passo a passo, adaptados à sua condição específica. Para todos os cenários, a tecnologia eletrônica de saúde torna o controle de doenças crônicas mais fácil, simplesmente colocando aplicativos de monitoramento de cuidados e smartphones nas mãos dos pacientes^{12,13}.

2. UMA DEFINIÇÃO DE TELEMEDICINA

Telemedicina é um serviço relacionado à saúde que oferece auxílio por meio de tecnologias de informação eletrônica e telecomunicação. Refere-se a toda a coleção de entregas projetadas para habilitar pacientes e seus médicos. Tem uma variedade de usos, incluindo consultas on-line de pacientes, controle remoto, enfermagem de telessaúde e reabilitação física e psiquiátrica remota. Permite melhores escolhas de cuidados de saúde, aumenta a qualidade e o desempenho do serviço de emergência, reduz o tempo para fazer um diagnóstico e economiza custos para médicos e pacientes, otimizando procedimentos clínicos e reduzindo despesas de viagem para hospitais^{14,15}.

A telemedicina aumentou o acesso a instalações de saúde de alta qualidade. Os pacientes agora contam com serviços clínicos mais personalizados. Eles também podem conhecer os melhores provedores médicos usando software de aplicativo de vídeo, as consultas podem ser feitas à distância e os clínicos têm ferramentas mais adequadas para rede, armazenamento de dados, gerenciamento de relatórios e aproveitamento das habilidades específicas uns dos outros. Isso melhora a qualidade da prática médica, permitindo que os médicos gastem menos tempo e forneçam mais cuidados aos pacientes^{15,16}.

Também permite que especialistas em saúde privada melhorem a experiência do paciente, que deixam de enfrentar um longo tempo de espera, e facilita o acesso a informações do paciente de forma mais conveniente e eficiente em arquivos eletrônicos. As consultas remotas possibilitam que o médico otimize seu atendimento e dedique seu tempo para tratar um número maior de pessoas^{15,16}.

3. SISTEMAS DE SAÚDE E TELEMEDICINA

Os crescentes custos com saúde e a necessidade de melhor tratamento estão motivando mais hospitais a avaliar os benefícios da telemedicina, com o objetivo de melhorar as relações médico-paciente, principalmente os mais distantes, e aprimorar o uso das instalações de saúde. A telemedicina também promove melhor conectividade, o que resulta em menos readmissões hospitalares e pacientes aderindo aos planos de tratamento prescritos. A maior vantagem de contato da telemedicina se estende à comunicação médico-médico também, já que ela ajuda a construir redes de suporte para a troca de experiências e fornece melhores serviços de saúde. A telemedicina é uma forma de oferecer tratamento geralmente por meio de bate-papo por vídeo. Embora ainda existam obstáculos e críticas técnicas, a telemedicina pode complementar e aprimorar a experiência geral do paciente¹⁷⁻¹⁹.

4. A TELECARDIOLOGIA

A telecardiologia está gradualmente emergindo como um componente significativo dos cuidados cardiovasculares modernos, oferecendo inúmeros benefícios ao integrar a telemedicina à prática cardiológica. Um dos benefícios significativos da telecardiologia é a melhoria do acesso aos serviços de saúde e a conveniência que ela proporciona, principalmente para pacientes em áreas geograficamente isoladas ou rurais ou fisicamente limitadas, como pessoas com deficiência ou mesmo infecções transmissíveis²⁰.

Ao eliminar a necessidade de viagens extensas, a telecardiologia reduz significativamente o tempo e os custos associados, tornando mais fácil para os pacientes comparecerem às consultas e melhorando o comportamento de busca de saúde e seus resultados²¹. Além disso, a flexibilidade das consultas de telemedicina, que podem ser agendadas à noite ou nos fins de semana, acomoda as agendas lotadas dos pacientes, aumentando ainda mais a acessibilidade. Isso é benéfico para aqueles que, de outra forma, poderiam renunciar a check-ups regulares devido a desafios logísticos, garantindo cuidados contínuos e consistentes²².

Além da conveniência, a telecardiologia melhora o gerenciamento do paciente. Por meio dessa tecnologia, os cardiologistas podem rastrear os sinais vitais e detectar sinais precoces de complicações, permitindo intervenções oportunas com o uso do monitoramento remoto, como eletrocardiogramas (ECGs) e monitores de pressão arterial. O compartilhamento de dados da vida real com os médicos contribui para que os pacientes sejam notificados sobre sinais de alerta e padrões de ritmo anormais, fornecendo uma intervenção especializada oportuna antes de resultados potencialmente fatais, melhorando assim os índices globais de saúde²³.

O avanço tecnológico, por meio de tecnologia vestível e aplicativos móveis de saúde, contribui para um feedback em tempo real e gera uma população de pacientes mais engajada e informada. Essa abordagem proativa é essencial no gerenciamento de condições cardiovasculares crônicas, melhorando a adesão à medicação e educando os pacientes sobre práticas de autogerenciamento. Por isso, resultados clínicos promissores são associados à telecardiologia, incluindo redução de reinternações hospitalares, melhor qualidade de vida e aumento da satisfação do paciente, com a detecção precoce de doenças cardíacas, comportamento de busca de saúde e intervenção precoce²³.

As capacidades de intervenção precoce para condições como insuficiência cardíaca e arritmias revelam que os problemas potenciais são resolvidos antes que se transformem em condições mais graves²⁴. Isso também prova ser custo-efetivo, pois reduz os gastos com saúde com menos internações hospitalares e uso mais eficiente de recursos especializados. A telecardiologia, portanto, é uma parte vital da medicina preventiva, pois gera economias significativas a longo prazo, limitando procedimentos médicos caros e o custo de procurar serviços de saúde, como transporte, horários de trabalho perdidos e visitas ao pronto-socorro²⁵.

Mas ela não é isenta de desafios potenciais. O risco de agravamento da disparidade em saúde continua a ser uma preocupação significativa, especialmente entre as populações de baixa renda, devido ao custo de implementação, infraestruturas tecnológicas que suportam a telemedicina e alfabetização em saúde necessária para operação e conscientização. Além disso,

as preocupações com os dados confidenciais dos pacientes e com a privacidade representam barreiras à sua adoção. A integração da telecardiologia com os modelos tradicionais de atendimento presencial ajuda a criar uma abordagem coesa e abrangente para o gerenciamento da saúde cardiovascular²⁵.

5. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS EM TELECARDIOLOGIA

O universo da telecardiologia continua a evoluir com os avanços tecnológicos. Inovações tecnológicas significativas, principalmente em dispositivos de monitoramento remoto, podem ser observadas. Os avanços nas telecomunicações, incluindo a melhoria da largura de banda e da internet, facilitaram consultas por vídeo de alta qualidade, transmissão e análise de dados em tempo real e protocolos de segurança robustos. Isso aprimorou ainda mais a videoconferência precisa e confiável, tornando as consultas em tempo real e a transmissão segura de dados mais confiáveis. Esses avanços permitem que os cardiologistas realizem exames e consultas virtuais completas, que são equivalentes a visitas presenciais, ampliando assim o acesso a cuidados especializados e intervenções oportunas²³.

Uma área da telecardiologia que está ganhando mais atenção é a plataforma de telerreabilitação, que fornece um programa de reabilitação cardíaca remoto e estruturado, incluindo orientação de exercícios e monitoramento do progresso, especialmente em pacientes com eventos cardíacos significativos, como infarto do miocárdio, insuficiência cardíaca ou arritmias de debilitação. Esse recurso auxilia no processo de recuperação, assim como na prevenção secundária. A plataforma de telerreabilitação aumenta o envolvimento e a reabilitação do paciente devido à sua conveniência e menos preocupações logísticas, que podem dificultar a participação pessoal. Isso contribuiu para a aceitação de programas de cardioreabilitação e consequentemente a melhores resultados de saúde²⁶.

Tecnologias emergentes como a realidade virtual para exercícios imersivos de reabilitação cardíaca e o desenvolvimento de dispositivos de monitoramento implantáveis também recursos promissores para a evolução da telecardiologia, com a realização de possíveis cirurgias remotas e cuidados preventivos mais personalizados, que serão uma realidade no futuro. Essas inovações reforçam o impacto transformador da tecnologia avançada nos cuidados cardiovasculares, o que melhora os resultados e expande o acesso a intervenções que salvam vidas. O uso de telemedicina e serviços móveis ajuda a preencher a lacuna geográfica entre pacientes e profissionais de saúde, assim como o comportamento de busca de saúde, o que é fundamental para a recuperação cardiovascular²⁷.

Ao mesmo tempo, a IA emergiu como um componente relevante na telecardiologia, aprimorando o diagnóstico por imagem, particularmente na análise de dados de ECG e detecção de anormalidades, o que aprimora o diagnóstico precoce e a intervenção de patologias cardíacas. Os algoritmos de IA podem processar rapidamente grandes quantidades de dados cardiovasculares, incluindo a identificação de padrões de alerta, capazes de indicar condições potencialmente fatais, como fibrilação atrial ou infarto do miocárdio, com precisão significativa²⁸.

Essa capacidade otimizou a precisão do diagnóstico e facilitou as intervenções oportunas, o que gera um valor prognóstico crítico para o gerenciamento de eventos cardíacos agudos e condições crônicas. A análise preditiva orientada por IA pode antecipar a identificação de possíveis problemas de saúde, facilitando o uso de medidas preventivas que podem melhorar os resultados dos pacientes e, por sua vez, reduzir os custos de saúde²⁸.

A integração de tecnologias de saúde móvel (mHealth) expandiu ainda mais o escopo da telecardiologia. Os aplicativos para smartphones agora desempenham um papel essencial na coleta de dados, adesão à medicação e educação do paciente, capacitando-os a participar ativamente de seus cuidados. Esses aplicativos podem monitorar sinais vitais, servir como lembretes para o uso de medicamentos, aperfeiçoando assim a adesão à medicação e oferecendo recursos educacionais sobre o gerenciamento de doenças cardíacas. Ao promover uma abordagem colaborativa para os cuidados de saúde, as tecnologias de mHealth ajudam pacientes e provedores a trabalharem juntos e de forma mais eficaz para gerenciar a saúde cardiovascular²⁸.

A cardiotecnologia vestível é outro recurso potencial da telecardiologia, com o advento de dispositivos como smartwatches e rastreadores de fitness, que usam sensores embutidos capazes de monitorar a frequência cardíaca e os níveis de atividade, além de detectar ritmos cardíacos irregulares, como fibrilação atrial, potencialmente melhorando o comportamento precoce de busca de saúde, intervenção e resultados favoráveis. Esses dispositivos também podem fornecer dados de saúde contínuos, que são compartilhados com profissionais de saúde em tempo real, permitindo um atendimento mais responsivo e personalizado. É importante

observar que alguns desses dispositivos podem armazenar informações que são compartilhadas com o cardiologista durante as consultas, auxiliando no diagnóstico e tratamento de condições médicas. A capacidade de monitoramento contínuo é particularmente benéfica para pacientes com condições cardiovasculares crônicas, pois permite a detecção precoce de possíveis problemas e intervenções oportunas²⁹.

Além dessas inovações, as melhorias na computação em nuvem agora facilitam o acesso e a análise de grandes conjuntos de dados armazenados, usados para rastrear os resultados dos pacientes ao longo do tempo, identificar tendências e formular planos de tratamento personalizados. Isso também colabora para uma melhor comunicação e compartilhamento de dados entre os profissionais de saúde e aprimora a abordagem de saúde coordenada e colaborativa²⁹.

6. MAIS DETALHES SOBRE OS DISPOSITIVOS DISPONÍVEIS

6.1 Dispositivos eletrônicos cardíacos implantáveis

Dispositivos eletrônicos implantáveis permanentes têm sido usados em cardiologia por muitas décadas – primeiro marcapassos cardíacos, depois desfibriladores cardíacos implantáveis (CDI) e dispositivo de terapia de ressincronização cardíaca (TRC). A abordagem mais direta para monitoramento remoto é adquirir dados de um dispositivo já implantado por meio de um transmissor (fornecido para o paciente) e tecnologia de comunicação que permite transferência remota de dados. Nos últimos anos, foi desenvolvida uma funcionalidade de smartphone, que permite a comunicação com dispositivos implantados via Bluetooth³⁰.

Por muito tempo, essa aquisição de dados tem sido usada para detectar problemas técnicos, como nível baixo de bateria, disfunção do eletrodo ou defeitos de isolamento. Atualmente, o dispositivo também pode ser usado para avaliar o estado clínico dos pacientes, como alterações na frequência cardíaca (incluindo o início de arritmias), frequência respiratória ou atividade física. O monitoramento remoto pode levar à otimização adicional dos eletrodos do CDI e menores chances de choque inapropriado³¹.

Teoricamente, estratégias de monitoramento remoto podem resultar em menos visitas ao hospital ou clínica – somente quando necessário vs. de acordo com o cronograma – e na detecção oportuna de eventos adversos³². Como consequência, o monitoramento remoto deve resultar em menor custo de atendimento e em maiores taxas de sobrevivência ou, pelo menos, em melhor qualidade de vida. A maioria dos especialistas concorda que essas transmissões devem ocorrer a cada três meses, o que é mais frequente do que as visitas de acompanhamento recomendadas. O tipo de dados transmitidos e a frequência da transmissão dependem do tipo de dispositivo, das indicações para sua implantação (prevenção secundária vs. primária) e do estado clínico do paciente³².

Resultados de vários estudos clínicos parecem apoiar este conceito. O ensaio IN-TIME³³ é um dos poucos que demonstrou benefícios clínicos reais para pacientes monitorados remotamente, como menor mortalidade. Os pacientes que mais se beneficiaram foram aqueles com histórico de fibrilação atrial (FA). De fato, o início da FA foi o evento que mais levou à intervenção médica.

Em uma meta-análise de pacientes com insuficiência cardíaca (IC) e um CDI com função de telemonitoramento, a mortalidade por todas as causas e as hospitalizações foram significativamente reduzidas³⁴. Resultados semelhantes foram fornecidos pelos estudos EFFECT³⁵ e ALTITUDE³⁶. De acordo com os achados, o monitoramento remoto de dispositivos implantáveis é indicado em casos de suspeita de FA, em pacientes com IC e baixa fração de ejeção e quando há problemas técnicos conhecidos com o dispositivo ou qualquer um de seus componentes.

Também foi identificado que a monitorização remota resulta em custos mais baixos sem comprometer a sobrevivência do paciente³⁷. Esta descoberta em si é muito importante, dado o número cada vez maior de pacientes com IC e a quantidade de recursos humanos e econômicos necessários para os diagnosticar e tratar. Qualquer solução que possa levar a custos mais baixos ou a uma melhor alocação de recursos resultaria em economias significativas regionais ou nacionais³⁸. A padronização dos dados registados por dispositivos de diferentes fabricantes é um problema persistente. É necessário permitir um acesso descomplicado aos dados para todos os médicos, uma vez que a incapacidade de alguns profissionais de saúde de adquirir determinados dados pode comprometer a segurança do paciente³⁹.

6.2 Dispositivos vestíveis

Outra abordagem para monitoramento remoto é usar um dispositivo vestível externo, que foi projetado especificamente para essa finalidade. Avanços recentes em eletrônicos de chipset e tecnologia de sensores tornaram esses dispositivos acessíveis e eficientes. Eles podem fornecer informações que levam à intervenção médica ou hospitalização. Além disso, eles tornam o atendimento remoto possível, aumentando assim os padrões de saúde para populações rurais^{40,41}.

Um sistema de monitoramento remoto por meio de um dispositivo vestível é geralmente composto por quatro elementos: o próprio dispositivo, uma rede, uma interface de comunicação, que permite a transferência de dados, e uma plataforma analítica, que integra grandes quantidades de dados e identifica informações importantes. Os primeiros dispositivos vestíveis usados para monitoramento remoto cardíaco foram monitores Holter. Atualmente, seu tamanho e tempo limitado de operação os tornam muito menos eficientes do que os designs mais recentes. As novas soluções podem ser divididas em dois grupos: aquelas que combinam um sensor e um transmissor de sinal remoto e aquelas que exigem outro dispositivo (geralmente um smartphone) para transmissão remota de dados⁴².

O design dos sensores usados para dispositivos vestíveis pode variar, mas eles consistem em adesivos ou pulseiras e, às vezes, em uma sonda conectada ao telefone. Na maioria das vezes, registram o eletrocardiograma (ECG) e a pressão arterial e, em alguns casos, também a saturação de oxigênio. Além do sinal de ECG padrão, o método mais comumente usado para registrar a frequência cardíaca é o balistocardiograma, que detecta o movimento repetitivo do corpo causado pela ejeção de sangue a cada batimento cardíaco⁴³.

Outras técnicas, como fonocardiografia e sismocardiografia, também são usadas e podem fornecer sinais significativos. Há também um sistema para registrar ECG por meio de um único eletrodo torácico. Ele provou ser mais eficiente na detecção de arritmias do que o monitoramento Holter padrão – possivelmente devido à sua bateria de 14 dias de duração. Este sistema só permite que os dados sejam analisados após o término do período de gravação^{43,44}.

Existem também vários dispositivos disponíveis comercialmente, que permitem que os dados sejam analisados em tempo real tanto para o médico remoto quanto para o paciente. No Apple Heart Study^{45,46}, um sistema baseado em smartwatch identificou com sucesso frequências cardíacas irregulares em 0,5% da população do estudo, composta por 419.237 pacientes. O monitoramento remoto de ECG baseado em patch subsequente – o realizado com sucesso em 450 pacientes com FC irregular – revelou FA em 33% desses casos. O progresso feito no campo de dispositivos vestíveis pode ser ilustrado pela introdução de têxteis de monitoramento de ECG e, em seguida, desfibriladores cardioversores vestíveis que podem ser mais adequados para alguns subconjuntos de pacientes do que os CDIs convencionais^{47,48}.

6.3 Sistemas baseados em smartphones

Dados de ECG, pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e peso corporal podem ser obtidos por um dispositivo externo e transferidos para um smartphone compatível. Além disso, os fabricantes de smartphones também oferecem medições de FC e PA usando apenas a câmera do telefone. Este método usa fotopletiografia – luz infravermelha absorvida de forma diferente por diferentes tecidos. O detector é capaz de medir a quantidade de sangue que flui pelas artérias. As medições de FC assim obtidas provaram ser confiáveis e correlacionadas bem com o ECG⁴⁹.

Existem designs baseados em smartphones – usando sistemas de sensores de diodo-câmera – que demonstraram mais de 90% de precisão, sensibilidade e especificidade na detecção de FA, bem como contrações atriais e ventriculares prematuras^{50,51}. Os sistemas de oximetria de pulso para smartphones, baseados em câmera e sonda, também provaram ser não inferiores aos métodos padrão⁵². Embora o manguito inflável clássico continue sendo um padrão ouro para medição da PA, existem vários designs baseados em smartphones que usam vários tipos de sensores com resultados precisos. Eles incluem acelerômetros, sensores de dedo, sensores microfluídicos, além de sismo e balistocardiografia^{53,54}. Também foram feitas tentativas de usar dados derivados de sistemas de monitoramento remoto para estimar a aptidão cardiorrespiratória e a exposição ao estresse – parâmetros importantes na quantificação do risco de insuficiência cardíaca e eventos isquêmicos, respectivamente^{55,56}.

Em uma pesquisa conduzida por Sohn et al⁵⁷, 60% dos pacientes com IC mostraram interesse em um aplicativo de smartphone projetado para eles. O interesse no dispositivo foi correlacionado com o estágio mais avançado da doença e negativamente correlacionado com a idade do paciente. Em um estudo conduzido entre profissionais de saúde na Austrália, foram

identificados elementos-chave de um sistema baseado em smartphone para monitorar pacientes após síndrome coronariana aguda (SCA). Eles incluíram educação sobre dieta e sintomas, medição de peso e pressão arterial, além do monitoramento de dor e estado emocional. Os participantes identificaram a importância da videoconferência em tempo real. A idade avançada e os baixos níveis de educação foram identificados como obstáculos potenciais ao uso generalizado de sistemas baseados em smartphone⁵⁸.

Os níveis mais altos de precisão diagnóstica foram obtidos usando smartphones modernos de ponta, portanto, mais caros, e algoritmos de processamento de dados muito sofisticados, incluindo aprendizado de máquina, para discernir sinal de artefato⁵⁹. Espera-se que em condições da vida real – como, por exemplo, o uso generalizado de designs de smartphones mais antigos e simples – a qualidade dos dados seja menor. Consequentemente, a medição da pressão arterial usando apenas um smartphone ainda é considerada não confiável e propensa a erros na literatura científica⁶⁰.

7. BENEFÍCIOS DO MONITORAMENTO REMOTO

Como em qualquer outro campo da medicina, evidências de ensaios clínicos são necessárias para avaliar de forma confiável tratamentos administrados ou modalidades de diagnóstico em termos de benefícios para o paciente – se não em termos de sobrevivência, pelo menos em relação à qualidade de vida. Existem três principais áreas da cardiologia onde as evidências em apoio ao monitoramento remoto parecem ser as mais fortes: gerenciamento de fatores de risco cardiovascular, detecção e tratamento de arritmias e monitoramento de pacientes com insuficiência cardíaca⁶¹⁻⁸⁸.

7.1 Gestão de fatores de risco

Dado o enorme número de mortes que podem ser atribuídas à doença arterial coronariana (DAC), a identificação e (quando possível) a modificação de fatores predisponentes bem conhecidos da aterosclerose foi proposta como a estratégia de prevenção eficaz. Vários fatores de risco cardiovascular, como pressão arterial, peso corporal ou nível de atividade física, são relativamente fáceis de medir, quantificar e modificar – tudo isso os tornam alvos ideais para monitoramento e intervenção remotos⁶¹.

As intervenções de saúde móvel foram positivamente correlacionadas com menor PA, cessação do tabagismo e aumento da atividade física, todos considerados fatores de risco relevantes da DAC⁶¹. Em alguns estudos, as teleconsultas levaram a reduções mensuráveis dos fatores de risco de DAC⁶². No estudo de Margolis et al⁶³, as medições de pressão arterial controladas remotamente resultaram em valores de pressão arterial mais baixos, em comparação com o tratamento padrão.

Burke et al⁶⁴ avaliaram ensaios com intervenções bem-sucedidas, por meio de aplicativos de smartphone para redução de peso, níveis de lipídios, pressão arterial, atividade física e cessação do tabagismo. Porém, nota-se que em muitos casos um dispositivo adicional foi necessário, a exemplo do aparelho de ECG. A comunicação eficiente por meio de transmissão de voz, site, transmissão de mensagens ou face a face foi importante para que a intervenção fosse eficiente. Metodologias diversas e tamanhos de amostra pequenos, no entanto, dificultaram a comparação ou generalização dos resultados. Abordar apenas um fator de risco de DAC – o que a maioria dos aplicativos fazem – também é insuficiente para reduzir substancialmente um risco aumentado da doença.

7.2 Detecção e gerenciamento de arritmia

O registro e a análise de ECG foram um dos primeiros métodos testados no cenário de gerenciamento remoto. Como a identificação automática do ritmo cardíaco agora pode ser realizada com alto grau de confiança, espera-se que a detecção de arritmia possa ser realizada com sucesso via monitoramento remoto. No ensaio REM HF⁶⁵, realizado em pacientes com IC e um dispositivo implantado, o monitoramento remoto de pacientes com fibrilação atrial (FA) foi comparado ao tratamento padrão. O uso de monitoramento remoto resultou em mais intervenções (visitas, hospitalizações, etc.), mas não foram detectadas diferenças na mortalidade entre o grupo monitoramento remoto e o grupo de tratamento padrão.

Na subanálise dos pacientes com FA deste ensaio, vários parâmetros foram levados em consideração. A FA detectada foi qualificada como nenhuma, paroxística ou contínua. A carga de FA (quantidade de tempo gasto com FA) e a incidência de FA subclínica (não sentida pelo paciente) também foram analisadas⁶⁶. Porém, o uso de anticoagulação e a incidência de eventos tromboembólicos não foram analisados especificamente. Conforme apontado por especialistas

que analisaram os resultados do estudo REM HF, é razoável pensar que pacientes com FA se beneficiam do monitoramento remoto, mas os benefícios não são o tipo de eventos que foram pré-especificados para serem analisados neste estudo⁶⁷.

Esses efeitos potenciais podem incluir, por exemplo, a detecção mais precoce de FA nova ou subclínica, melhor avaliação de sintomas potencialmente relacionados à FA, avaliações mais detalhadas do potencial agravamento da insuficiência cardíaca e análise mais detalhada da razão de estimulação biventricular em pacientes com TRC⁶⁸.

Foi demonstrado que o monitoramento remoto é superior ao monitoramento Holter convencional no diagnóstico de FA em pacientes após acidente vascular cerebral ou ataque isquêmico transitório (AIT)⁶⁹. Porém, nem todos os episódios de alta frequência atrial detectados por uma única derivação representam FA. Ainda não foi determinado se os pacientes com essas arritmias detectadas apenas pelo monitoramento remoto estão de fato em maior risco de acidente vascular cerebral e devem receber tratamento anticoagulante⁷⁰. Existem ensaios em andamento para responder a essa questão, mas até agora o significado da FA silenciosa ainda é desconhecido^{71,72}. Segundo especialistas, o monitoramento remoto de ECG é particularmente benéfico para pacientes com sintomas de ocorrência rara (menos de uma vez por dia) que podem ser causados por arritmias⁷³.

7.3 Monitoramento de pacientes com insuficiência cardíaca

Houve uma série de estudos avaliando o monitoramento remoto de pacientes com IC. Em muitos, foram usados dispositivos exclusivos ou ferramentas analíticas que foram projetados para essa finalidade. Como exemplo, um algoritmo especial Heart Logic⁷⁴ foi desenvolvido para diagnosticar condições relacionadas à IC. O sistema provou ser capaz de detectar eventos clinicamente relevantes, e a estratégia baseada em alertas pareceu mais eficiente do que um esquema de acompanhamento padrão baseado em cronograma. Da mesma forma, no programa Triage HF plus⁷⁵, um dispositivo vestível combinado com uma entrevista por telefone provou ser uma estratégia viável e útil para pacientes com IC.

O TIM HF⁷⁶ e o TIM HF2⁷⁷ foram grandes ensaios que avaliaram o monitoramento remoto de pacientes com insuficiência cardíaca. No TIM HF, o monitoramento remoto de pacientes ambulatoriais com IC crônica não foi associado a uma redução na mortalidade por todas as causas, quando comparado ao tratamento padrão, enquanto o TIM HF2 constatou que uma intervenção estruturada de gerenciamento remoto de pacientes, quando usada em uma população bem definida de insuficiência cardíaca, pode reduzir a porcentagem de dias perdidos devido a admissões hospitalares cardiovasculares não planejadas e mortalidade por todas as causas.

No maior estudo que avaliou o benefício da RM em pacientes com IC – o REM HF⁶⁵ – não foram encontradas diferenças significativas entre os pacientes que usaram monitoramento remoto e aqueles no plano de tratamento padrão. Os desfechos analisados neste estudo incluíram morte e hospitalização, resultantes de causas cardiovasculares e não cardiovasculares. O monitoramento remoto também foi comparado ao tratamento padrão no estudo RESULT⁷⁸. Ambos os grupos demonstraram mortalidade semelhante, mas a incidência de hospitalizações foi menor no grupo de tratamento remoto.

Um programa de reabilitação híbrida que consiste em visitas padrão e monitoramento remoto do treinamento foi testado no estudo de Piotrowicz et al⁷⁹. Ele provou ser mais eficaz do que o tratamento padrão – em termos de aumento do consumo de oxigênio e pontuação em um questionário de qualidade de vida. As taxas de mortalidade e hospitalização não foram diferentes de um grupo que passou por um programa de reabilitação padrão. A telerreabilitação híbrida é segura e viável para pacientes com vários níveis de IC⁸⁰. Foi a única solução segura e recomendada durante a pandemia de COVID-19⁸¹. Por outro lado, no estudo BEAT HF⁸², realizado em pacientes hospitalizados por IC, as ligações telefônicas combinadas de coaching de saúde e o telemonitoramento não reduziram as readmissões de 180 dias.

Em alguns casos de pacientes com IC sintomática, a monitorização invasiva dos parâmetros hemodinâmicos é indicada. O sensor de insuficiência cardíaca CardioMEMS é um dispositivo implantado que mede a pressão da artéria pulmonar e envia os resultados para um transmissor externo. Seu uso se mostrou seguro, reduziu o número de hospitalizações e resultou em melhor qualidade de vida^{83,84}. Outros dispositivos implantáveis que medem a pressão do ventrículo direito e a pressão do átrio esquerdo também foram propostos⁸⁵. Uma abordagem que está sendo avaliada é a medição não invasiva dos parâmetros hemodinâmicos em função da impedância torácica⁸⁶.

Esses estudos permitem concluir que não há benefícios claros do monitoramento remoto em termos de mortalidade geral. Várias razões foram observadas, incluindo seleção de pacientes – inclusão de pacientes de baixo risco com baixa taxa de eventos – e problemas de conformidade. Porém, para alguns subgrupos ou até mesmo para a maioria dos pacientes, o monitoramento remoto pode melhorar a qualidade de vida, por exemplo, devido à hospitalização ou visitas clínicas menos frequentes. Ao que tudo indica, programas de monitoramento remoto bem estruturados, como designs híbridos que consistem em visitas padrão e atendimento remoto, podem ser os mais úteis^{65,76-79}.

7.4 Monitoramento de Isquemia e Síndromes Coronárias Agudas

Isquemia e síndromes coronárias agudas são, pelo menos em alguns casos, relativamente fáceis de detectar na análise automática de ECG. Portanto, é possível notar que até agora não há provas de que o monitoramento remoto para alterações isquêmicas seja benéfico para os pacientes. Por exemplo, em um estudo conduzido por Saleem et al⁸⁷, a telemetria de internação não forneceu nenhuma informação útil para prever eventos coronários de curto prazo ou mortalidade, ou para prever mortalidade de longo prazo em pacientes de baixo risco hospitalizados com dor no peito. Considera-se que a detecção de um único evento coronário agudo possa exigir o monitoramento de um grande grupo de pacientes por um longo período, o que contrasta com a detecção de episódios de FA – que em alguns pacientes podem ocorrer várias vezes por semana. Por isso, espera-se que estudos de grandes grupos pesquisados por um longo período possam de fato provar a validade do conceito.

7.5 Dispositivos e programas para grupos pré-especificados de pacientes

Em colaboração com centros clínicos, alguns fabricantes, desenvolveram dispositivos ou conjuntos de dispositivos especialmente projetados para o monitoramento remoto de subgrupos pré-especificados de pacientes cardiológicos. Um sistema de vários dispositivos, incluindo monitor de pressão arterial, termômetro, balança, relógio de contagem de passos, dispositivo de ECG de derivação única, dispositivo de ECG de 12 derivações e oxímetro de pulso foi proposto para monitorar remotamente pacientes pós-enxerto de revascularização do miocárdio⁸⁸.

Da mesma forma, um programa baseado em smartphone foi proposto para pacientes pós-SCA. Ele inclui monitoramento de dor e peso corporal, consultas dietéticas e comunicação online com um profissional de saúde⁸⁸. Esses dispositivos usados em grupos selecionados têm o potencial de demonstrar benefícios reais para os grupos nos quais são usados^{58,88}.

8. RESULTADOS DE PROGRAMAS E INICIATIVAS EM TELECARDIOLOGIA

A adoção da telemedicina ganhou reconhecimento desde a pandemia da COVID-19, devido a um sistema de saúde saturado na época, e seu uso se tornou proeminente por meio de esforços globais para reduzir a propagação do vírus. Porém, essa não foi exatamente a sua origem. A telemedicina foi fundamental no gerenciamento de grandes surtos epidêmicos históricos, como a epidemia de síndrome respiratória aguda grave (SARS) em Taiwan, as pandemias de gripe H1N1 e H7N9 na China e os surtos de síndrome respiratória do Oriente Médio (MERS). Semelhante à adoção durante a pandemia de COVID-19, ela foi usada como um meio alternativo de vigilância de doenças, monitoramento de pacientes e acompanhamento, ao mesmo tempo em que continha a propagação da doença. Por meio da telemedicina, os pacientes ainda podem acessar o sistema de saúde remotamente e com segurança, sem se expor ao vírus^{89,90}.

Na África Subsaariana, os programas de telemedicina historicamente apoiaram e fortaleceram a prestação de cuidados de saúde, a educação em saúde do paciente e do profissional e a prevenção e vigilância de doenças^{89,90}. Por exemplo, semelhante a outras pandemias, a telemedicina desempenhou um papel crítico durante o surto do vírus Ebola, ajudando a limitar a propagação da doença, ao mesmo tempo em que forneceu uma plataforma para vigilância e tratamento de emergência. A primeira adoção da telemedicina na Etiópia em 1980, sob o projeto HealthNet⁸⁹.

Nos Estados Unidos, a telemedicina continua a exercer impacto na cardiologia, em parte devido à prevalência de doenças cardiovasculares. Programas de monitoramento domiciliar para pacientes cardiológicos provaram ser eficazes, especialmente para aqueles com condições cardíacas crônicas, como insuficiência cardíaca ou ritmos cardíacos anormais⁹¹. Esses programas facilitam a videoconferência, a aquisição de dados em tempo real e o compartilhamento com médicos para interpretação e gerenciamento⁹². Dispositivos de

telemedicina, monitores de pressão arterial e cardioversores-desfibriladores implantáveis, reduziram as taxas de mortalidade. Alguns programas de monitoramento de telemedicina domiciliar reduziram as reinternações hospitalares em 44% e economizaram mais de US\$ 10 milhões^{92,93}, além de aprimorarem a eficiência da saúde, permitindo que a equipe médica atenda a mais pacientes simultaneamente⁹².

Durante a pandemia de COVID-19, muitos hospitais e clínicas fizeram a transição para a telemedicina para mitigar a propagação do vírus. Dados de um estudo registraram uma redução de 80% nas visitas presenciais e um aumento de 683% nas visitas de telemedicina entre março e abril de 2020. As unidades de terapia intensiva eletrônicas (e-UTIs) permitiram que os médicos monitorassem e gerenciassem grandes cargas de pacientes simultaneamente⁹⁴. Unidades móveis de saúde domiciliar também estão sendo desenvolvidas para avaliar e gerenciar com segurança os pacientes que podem voltar para casa, reduzindo a saturação e a superlotação das salas de emergência⁹².

Na cardiologia, a telemedicina revolucionou o gerenciamento de condições cardiovasculares crônicas por meio do monitoramento remoto de pacientes e gerenciamento em tempo real. Pacientes com insuficiência cardíaca, arritmias e hipertensão se beneficiam do monitoramento remoto e da transmissão de dados em tempo real para seus profissionais de saúde. Esse monitoramento contínuo permite intervenções oportunas, reduzindo o risco de eventos adversos potencialmente fatais. Por exemplo, dispositivos cardíacos implantáveis podem transmitir dados sem fio para profissionais de saúde, o que permite a detecção precoce de arritmias e outros eventos cardíacos, levando a ajustes imediatos no tratamento e melhores resultados para os pacientes⁹².

Além disso, a telemedicina facilita a reabilitação cardíaca, um componente essencial do cuidado de pacientes em recuperação de eventos cardíacos. A telecardiologia fornece aos pacientes planos de exercícios personalizados, recomendações dietéticas e consultas virtuais regulares com profissionais de saúde por meio de programas remotos de reabilitação cardíaca. Essa abordagem ajudou a melhorar a adesão aos protocolos de reabilitação e melhorar a recuperação, especialmente para pacientes remotos, isolados ou carentes²⁶.

Também se mostrou valiosa em regiões rurais e carentes com acesso limitado a cuidados especializados em cardiologia. Consultas e diagnósticos remotos permitem que os cardiologistas estendam seus conhecimentos a pacientes que, de outra forma, enfrentariam barreiras significativas ao atendimento. Essa maior acessibilidade, certamente, tem o potencial de reduzir as disparidades nos resultados de saúde cardiovascular⁹².

REFERÊNCIAS

1. Wilson LS, Maeder AJ. Recent directions in telemedicine: review of trends in research and practice. *Healthcare Inform Res.* 2015;21(4):213.
2. Hajesmaeel-Gohari S, Bahaadinbeigy K. The most used questionnaires for evaluating telemedicine services. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2021;21(1):1.
3. Lupton D, Maslen S. Telemedicine and the senses: a review. *Sociol Health Illn.* 2017;39(8):1557–71.
4. Sarhan F. Telemedicine in healthcare. 1: exploring its uses, benefits and disadvantages. *Nurs Times.* 2009;105(42):10–3.
5. Moghadas A, Jamshidi M, Shaderam M. Telemedicine in healthcare system. In: *World Automation Congress*; 2008; IEEE; 2008:1–6.
6. Chunara R, Zhao Y, Chen J, Lawrence K, Testa PA, Nov O, Mann DM. Telemedicine and healthcare disparities: a cohort study in a large healthcare system in New York City during COVID-19. *J Am Med Inform Assoc.* 2021;28(1):33–41.
7. Flumignan CD, Rocha AP, Pinto AC, Milby KM, Batista MR, Atallah A.N., Saconato H. What do Cochrane systematic reviews say about telemedicine for healthcare? *Sao Paulo Med J.* 2019;137(2):184–92.
8. Kaspar BJ. Legislating for a new age in medicine: defining the telemedicine standard of care to improve healthcare in Iowa. *Iowa Law Rev.* 2013;99:839.

9. Rockwell KL, Gilroy AS. Incorporating telemedicine as part of COVID-19 outbreak response systems. *Am J Manag Care*. 2020;26(4):147–8.
10. Bashshur R, Shannon G, Krupinski E, Grigsby J. The taxonomy of telemedicine. *Telemed e-Health*. 2011;17(6):484–94.
11. Funderskov KF, Boe Danbjørg D, Jess M, Munk L, Olsen Zwisler AD, Dieperink KB. Telemedicine in specialised palliative care: healthcare professionals and their perspectives on video consultations—a qualitative study. *J Clin Nurs*. 2019;28(21–22):3966–76.
12. Lokkerbol J, Adema D, Cuijpers P, Reynolds III CF, Schulz R, Weehuizen R, Smit F. Improving the cost-effectiveness of a healthcare system for depressive disorders by implementing telemedicine: a health economic modeling study. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2014;22(3):253–62.
13. Charles BL. Telemedicine can lower costs and improve access. *Healthc Financ Manag*. 2000;54(4):66.
14. Weinstein RS, Lopez AM, Joseph BA, Erps KA, Holcomb M, Barker GP, Krupinski EA. Telemedicine, telehealth, and mobile health applications that work: opportunities and barriers. *Am J Med*. 2014;127(3):183–7.
15. Parimbelli E, Bottalico B, Losiouk E, Tomasi M, Santosuosso A, Lanzola G, Quaglini S, Bellazzi R. Trusting telemedicine: a discussion on risks, safety, legal implications and liability of involved stakeholders. *Int J Med Inform*. 2018;112:90–8.
16. Wang X, Zhang Z, Zhao J, Shi Y. Impact of telemedicine on healthcare service system considering patients' choice. *Discrete Dyn Nat Soc*. 2019;2019.
17. Albahri AS, Alwan JK, Taha ZK, Ismail SF, Hamid RA, Zaidan AA, Albahri OS, Zaidan BB, Alamoodi AH, Alsalem MA. IoT-based telemedicine for disease prevention and health promotion: state-of-the-art. *J Netw Comput Appl*. 2021;173:102873.
18. Bashshur RL, Shannon GW, Krupinski EA, Grigsby J, Kvedar JC, Weinstein RS, Sanders JH, Rheuban KS, Nesbitt TS, Alverson DC, Merrell RC. National telemedicine initiatives: essential to healthcare reform. *Telemed e-Health*. 2009;15(6):600–10.
19. Manchanda S. Telemedicine—getting care to patients closer to home. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;201(12):P26–P27.
20. Kuehn BM. Telemedicine helps cardiologists extend their reach. *Circulation*. 2016;134:1189–91.
21. Gruca TS, Pyo TH, Nelson GC. Providing cardiology care in rural areas through visiting consultant clinics. *J Am Heart Assoc*. 2016;5:002909.
22. LaGanga LR, Lawrence SR. Clinic overbooking to improve patient access and increase provider productivity. *Decision Sciences*. 2007;38:251–76.
23. Brahmabhatt DH, Cowie MR. Remote management of heart failure: an overview of telemonitoring technologies. *Card Fail Rev*. 2019;5:86–92.
24. Zhu Y, Gu X, Xu C. Effectiveness of telemedicine systems for adults with heart failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Heart Fail Rev*. 2020;25:231–43.
25. Dixon P, Hollinghurst S, Edwards L, et al. Cost-effectiveness of telehealth for patients with raised cardiovascular disease risk: evidence from the Healthlines randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2016;6:e012352.
26. Zhong W, Fu C, Xu L, Sun X, Wang S, He C, Wei Q. Effects of home-based cardiac telerehabilitation programs in patients undergoing percutaneous coronary intervention: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord*. 2023;23:101.

27. Callaghan NI, Hadipour-Lakmehsari S, Lee SH, Gramolini AO, Simmons CA. Modeling cardiac complexity: advancements in myocardial models and analytical techniques for physiological investigation and therapeutic development in vitro. *APL Bioeng*. 2019;3:011501.
28. Siontis KC, Noseworthy PA, Attia ZI, Friedman PA. Artificial intelligence-enhanced electrocardiography in cardiovascular disease management. *Nat Rev Cardiol*. 2021;18:465-78.
29. Kalahasty G, Alimohammad R, Mahajan R, et al. A brief history of remote cardiac monitoring. *Cardiac Electrophysiology Clinics*. 2013;5:275-82.
30. Piotrowicz R, Krzesiński P, Balsam P, Piotrowicz E, Kempa M, Lewicka E, Głowczyńska R, Grabowski M, Kołtowski Ł, Peller M, et al. Telemedicine solutions in cardiology: A joint expert opinion by the Information Technology and Telemedicine Committee of the Polish Cardiac Society, the Section of Noninvasive Electrocardiology and Telemedicine of the Polish Cardiac Society, and the Clinical Research Committee of the Polish Academy of Sciences (short version, 2021). *Kardiologia Pol*. 2021;79:227-41.
31. Chatterjee NA, Singh JP. Making sense of remote monitoring studies in heart failure. *Eur Heart J*. 2017;38:2361-3.
32. Varma N, Epstein AE, Irimpen A, Schweikert R, Love C. Efficacy and safety of automatic remote monitoring for implantable cardioverter-defibrillator follow-up. *Circulation*. 2010;122:325-32.
33. Slotwiner D, Varma N, Akar JG, Annas G, Beardsall M, Fogel RI, Galizio NO, Glotzer TV, Leahy RA, Love CJ, et al. HRS expert consensus statement on remote interrogation and monitoring for cardiovascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm*. 2015;12:e69-100.
34. Hindricks G, Taborsky M, Glikson M, Heinrich U, Schumacher B, Katz A, Brachmann J, Lewalter T, Goette A, Block M, et al. Implant-based multiparameter telemonitoring of patients with heart failure (IN-TIME): A randomised controlled trial. *Lancet*. 2014;384:583-90.
35. Inglis SC, Clark RA, McAlister FA, Stewart S, Cleland JGF. Which components of heart failure programs are effective? A systematic review and meta-analysis of the outcomes of structured telephone support or telemonitoring as the primary component of chronic heart failure management in 8323 patients: Abridged Cochrane review. *Eur J Heart Fail*. 2011;13:1028-40.
36. Saxon LA, Hayes DL, Gilliam FR, Heidenreich PA, Day J, Seth M, Meyer TE, Jones PW, Boehmer JP. Long-term outcome after ICD and CRT implantation and influence of remote device follow-up: The ALTITUDE survival study. *Circulation*. 2010;122:2359-67.
37. De Simone A, Leoni L, Luzi M, Amellone C, Stabile G, La Rocca V, Capucci A, D'onofrio A, Ammendola E, Accardi F, et al. Remote monitoring improves outcome after ICD implantation: The clinical efficacy in the management of heart failure (EFFECT) study. *Europace*. 2015;17:1267-75.
38. Guedon-Moreau L, Lacroix D, Sadoul N, Clementy J, Kouakam C, Hermida JS, Aliot E, Kacet S. Costs of remote monitoring vs. ambulatory follow-ups of implanted cardioverter defibrillators in the randomized ECOST study. *Europace*. 2014;16:1181-8.
39. Klersy C, Boriani G, De Silvestri A, Mairesse GH, Braunschweig F, Scotti V, Balduini A, Cowie MR, Leyva F, Health Economics Committee of the European Heart Rhythm Association. Effect of telemonitoring of cardiac implantable electronic devices on healthcare utilization: A meta-analysis of randomized controlled trials in patients with heart failure. *Eur J Heart Fail*. 2016;18:195-204.
40. Van der Velde ET, Atsma DE, Foeken H, Witteman TA, Hoekstra WHGJ. Remote monitoring of patients with implanted devices: Data exchange and integration. *Eur J Prev Cardiol*. 2013;20:8-12.

41. Kuehn BM. Telemedicine helps cardiologists extend their reach. *Circulation*. 2016;134:1189–91.
42. Sana F, Isselbacher EM, Singh JP, Heist EK, Pathik B, Aroundas AA. Wearable devices for ambulatory cardiac monitoring: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75:1582–92.
43. Hu Y, Kim EG, Cao G, Liu S, Xu Y. Physiological acoustic sensing based on accelerometers: A survey for mobile healthcare. *Ann Biomed Eng*. 2014;42:2264–77.
44. Barrett PM, Komatireddy R, Haaser S, Topol S, Sheard J, Encinas J, Fought AJ, Topol EJ. Comparison of 24-hour Holter monitoring with 14-day novel adhesive patch electrocardiographic monitoring. *Am J Med*. 2014;127:95.e11–95.e17.
45. Carpenter A, Frontera A. Smart-watches: A potential challenger to the implantable loop recorder? *Europace*. 2016;18:791–3.
46. Turakhia MP, Desai M, Hedlin H, Rajmane A, Talati N, Ferris T, Desai S, Nag D, Patel M, Kowey P, et al. Rationale and design of a large-scale, app-based study to identify cardiac arrhythmias using a smartwatch: The Apple Heart Study. *Am Heart J*. 2019;207:66–75.
47. Pagola J, Juega J, Francisco-Pascual J, Moya A, Sanchis M, Bustamante A, Penalba A, Usero M, Cortijo E, Arenillas JF, et al. Yield of atrial fibrillation detection with TextileWearable Holter from the acute phase of stroke: Pilot study of Crypto-AF registry. *Int J Cardiol*. 2018;251:45–50.
48. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, Bryant WJ, Callans DJ, Curtis AB, Deal BJ, Dickfeld T, Field ME, Fonarow GC, et al. 2017 AHA/ACC/HRS guideline for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: Executive summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Heart Rhythm*. 2018;15:e190–252.
49. Gregoski MJ, Mueller M, Vertegel A, Shaporev A, Jackson BB, Frenzel RM, Sprehn SM, Treiber FA. Development and validation of a smartphone heart rate acquisition application for health promotion and wellness telehealth applications. *Int J Telemed Appl*. 2012;2012:696324.
50. McManus DD, Lee J, Maitas O, Esa N, Pidikiti R, Carlucci A, Harrington J, Mick E, Chon KH. A novel application for the detection of an irregular pulse using an iPhone 4S in patients with atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2013;10:315–9.
51. McManus DD. PULSESMART: Pulse-based arrhythmia discrimination using a novel smartphone application. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2016;48:923–30.
52. Tomlinson S, Behrmann S, Cranford J, Louie M, Hashikawa A. Accuracy of smartphone-based pulse oximetry compared with hospital-grade pulse oximetry in healthy children. *Telemed J E Health*. 2017;24:527–35.
53. Chandrasekhar A, Kim CS, Naji M, Natarajan K, Hahn JO, Mukkamala R. Smartphone-based blood pressure monitoring via the oscillometric fingerpressing method. *Sci Transl Med*. 2018;10:eaap8674.
54. Digiglio P, Li R, Wang W, Pan T. Microflotronic arterial tonometry for continuous wearable noninvasive hemodynamic monitoring. *Ann Biomed Eng*. 2014;42:2278–88.
55. Altini M, Casale P, Penders J, Ten Velde G, Plasqui G, Amft O. Cardiorespiratory fitness estimation using wearable sensors: Laboratory and free-living analysis of context-specific submaximal heart rates. *J Appl Physiol*. 2016;120:1082–96.
56. Betti S, Molino Lova R, Rovini E, Acerbi G, Santarelli L, Cabiati M, Del Ry S, Cavallo F. Evaluation of an integrated system of wearable physiological sensors for stress monitoring in working environments by using biological markers. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2017;65:1748–58.

57. Sohn A, Speier W, Lan E, Aoki K, Fonarow G, Ong M, Arnold C. Assessment of heart failure patients' interest in mobile health apps for self-care: Survey study. *JMIR Cardio*. 2019;3:e14332.
58. Bashi N, Hassanzadeh H, Varnfield M, Wee Y, Walters D, Karunanithi M. Multidisciplinary smartphone-based interventions to empower patients with acute coronary syndromes: Qualitative study on health care providers' perspectives. *JMIR Cardio*. 2018;2:e10183.
59. Hong S, Zhou Y, Shang J, Xiao C, Sun J. Opportunities and challenges of deep learning methods for electrocardiogram data: A systematic review. *Comput Biol Med*. 2020;122:103801.
60. Bruining N, Caiani E, Chronaki C, Guzik P, van der Velde E. Acquisition and analysis of cardiovascular signals on smartphones: Potential, pitfalls and perspectives: By the task force of the e-Cardiology Working Group of European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*. 2014;21:4–13.
61. Piette JD, List J, Rana GK, Townsend W, Striplin D, Heisler M. Mobile health devices as tools for worldwide cardiovascular risk reduction and disease management. *Circulation*. 2015;132:2012–27.
62. Chow CK, Redfern J, Hillis GS, Thakkar J, Santo K, Hackett ML, Jan S, Graves N, de Keizer L, Barry T, et al. Effect of lifestyle-focused text messaging on risk factor modification in patients with coronary heart disease: A randomized clinical trial. *JAMA*. 2015;314:1255–63.
63. Margolis KL, Asche SE, Bergdall AR, Dehmer SP, Groen SE, Kadrmas HM, Kerby TJ, Klotzle KJ, Maciosek MV, Michels RD, et al. Effect of home blood pressure telemonitoring and pharmacist management on blood pressure control: A cluster randomized clinical trial. *JAMA*. 2013;310:46–56.
64. Burke LE, Ma J, Azar KMJ, Bennett GG, Peterson ED, Zheng Y, Riley W, Stephens J, Shah SH, Suffoletto B, et al. Current science on consumer use of mobile health for cardiovascular disease prevention: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2015;132:1157–1213.
65. Zakeri R, Morgan JM, Phillips P, Kitt S, Ng GA, McComb JM, Williams S, Wright DJ, Gill JS, Seed A, et al. REM-HF Investigators. Impact of remote monitoring on clinical outcomes for patients with heart failure and atrial fibrillation: Results from the REM-HF trial. *Eur J Heart Fail*. 2020;22:543–53.
66. Zakeri R, Morgan JM, Phillips P, Kitt S, Ng GA, McComb JM, Williams S, Wright DJ, Gill JS, Seed A, et al. Prevalence and prognostic significance of device-detected subclinical atrial fibrillation in patients with heart failure and reduced ejection fraction. *Int J Cardiol*. 2020;312:64–70.
67. Boriani G, Imberti JF, Vitolo M. Atrial fibrillation and remote monitoring through cardiac implantable electronic devices in heart failure patients. *Eur J Heart Fail*. 2020;22:554–6.
68. Boriani G, Da Costa A, Quesada A, Ricci RP, Favale S, Boscolo G, Clementy N, Amori V, Mangoni di S Stefano L, Burri H. Effects of remote monitoring on clinical outcomes and use of healthcare resources in heart failure patients with biventricular defibrillators: Results of the MORE-CARE multicentre randomized controlled trial. *Eur J Heart Fail*. 2017;19:416–25.
69. Sposato LA, Cipriano LE, Saposnik G, Ruíz Vargas E, Riccio PM, Hachinski V. Diagnosis of atrial fibrillation after stroke and transient ischaemic attack: A systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol*. 2015;14:377–87.
70. Bertaglia E, Blank B, Blomström-Lundqvist C, Brandes A, Cabanelas N, Dan GA, Dichtl W, Goette A, de Groot JR, Lubinski A, et al. Atrial high-rate episodes: Prevalence, stroke risk, implications for management, and clinical gaps in evidence. *Europace*. 2019;21:1459–67.

71. Kirchhof P, Blank BF, Calvert M, Camm AJ, Chlouverakis G, Diener HC, Goette A, Huening A, Lip GYH, Simantirakis E, et al. Probing oral anticoagulation in patients with atrial high rate episodes: Rationale and design of the Non-vitamin K antagonist Oral anticoagulants in patients with Atrial High rate episodes (NOAH-AFNET 6) trial. *Am Heart J*. 2017;190:12–8.
72. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, Arbelo E, Bax JJ, Blomström-Lundqvist C, Boriani G, Castella M, Dan GA, Dilaveris PE, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2021;42:373–498.
73. January CT, Wann LS, Alpert JS, Calkins H, Cigarroa JE, Cleveland JC Jr, Conti JB, Ellinor PT, Ezekowitz MD, Field ME, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64:e1–76.
74. Santini L, D'Onofrio A, Dello Russo A, Calo L, Pecora D, Favale S, Petracci B, Molon G, Bianchi V, De Ruvo E, et al. Prospective evaluation of the multisensor heart logic algorithm for heart failure monitoring. *Clin Cardiol*. 2020;43:691–7.
75. Ahmed FZ, Taylor JK, Green C, Moore L, Goode A, Black P, Howard L, Fullwood C, Zaidi A, Seed A, et al. Triage-HF plus: A novel device-based remote monitoring pathway to identify worsening heart failure. *ESC Heart Fail*. 2020;7:107–16.
76. Koehler F, Winkler S, Schieber M, Sechtem U, Stangl K, Böhm M, Boll H, Kim SS, Koehler K, Lucke S, et al. Telemedical interventional monitoring in heart failure (TIM-HF), a randomized, controlled intervention trial investigating the impact of telemedicine on mortality in ambulatory patients with heart failure: Study design. *Eur J Heart Fail*. 2010;12:1354–62. [CrossRef]
77. Koehler F, Koehler K, Deckwart O, Prescher S, Wegscheider K, Kirwan B-A, Winkler S, Vettorazzi E, Bruch L, Oeff M, et al. Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure (TIM-HF2): A randomised, controlled, parallel-group, unmasked trial. *Lancet*. 2018;392:1047–57.
78. Tajstra M, Sokal A, Gadula-Gacek E, Kurek A, Wozniak A, Niedziela J, Adamowicz-Czoch E, Rozentryt P, Milewski K, Jachec W, et al. Remote supervision to decrease hospitalization rate (RESULT) study in patients with implanted cardioverter-defibrillator. *Europace*. 2020;22:769–76.
79. Piotrowicz E, Pencina MJ, Opolski G, Zareba W, Banach M, Kowalik I, Orzechowski P, Szalewska D, Pluta S, Glowczynska R, et al. Effects of a 9-week hybrid comprehensive telerehabilitation program on long-term outcomes in patients with heart failure: The telerehabilitation in heart failure patients (TELEREH-HF) randomized clinical trial. *JAMA Cardiol*. 2019;5:300–8.
80. Piotrowicz E, Baranowski R, Bilinska M, Stepnowska M, Piotrowska M, Wójcik A, Korewicki J, Chojnowska L, Malek LA, Kłopotowski M, et al. A new model of home-based telemonitored cardiac rehabilitation in patients with heart failure: Effectiveness, quality of life, and adherence. *Eur J Heart Fail*. 2010;12:164–71.
81. Scherrenberg M, Wilhelm M, Hansen D, Völler H, Cornelissen V, Frederix I, Kemps H, Dendale P. The future is now: A call for action for cardiac telerehabilitation in the COVID-19 pandemic from the secondary prevention and rehabilitation section of the European Association of Preventive Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*. 2021;28:524–40.
82. Ong MK, Romano PS, Edgington S, Aronow HU, Auerbach AD, Black JT, De Marco T, Escarce JJ, Evangelista LS, Hanna B, et al. Better effectiveness after transition-heart failure (BEAT-HF) research group. Effectiveness of remote patient monitoring after discharge of hospitalized patients

with heart failure: The Better Effectiveness after Transition—Heart Failure (BEAT-HF) randomized clinical trial. *JAMA Intern Med.* 2016;176:310–8.

83. Abraham WT, Stevenson LW, Bourge RC, Lindenfeld JA, Bauman JG, Adamson PB. Sustained efficacy of pulmonary artery pressure to guide adjustment of chronic heart failure therapy: Complete follow-up results from the CHAMPION randomised trial. *Lancet.* 2016;387:453–61.

84. Angermann CE, Assmus B, Anker SD, Asselbergs FW, Brachmann J, Brett ME, Brugs JJ, Ertl G, Ginn G, Hilker L, et al. Pulmonary artery pressure-guided therapy in ambulatory patients with symptomatic heart failure: The CardioMEMS European Monitoring Study for Heart Failure (MEMS-HF). *Eur J Heart Fail.* 2020;22:1891–901.

85. Kuck KH, Bordachar P, Borggrefe M, Boriani G, Burri H, Leyva F, Schauerte P, Theuns D, Thibault B, Document Reviewers, et al. New devices in heart failure: An European Heart Rhythm Association report: Developed by the European Heart Rhythm Association; endorsed by the Heart Failure Association. *Europace.* 2014;16:109–28.

86. Shochat MK, Shotan A, Blondheim DS, Kazatsker M, Dahan I, Asif A, Rozenman Y, Kleiner I, Weinstein JM, Frimerman A, et al. Non-invasive lung IMPEDANCE-guided preemptive treatment in chronic heart failure patients: A randomized controlled trial (IMPEDANCE-HF Trial). *J Card Fail.* 2016;22:713–22.

87. Saleem MA, McClung JA, Aronow WS, Kannam H. Inpatient telemetry does not need to be used in the management of older patients hospitalized with chest pain at low risk for in-hospital coronary events and mortality. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005;60:605–6.

88. Biersteker TE, Boogers MJ, van Wijngaarden RAFdL, Groenwold RHH, Trines SA, van Alem AP, Kirchhof CJHJ, van Hof N, Klautz RJM, Schalij MJ, et al. Use of smart technology for the early diagnosis of complications after cardiac surgery: The box 2.0 study protocol. *JMIR Res Protoc.* 2020;9:e16326.

89. Doodoo JE, Al-Samarraie H, Alsswey A. The development of telemedicine programs in Sub-Saharan Africa: progress and associated challenges. *Health Technol (Berl).* 2022;12:33-46.

90. Ohannessian R. Telemedicine: potential applications in epidemic situations. *European Research in Telemedicine/La Recherche Européenne en Télémédecine.* 2015;4:95-8.

91. Venkatachalam KL, Asirvatham SJ. State of the art in remote monitoring technology. *Cardiac Electrophysiology Clinics.* 2013;5:365-70.

92. Hyder MA, Razzak J. Telemedicine in the United States: an introduction for students and residents. *J Med Internet Res.* 2020;22:e20839.

93. Kulshreshtha A, Kvedar JC, Goyal A, Halpern EF, Watson AJ. Use of remote monitoring to improve outcomes in patients with heart failure: a pilot trial. *Int J Telemed Appl.* 2010;2010:870959.

94. Mann DM, Chen J, Chunara R, Testa PA, Nov O. COVID-19 transforms health care through telemedicine: evidence from the field. *J Am Med Inform Assoc.* 2020;27:1132-5.