



CURSO DE MEDICINA

RODRIGO CARVALHO ROCHA

**USO DOS SMARTWATCHES NO DIAGNÓSTICO E ACOMPANHAMENTO DE
FIBRILAÇÃO ATRIAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

**Salvador -BA
2022**

RODRIGO CARVALHO ROCHA

**USO DOS SMARTWATCHES NO DIAGNÓSTICO E ACOMPANHAMENTO DE
FIBRILAÇÃO ATRIAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao componente curricular Metodologia da Pesquisa III, do curso de graduação em Medicina da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública como requisito parcial de aprovação do semestre.

Orientadora: Dra. Maria Teresa Oliveira Vicente Didier.

**Salvador -BA
2022**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVO	5
3. REVISÃO DE LITERATURA	6
4. METODOLOGIA	9
4.1 Desenho de Estudo	9
4.2 Critérios de elegibilidade	9
4.3 Fonte / Estratégia de busca	9
4.4 Seleção dos estudos	9
4.5 Processo de coleta de dados	10
4.6 Lista dos dados / Variáveis	10
4.7 Risco de viés em cada estudo	10
4.8 Síntese / Apresentação dos resultados	10
5. RESULTADOS	11
5.1 Seleção dos Estudos	11
5.2 Características dos Estudos	12
5.3 Análise do risco de vieses em cada estudo	13
6. DISCUSSÃO	19
7. CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

As Doenças Cardiovasculares (DCV) continuam sendo uma das causas mais comuns de morte precoce e incapacidade em todo mundo com 17,9 milhões de mortes e 422,7 milhões de casos a cada ano. Embora existam causas genéticas, aproximadamente metade do risco de doenças cardiovasculares podem ser atribuídos a fatores modificáveis do estilo de vida como obesidade, sedentarismo e tabagismo. Nesse sentido, o surgimento de tecnologias digitais de saúde, projetadas para gerenciar e monitorar fatores no estilo de vida de portadores de doenças crônicas mostrou potencial na modificação desses fatores. Esse potencial é baseado em evidências de que os fatores de estilo de vida são mensuráveis e modificáveis¹.

Outrossim, há um interesse crescente em dispositivos que possam ser usados para monitorar os padrões de atividade e a biometria de um indivíduo. Dispositivos comercialmente disponíveis agora são capazes de rastrear não apenas a atividade física, mas também parâmetros fisiológicos específicos, como frequência cardíaca, ritmo cardíaco, duração do sono e oxigenação do sangue. Dispositivos vestíveis têm atraído muita atenção da indústria, bem como da comunidade acadêmica. Esses dispositivos comerciais podem ser úteis não apenas para os consumidores, mas também para os prestadores de serviços de saúde, permitindo-lhes prestar cuidados adequados ao considerar intervenções que visam modificações no estilo de vida. Em meados de 2020, mais de 200 testes clínicos envolvendo wearables foram concluídos nos Estados Unidos. Esses dispositivos estão sendo aproveitados de várias maneiras, tendo o monitoramento de DCVs e redução de risco como duas das aplicações mais práticas e promissoras².

Dentre as DCV, destaca-se a fibrilação atrial (FA) que é uma doença cardíaca arritmica comum que afeta mais de 37 milhões de pessoas em todo o mundo e sua prevalência deve dobrar nos próximos 30 anos. A FA é conhecida por estar associada ao aumento da morbidade e mortalidade, além de carregar uma alta carga financeira, respondendo por 0,3-3% de todas as despesas com saúde nos países desenvolvidos. Ademais, a FA assintomática é muito comum e está associada a mais comorbidades e maiores taxas de mortalidade e acidente vascular cerebral isquêmico. Com a detecção precoce de FA, o risco de AVC é reduzido drasticamente (em 70%) como resultado do uso imediato de anticoagulação em pacientes com FA recém-diagnosticada³.

Nesse sentido, a triagem para FA pode, teoricamente, ser eficaz, mas há não há consenso sobre o método de triagem ideal, porque as ferramentas, ou são invasivas, ou não são rentáveis. Recentemente, a indústria dos smartwatches têm recebido uma onda de interesse para esse fim, introduzindo tecnologias como a fotopletismografia, inteligência artificial e eletrodos reais no intuito de fazer um eletrocardiograma para medir e analisar a frequência e o ritmo cardíaco com precisão relativamente aceitável. Combinado com outros recursos, como facilidade de uso e conectividade, os smartwatches podem ser usados para triagem de FA em larga escala e podem, eventualmente, substituir os métodos tidos como padrões ouro atuais.⁴

Dentro desse cenário, surge a necessidade de demonstrar que essas tecnologias estarão, cada vez mais, presentes na prática clínica e podem contribuir não apenas no diagnóstico de fibrilação atrial, mas também no seu acompanhamento. Para tanto esta revisão sistemática, foi guiada pela seguinte questão de pesquisa: Qual a capacidade dos smartwatches em diagnosticar e acompanhar pacientes com fibrilação atrial?

2. OBJETIVO

- Avaliar a capacidade dos smartwatches no diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial

3. REVISÃO DE LITERATURA

A fibrilação atrial (FA) é um ritmo cardíaco anormal caracterizado por uma atividade atrial desorganizada. A FA é reconhecida no eletrocardiograma (ECG) como um ritmo irregularmente irregular que dura mais de 30 s, sem ondas P discerníveis precedendo o complexo QRS. A prevalência de FA depende da idade, sexo e raça, sendo particularmente alta na população idosa chegando a 10 - 17% em indivíduos com 80 anos ou mais. Além disso, a FA é mais prevalente na população branca e em homens, estando significativamente associada com alta morbidade e mortalidade. Ademais, um em cada cinco AVCs estão associados à FA e um terço das hospitalizações por arritmias cardíacas são devido a complicações relacionadas à FA, sendo que a FA foi associada a um aumento de duas vezes no risco de morte⁵.

A fibrilação atrial (FA) afeta 43,6 milhões de pacientes em todo o mundo. O número de indivíduos acometidos deverá dobrar ou triplicar nas próximas duas a três décadas após um aumento na incidência de FA e envelhecimento das populações. A fibrilação atrial pode estar associada a sintomas significativos, declínio cognitivo e redução da qualidade de vida⁶. Além disso, ela é o principal fator de risco para AVC e sua detecção precoce é crucial na prevenção de AVC primário e secundário⁵. As estimativas de pessoas nos Estados Unidos que podem ter FA assintomática anteriormente desconhecida são em torno de 700.000, com uma carga de custo estimada de 3,2 bilhões de dólares⁷.

Ademais, a FA aumenta o risco de acidente vascular cerebral em 5 vezes e é responsável por pelo menos 15% a 25% dos acidentes vasculares cerebrais nos Estados Unidos. Nesse sentido, a anticoagulação oral pode reduzir substancialmente o risco relativo de AVC em pacientes com FA em 49% a 74%, com reduções de risco absoluto de 2,7% para prevenção primária de AVC e 8,4% para prevenção secundária. Cerca de 18% dos acidentes vasculares cerebrais associados à FA apresentam-se com FA detectada recentemente no momento do acidente vascular cerebral. Por essas razões, existe um interesse considerável da saúde pública no rastreamento populacional da FA⁸.

Tendo isso em vista, a detecção com adoção precoce de manejo apropriado evoluiu como um conceito intuitivamente atraente para lidar com o fardo da FA. O desafio na detecção precoce é que a FA pode ser assintomática ou intermitente e permanecer sem identificação por anos antes de se tornar sintomática ou persistente. Para este fim, um dispositivo de monitoramento de ritmo

cardíaco ideal é considerado para incorporar os seguintes recursos: Em primeiro lugar, devido à natureza insidiosa e irregular dos ritmos de FA, o dispositivo deve oferecer medições detalhadas, em tempo real e contínuas. Em segundo lugar, o dispositivo deve ter sensibilidade e especificidade adequadas e levar em conta as informações biomédicas individualizadas. Em terceiro lugar, o dispositivo deve ser minimamente invasivo ou não invasivo e não deve ter problemas de segurança. Por último, o dispositivo deve ser econômico e fácil de implementar⁴.

Tecnologias para monitoramento contínuo de ECG, como monitor cardíaco inserível, podem identificar FA com maior rendimento diagnóstico em populações de alto risco, mas requerem a implantação de um dispositivo médico e são caros⁸. Diante desse cenário, com a evidência de que a FA subclínica está associada ao risco aumentado de acidente vascular cerebral isquêmico, anteriormente apenas detectado por monitoramento de eletrocardiograma ambulatorial (ECG) com adesivos temporários por curtos períodos ou gravadores implantáveis por períodos mais longos, é fundamental um lugar para a tecnologia dos smartwatches nesse sentido. Ademais, conforme a popularidade dos relógios inteligentes aumenta, com mais de 325 milhões de dispositivos vendidos somente em 2016 e 13% da população dos EUA possuindo smartwatches, com 40% do público mostrando interesse em adquirir um, esses dispositivos estão se tornando uma mercadoria que rapidamente encontra seu caminho no pulso de todos. Em consonância com o que foi exposto, desenvolvimentos recentes de fato apontam para wearables, especialmente smartwatches, sendo bastante eficazes e sendo um método novo para rastrear FA silenciosa na população em geral⁷.

O mercado dos wearables está crescendo rapidamente e deve ultrapassar US \$ 34 bilhões em 2020. A cardiologia, há muito, usa tecnologia vestível para o diagnóstico e tratamento de doenças. Os cardiologistas utilizam regularmente wearables para diagnosticar, avaliar o tratamento e até mesmo administrar terapia. Essas inovações vestíveis datam do final de 1800 com o uso de relógios de pulso para medir a frequência cardíaca e cronometrar eventos cardíacos. Mais tarde, Norman J. Holter relatou pela primeira vez a transmissão de um “radioeletrocardiógrafo” em 1949, empregando uma mochila vestível de 85 libras. Conforme a ciência, a engenharia e a avaliação da tecnologia vestível e dos dados gerados por essas tecnologias se expandem, os tipos de dispositivos, dados e a forma de suporte à decisão oferecido por seu uso se tornarão cada vez mais importantes⁹.

Sendo assim, falando um pouco sobre como funcionam os aparelhos, os sensores de frequência cardíaca na maioria desses dispositivos, incluindo o Apple Watch, utilizam fotopleletismografia (PPG). Usando feixes de luz e sensores sensíveis à luz no smartwatch, as alterações no volume de sangue que passa pelo pulso periférico são medidas, gerando uma mudança na absorção da luz que é então usado para estimar a frequência cardíaca. O intervalo entre picos, entre as pulsações, pode ser interpretado como o intervalo R – R cardíaco e pode ser incorporado a um algoritmo para detectar a fibrilação atrial¹⁰.

Os wearables já estão provando seu impacto na medicina cardiovascular. Dado que mais de um terço dos episódios de FA são assintomáticos, o monitoramento contínuo seria benéfico na detecção de FA clinicamente silenciosa. Estudos têm mostrado que o monitoramento de longo prazo permite taxas de detecção de FA mais altas. Os wearables fornecem um método de baixo custo, não invasivo e fácil de usar para o monitoramento contínuo de longo prazo da FA em condições em tempo real. Essa tecnologia, portanto, é essencial na definição de novos limites de carga de fibrilação atrial com base em associações com resultados clínicos em tempo real e na adaptação do manejo de FA e estratégias de prevenção de AVC adequadas¹¹.

Um indivíduo pode usar um smartwatch o dia todo, todos os dias. A forma de onda de pulso medida pela PPG, juntamente com um algoritmo treinado, está a caminho de se tornar uma abordagem altamente precisa para monitoramento contínuo e em tempo real do ritmo cardíaco e um dia pode substituir os métodos convencionais de diagnóstico e acompanhamento únicos. Em um momento em que a prevalência de doenças cardiovasculares e o uso de wearables estão aumentando substancialmente, esta tecnologia permitirá o acesso a uma população em grande escala, sendo que uma proporção significativa de pessoas pode não estar ciente de seu risco cardiovascular. Quanto mais precisos os dados, maior a possibilidade de estabelecer um modelo preditivo que interprete os dados do paciente e ajude no tratamento antes de um evento. Muitos obstáculos tecnológicos e clínicos permanecem e precisam ser resolvidos para impulsionar a adoção de smartwatches em todo o sistema de saúde. Entretanto, a questão não é se, mas sim quando, os smartwatches se tornarão parte integrante de cada indivíduo nos cuidados de saúde¹². Portanto, os smartwatches vêm chegando ao cenário médico mundial como uma importante ferramenta para somar no diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial e até mesmo, quem sabe, em substituição para alguns dos métodos atualmente mais utilizados.

4. METODOLOGIA

4.1 Desenho do estudo

Trata-se de uma revisão sistemática. O estudo foi conduzido conforme as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), atuando como protocolo norteador do estudo¹².

4.2 Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade tomaram como referência a estratégia PICO, em que foi considerado como população: pacientes com fibrilação atrial; intervenção: uso de smartwatches; o controle não se aplica; e o resultado: diagnóstico e acompanhamento dos pacientes.

4.2.1 Critérios de Inclusão

Foram incluídos estudos publicados nos idiomas inglês, português e espanhol, estudos observacionais (coortes prospectivas, retrospectivas e caso controle) e ensaios clínicos; publicados no período de 2010 até abril de 2022 e apenas estudos envolvendo seres humanos. No que se refere à faixa etária, foram considerados apenas estudos realizados com população a partir de 18 anos.

4.2.2 Critérios de Exclusão

Foram excluídos estudos com metodologia não definida nos resumos (abstracts).

4.3 Fontes de Informação / Estratégia de Busca

As buscas de literaturas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas MEDLINE/ PubMed, Embase e Cochrane Library, por meio da combinação de descritores no DeCS e termos do Medical Subject Headings (MeSH). Os termos usados para a busca foram: “Smartwatches” AND “Atrial fibrillation” AND “Cardiovascular disease”.

4.4 Seleção dos Estudos

Uma dupla de pesquisadores, independentes, fizeram separadamente a leitura dos títulos e resumos de cada trabalho pré-selecionado, a fim de identificar somente os estudos que preenchem corretamente os critérios de inclusão. Em seguida, foram realizadas as leituras dos artigos, separadamente, a fim de assegurar os critérios da revisão sistemática. As divergências entre os autores foram resolvidas por discussão e diálogo para obtenção de consenso, se, por acaso, não houve um consenso, foi solicitada a inclusão de um terceiro pesquisador.

4.5 Processo de Coleta de Dados

A extração dos dados foi realizada em um formulário de coleta pré-definido. Foram extraídas as seguintes características dos estudos: título, referência, desenho do estudo, ano, metodologia, tamanho amostral e variáveis descritas no item 4.6.

4.6 Lista dos dados / Variáveis

Foram registradas as seguintes variáveis: Quantitativo de participantes, idade, sexo e quantidade de participantes com presença de FA confirmada pelo smartwatch.

4.7 Avaliação do Risco de Viés em cada Estudo

Para fins de avaliação da qualidade metodológica dos artigos selecionados, foi utilizada a Escala Newcastle-Ottawa (NCO), atribuindo-se uma pontuação em relação a cada item que totaliza de 0 a 9 pontos (para as coortes) e de 0 a 8 pontos (para os casos – controle). Consideramos aqueles artigos que obtiveram ao menos 70% da pontuação.¹³

4.8 Síntese / Apresentação dos Resultados

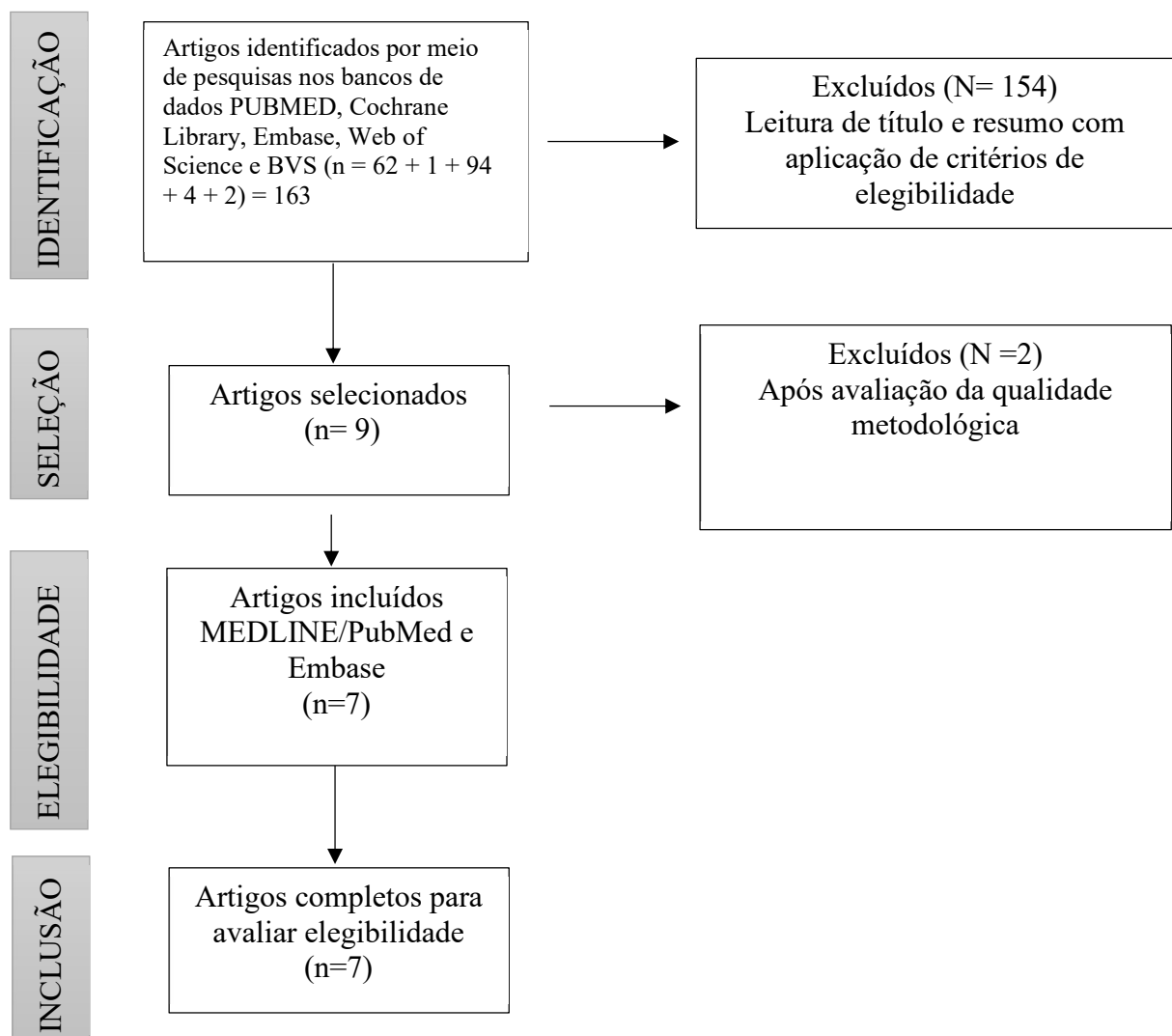
Os resultados foram apresentados através de quadros e tabelas acompanhados de descrição narrativa dos resultados obtidos pelos estudos e, posteriormente, foram discutidos à luz da produção científica relacionada com os resultados obtidos nos estudos que compõem a amostra.

5. RESULTADOS

5.1 Seleção dos Estudos

Foram incluídos sete artigos nessa revisão, sendo 6 estudos de coorte e 1 caso – controle de um total de 163, identificados nas bases de dados PUBMED, Cochrane Library, Embase, Web of Science e BVS. Foram excluídos 156 artigos: 154 através da leitura de título e resumo com aplicação de critérios de elegibilidade e 2 após avaliação da qualidade metodológica. Foram encontrados artigos do ano de 2018 ao ano de 2021. Dos artigos incluídos, a pontuação segundo o critério NewCastle Ottawa Scale, variou de 6 a 9 (todos com, ao menos, 70% da pontuação total, como previsto na metodologia).

Figura 1. Fluxograma de busca, seleção e inclusão dos artigos.



5.2 Características dos Estudos

Seis dos sete estudos analisados são coortes e há um estudo de caso – controle. A maioria dos artigos selecionados estava presente tanto nas bases de dados do PUBMED quanto na EMBASE. Predominaram os estudos realizados nos Estados Unidos com duas exceções, um dos estudos foi realizado na Alemanha e na Suíça e o outro na Austrália.

Quadro 1 – Características gerais dos artigos que compuseram a amostra do estudo. Abr. 2022. Salvador, Bahia.

Autor e Ano	Revista Científica de Publicação	Base de dados em que foi extraído	País de Origem	Título
<i>Wasserlauf, et al</i> ¹⁴ , Ano: 2019	Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology	PUBMED	EUA	Smartwatch Performance for the Detection and Quantification of Atrial Fibrillation
<i>Perez et al</i> ¹⁵ , Ano: 2019	The New England Journal of Medicine	PUBMED	EUA	Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation
<i>Bumgarner et al</i> ¹⁶ Ano: 2018	Journal of the American College of Cardiology	PUBMED	EUA	Smartwatch Algorithm for Automated Detection of Atrial Fibrillation
<i>Tison et al</i> ¹⁷ , Ano: 2018	JAMA Cardiology	PUBMED	EUA	Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch
<i>Dörr et al</i> ¹⁸ , Ano: 2019	JACC: Clinical Electrophysiology	PUBMED	Alemanha e Suíça	The WATCH AF Trial: SmartWATCHes for Detection of Atrial Fibrillation
<i>Avram et al</i> ¹⁹ , Ano: 2021	Heart Rhythm Society	PUBMED	EUA	Validation of an algorithm for continuous monitoring of atrial fibrillation using a consumer smartwatch
<i>Rajakariar et al</i> ²⁰ , Ano: 2019	British Cardiovascular Society	PUBMED	Austrália	Accuracy of a smartwatch based single-lead electrocardiogram device in detection of atrial fibrillation

5.3. Análise do risco de vieses em cada estudo

No quadro 2 estão apresentadas as avaliações do risco de viés metodológico de cada coorte que compôs a amostra deste estudo e no quadro 3 as avaliações dos estudos do tipo caso – controle. Conforme pode ser verificado, houve predomínio de pontuação superior a 70% do total de itens avaliados e, conforme previsto na metodologia, apenas esses foram considerados.

QUADRO 2 - Avaliação de Viés dos Estudos Tipo Coorte Escala Newcastle-Ottawa (NCO). Abr. 2022. Salvador, Bahia

AUTORES DOS ESTUDOS		<i>Jeremiah Wasserlauf, et al¹⁴</i>	<i>Perez et al¹⁵</i>	<i>Bumgarner et al¹⁶</i>	<i>Tison et al¹⁷</i>	<i>Avram et al¹⁹</i>	<i>Samol et al²¹</i>	<i>Rajakariar et al²⁰</i>
ITENS AVALIADOS DA NOS								
E S C O L H A	Representatividade da Coorte exposta	1	1	1	1	1	-	1
	Seleção da Coorte Não Exposta	-	1	1	1	1	-	1
	Verificação da Exposição	1	1	1	1	1	1	1
	Resultado do interesse ausente no início do estudo	-	1	-	-	-	1	1
C O M P A R A B I L I D A D E	Um máximo de 2 estrelas pode ser alocado nesta categoria. Pode haver várias classificações para este item para diferentes categorias de exposição (por exemplo, nunca vs. nunca, atual vs. anterior ou nunca) Idade = ☆ Outros fatores controlados = ☆	2	2	2	2	2	2	2
R E S U L T A D O S	Avaliação do Resultado	1	1	1	1	1	1	1
	Foi o acompanhamento longo o suficiente para que os resultados ocorram	1	1	1	1	1	-	1
	Adequação do Acompanhamento das Coortes	1	-	1	-	-	-	1
T O T A L		7	8	8	7	7	5 (Reprovado)	9

Quadro 3 – Avaliação de Viés de Estudos Tipo Caso Controle. Escala Newcastle-Ottawa. Abr. 2022. Salvador, Bahia.

ITENS AUTORES	ESCOLHA				COMPARABILIDADE	EXPOSIÇÃO		TOTAL
	A definição do caso é adequada	Representatividade dos Casos	Seleção de Controles	Definição de Controles	De Casos e Controles com base no Projeto ou Análise.	Apuração da Exposição	Taxa de Não Resposta	
<i>Dörr et al</i> ¹⁸	1	1	-	1	2	1	-	6
<i>Mutke et al</i> ²²	-	-	-	-	-	1	-	1 (Reprovado)

Quadro 4 – Objetivos e Aspectos Metodológicos. Abr. 2022. Salvador, Bahia

Autor e Ano	Desenho de Estudo	Amostra	Objetivo Primário	Tempo de acompanhamento	Síntese do plano de análise estatística
<i>Wasserl auf et al</i> ¹⁴ Ano: 2019	Coorte	24	Este estudo compara a precisão de um relógio com capacidade de detecção de FA com gravações simultâneas de um monitor cardíaco inserível.	5 meses	As estatísticas descritivas são relatadas em forma de contagem e porcentagem para variáveis categóricas e mediana. Média, DP e intervalo interquartil para variáveis contínuas. Com base em um teste exato e método de estimativa exata, as estimativas conservadoras de poder estatístico excederam 80%, em um nível de erro tipo I de 5%.
<i>Perez et al</i> ¹⁵ Ano: 2019	Coorte	450	A capacidade de um smartwatch para identificar fibrilação atrial durante o uso típico	Primeiro momento: 3 meses Segundo momento: 8 meses	Não está bem descrito
<i>Bumgar neret al</i> ¹⁶ Ano: 2018	Coorte	100	Examinar se o smartwatch pode diferenciar com precisão o ritmo sinusal (SR) da FA em comparação com ECGs de 12 derivações e registros de smartwatches interpretados por médicos	4 meses	Sensibilidade e especificidade foram calculadas para: interpretação automatizada KB (smartwatch) em comparação com a interpretação médica do ECG de 12 derivações, interpretação médica do ritmo gravado pelo smartwatch em comparação com a interpretação médica do ECG de 12 derivações e para interpretação automatizada do smartwatch em comparação com a interpretação médica dos achados gravados pelo smartwatch. Coeficientes Kappa (κ) para concordância interobservador foram avaliados. K coeficientes >0,8 foram considerados como uma excelente concordância. FA e flutter atrial foram considerado como um único estado de doença para todas as interpretações K = Cohen's kappa coefficient (κ)
<i>Tison et al</i> ¹⁷ Ano: 2018	Coorte	8563	Desenvolver e validar uma rede neural profunda para detectar FA usando smartwatches	12 meses e 13 dias	Variáveis contínuas normalmente distribuídas são apresentadas como médias com desvios padrão e foram comparados usando t testes. Variáveis contínuas com distribuições assimétricas são apresentadas como medianas com intervalos interquartis e comparadas pelo teste de Wilcoxon. As variáveis categóricas foram comparadas pelo teste do χ^2 ou teste exato de Fisher. As características do teste com ICs de 95% e as curvas características de operação do receptor com estatísticas C foram calculadas usando técnicas padrão. Regressão logística não ajustada e multivariável foi usado para determinar o odds ratios.

Quadro 4 – Objetivos e Aspectos Metodológicos. Abr. 2022. Salvador, Bahia. (Cont.)

Autor e Ano	Desenho de Estudo	Amostra	Objetivo Primário	Tempo de acompanhamento	Síntese do plano de análise estatística
<i>Dörr et al</i> ¹⁸ Ano: 2019	Caso - Controle	508	O estudo comparou a precisão diagnóstica para detectar FA por um smartwatch usando sinais (PPG) com o diagnóstico de cardiologistas por eletrocardiografia (ECG).	11 meses	Os valores contínuos são expressos em média e desvio padrão; os valores categóricos são expressos em números absolutos e percentuais. As diferenças entre as variáveis contínuas foram analisadas pelo teste de Wilcoxon. As variáveis categóricas foram comparadas pelo teste do qui-quadrado ou pelo teste exato de Fisher. O objetivo central foi testar a precisão do novo algoritmo baseado em PPG para detectar FA em comparação com o método de referência de diagnósticos de cardiologistas baseado em iECG.
<i>Avram et al</i> ¹⁹ Ano: 2021	Coorte	204	O objetivo deste estudo foi estimar a sensibilidade e especificidade de um smartwatch para detecção de FA a partir de um ritmo sinusal em um ambiente de vida livre.	Aproximadamente 16,7 dias	As estatísticas descritivas são relatadas como porcentagem para variáveis categóricas e mediana (intervalo interquartil [IQR]) ou DP médio para variáveis contínuas. Sensibilidade, especificidade e área sob a curva para a detecção dos episódios de FA foram calculados usando o resultado de FA ou SR no P-ECG como padrão-ouro.
<i>Rajakari et al</i> ²⁰ Ano: 2019	Coorte	200	Foi avaliado se um smartwatch com dispositivo para detecção de FA é uma ferramenta precisa para diagnosticar FA em comparação ao ECG de 12 derivações.	Não está descrito.	Sensibilidade, especificidade, valor preditivo e likelihood foram calculadas usando tabelas de contingência 2x2. Acurácia (A) foi estimado determinando a porcentagem de verdadeiro positivo (TP) e resultados verdadeiros negativos (TN) comparados com todos os resultados (R) definido como $A = (TP + TN) \div R$. Todas as análises foram bicaudais e os valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

No Quadro 5 estão apresentados os principais resultados dos estudos que compuseram amostra desta pesquisa. Neste é possível verificar os resultados propostos em cada estudo, organizados por autor e ano. Dentre os artigos incluídos na amostra, a maioria destaca as altas taxas de sensibilidade e especificidade. Além disso, outros aspectos ressaltados por alguns estudos foram as altas taxas de acurácia e de valor preditivo positivo.

Quadro 5 – Resultados dos estudos eleitos. Abr. 2022. Salvador, Bahia

Autor e Ano	Resultados
<p><i>Rajakariar et al</i>²⁰ Ano: 2019</p>	<p>439 ECGs (iECGs (n=239) e ECG de 12 derivações (n=200)) foram registrados em 200 pacientes (AF: n=38; SR: n=162) de três centros terciários.</p> <p>Quanto a sensibilidade e especificidade: Sensibilidade e especificidade usando o smartwatch em questão foi de 94,4% e 81,9%, respectivamente, com valor preditivo positivo de 54,8% e valor preditivo negativo de 98,4%.</p> <p>A semelhança diagnóstica do ECG de 12 derivações e do smartwatch foi moderada quando traçados não classificados foram incluídos ($\kappa=0,60$, 95% CI 0,47 a 0,72).</p> <p>Combinando o diagnóstico automatizado do dispositivo com a interpretação cega de eletrofisiologistas de traçados não classificados melhora-se a concordância geral (EP1: $\kappa=0,76$, 95% IC 0,65 a 0,87; EP2: $\kappa=0,74$, 95% CI 0,63 a 0,86).</p>
<p><i>Avram et al</i>¹⁹ Ano: 2021</p>	<p>Um total de 204 participantes completaram o estudo, registrando 81.944 horas com medições de P-ECG e smartwatch.</p> <p>Quanto a sensibilidade e especificidade: foi encontrada sensibilidade de 87,8% (intervalo de confiança de 95% [IC] 83,6%–91,0%) e especificidade de 97,4% (IC 95% 97,1%–97,7%) para o algoritmo W-PPG (classificação a cada 5 minutos); sensibilidade de 98,9% (IC 95% 98,1%–99,4%) e especificidade de 99,3% (IC 95% 99,1%–99,5%) para o algoritmo W-ECG; e sensibilidade de 96,9% (IC 95% 93,7%–98,5%) e especificidade de 99,3% (IC 95% 98,4%–99,7%) para W-PPG triggered W-ECG com um único W-ECG necessário para confirmação de FA.</p> <p>Foi encontrada uma correlação muito forte de W-PPG na quantificação da carga de FA em comparação com P-ECG ($r=0,98$).</p>
<p><i>Dörr et al</i>¹⁸ Ano: 2019</p>	<p>Quanto a sensibilidade e especificidade: para o algoritmo PPG, foi encontrada uma sensibilidade de 93,7% (intervalo de confiança de 95% [IC]: 89,8% a 96,4%), uma especificidade de 98,2% (IC 95%: 95,8% a 99,4%)</p> <p>Quanto a acurácia: Foi verificado uma acurácia de 96,1% (IC 95%: 94,0% a 97,5%) para detectar FA.</p>
<p><i>Tison et al</i>¹⁷ Ano: 2018</p>	<p>Dos 9.750 participantes inscritos na coorte remota, incluindo 347 participantes com FA, 6.143 (63,0%) eram do sexo masculino, e a média (DP) de idade foi de 42 (12) anos. Havia mais de 139 milhões de medições de frequência cardíaca nas quais a rede neural profunda foi produzida. A rede neural profunda exibiu uma estatística C de 0,97 (IC 95%, 0,94-1,00; $P < 0,001$) para detectar FA contra a FA diagnosticada por ECG de 12 derivações padrão de referência na coorte de validação externa de 51 pacientes submetidos à cardioversão</p> <p>Quanto a sensibilidade e especificidade: A sensibilidade foi de 98,0% e a especificidade de 90,2%. Em um análise exploratória com base no autorrelato de FA persistente em participantes ambulatoriais, a estatística C foi de 0,72 (IC 95%, 0,64-0,78); a sensibilidade foi de 67,7% e a especificidade foi de 67,6%.</p>

<p>Bumgarner et al¹⁶ Ano: 2018</p>	<p>Houve 169 gravações simultâneas de ECG e KB (smartwatch). 57 eram não interpretáveis pelo KB.</p> <p>Quanto a sensibilidade e especificidade: Comparado ao ECG, o KB interpretou FA com sensibilidade de 93%, especificidade de 84% e coeficiente K 0,77. A interpretação do médico das gravações KB demonstrou 99% de sensibilidade, 83% de especificidade e coeficiente K 0,83. De 57 gravações KB não interpretáveis, eletrofisiologistas diagnosticaram FA com sensibilidade de 100%, especificidade de 80% e coeficiente K 0,74. Entre 113 casos em que as leituras de KB e médico da mesma gravação foram interpretáveis, a concordância foi excelente (coeficiente K 0,88).</p>
<p>Autor e Ano</p>	<p>Resultados</p>
<p>Perez et al¹⁵ Ano: 2019</p>	<p>Dos 419.297 participantes recrutados ao longo de 8 meses, ao longo de uma média de 117 dias de monitoramento, 2.161 participantes (0,52%) receberam notificações de pulso irregular. Entre os 450 participantes que devolveram os patches de ECG contendo dados que poderiam ser analisados,</p> <p>— Que havia sido aplicado, em média, 13 dias após a notificação — fibrilação atrial estava presente em 34% (intervalo de confiança de 97,5% [IC], 29 a 39) em geral e em 35% (IC 97,5%, 27 a 43) dos participantes com 65 anos ou mais.</p> <p>Quanto ao valor preditivo positivo: Entre os participantes notificados de pulso irregular, o valor preditivo positivo foi de 0,84 (IC 95%, 0,76 a 0,92) para observar fibrilação atrial no ECG simultaneamente com uma notificação de pulso irregular e 0,71 (IC 97,5%, 0,69 a 0,74) para observação de fibrilação atrial no ECG simultaneamente com um tacograma irregular subsequente. De 1376 participantes notificados que retornaram uma pesquisa de 90 dias, 57% contataram os profissionais de saúde fora do estudo. Não houve relatos de eventos adversos graves relacionados ao aplicativo.</p>
<p>Wasserlauf et al¹⁴ Ano: 2019</p>	<p>Foram analisados 31.348,9 horas de gravações simultâneas de AFSW e ICM em 24 pacientes. O ICM detectou 82 episódios de FA ≥ 1 hora enquanto o AFSW foi usado, com uma duração total de 1127,1 horas. Destes, o sistema neural SmartRhythm 2.0 detectou 80 episódios (sensibilidade de episódio, 97,5%) com uma duração total de 1101,1 horas (sensibilidade de duração, 97,7%).</p> <p>Quanto a sensibilidade e especificidade: Três dos 18 participantes que tiveram ≥ 1 hora tiveram FA somente quando o relógio não estava sendo usado (sensibilidade do paciente, 83,3%; ou 100% durante o tempo de uso). O valor preditivo positivo para episódios de FA foi de 39,9%.</p>

No Quadro 6 pode ser verificado que o quantitativo de participantes variou bastante, assim como a taxa de quantidade de participantes com presença de FA confirmada pelo smartwatch. Em relação à faixa etária dos participantes dos estudos, variou de 30 a 87 anos. Além disso, no que tange a esfera do sexo dos participantes, em todos os estudos analisados, a maioria dos participantes foram do sexo masculino.

Quadro 6 – Principais variáveis dos estudos selecionados. Abr. 2022. Salvador, Bahia

Autores	Quantitativo de participantes	Idade	Sexo	Quantidade de participantes com presença de FA confirmada pelo smartwatch
<i>Wasserlauf et al</i> ¹⁴	24	Não está descrito	Masculino: 65,4% Feminino: 34,6%	21
<i>Perez et al</i> ¹⁵	450	42 - 73	Masculino: 74% Feminino: 26%	153
<i>Bumgarner et al</i> ¹⁶	100	57– 79	Masculino: 83% Feminino: 17%	88
<i>Tison et al</i> ¹⁷	8563	30 - 70	Masculino: 63% Feminino: 37%	347
<i>Dörr et al</i> ¹⁸	508	66 - 87	Masculino: 55,7% Feminino: 44,3%	237
<i>Avram et al</i> ¹⁹	204	51 - 74	Masculino: 54% Feminino: 46%	15
<i>Rajakariar et al</i> ²⁰	200	47 - 87	Masculino: 61,5% Feminino: 38,5%	36

6. DISCUSSÃO

O atual estudo corrobora que os smartwatches são produtos extremamente promissores no que se refere ao diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial e eventualmente de outras DCV. Os tamanhos amostrais variaram bastante, fato justificável, haja vista que, apesar de haver objetivos primários congruentes entre si, os seus métodos de busca dos desfechos são variados, tornando essa diferença facilmente entendível. Nesse sentido, é que se compreende também a variação em relação ao tempo de acompanhamento, que teve em seu estudo de menor duração aproximadamente 16,7 dias de acompanhamento e no de maior duração, 12 meses e 13 dias. Em relação à idade, tem-se que a média entre os estudos da idade mínima dos participantes com FA confirmada pelo smartwatch é de 50 anos e a média entre os estudos da idade máxima de participantes com FA confirmada pelo relógio é de, aproximadamente, 80 anos, corroborando com o raciocínio, já que, idade avançada é fator de risco para FA. No que diz respeito ao sexo dos participantes, nota-se que, em todos os estudos analisados, a maioria dos participantes foram do sexo masculino. Além disso, o estudo com mais mulheres teve 46% de participantes do sexo feminino, enquanto isso, o estudo que teve menos participantes do sexo feminino obteve apenas 17% de mulheres. No que tange à quantidade de participantes com presença de FA confirmada pelo smartwatch, observou-se diferenças, em números absolutos, entre os estudos, fato que é justificado pela diferença no método de seleção dos participantes e no objetivo de cada estudo, uma vez que, diagnóstico e acompanhamento são coisas distintas e merecem, por vezes, seleções distintas.

*Prasitlumkum et al*³, realizaram uma revisão sistemática com meta análise para avaliar a acurácia do diagnóstico de fibrilação atrial por gadgets inteligentes/dispositivos vestíveis, como os smartwatches. Nessa revisão foram analisados vários artigos, sendo que, dentre eles, alguns fizeram parte dessa revisão sistemática e outros não. Em relação aos artigos que não fizeram parte da presente revisão, *Haverkamp et al*²³, realizaram uma coorte na Noruega com 144 participantes em 2019, eles obtiveram uma média de idade dos participantes de 58 anos e 63% de homens. *Himmelreich et al*²⁴, também realizaram uma coorte em 2019, na Holanda, com um total de 214 participantes, uma média de idade de 64.1 anos e 53,7% dos participantes eram do sexo masculino. *Jaakkola et al*²⁵, realizaram, na Finlândia, em 2018, um estudo do tipo caso – controle, com um total de 300 participantes, sendo a média de idade de 74.8 anos e a porcentagem de participantes homens de 56%. *Wegner et al*²⁶, realizaram, em 2019, na Alemanha, uma coorte retrospectiva, em que captaram um total de 52 participantes, com uma

média de idade de 64 anos e 61,2% dos participantes eram do sexo masculino. *Reveberi et al*²⁷, efetuaram uma coorte prospectiva em 2019 na Itália. Nesse estudo, eles obtiveram um total de 100 participantes, sendo a média de idade deles de 66.2 anos e 78.9% dos participantes eram do sexo masculino.

Entre os resultados obtidos, pode-se salientar as elevadas taxas de sensibilidade e especificidades, constatadas por *Rajakariar et al*²⁰, 2019, *Avram et al*¹⁹, 2021, *Dörr et al*¹⁸, 2019, *Tison et al*¹⁷, 2018, *Bumgarner et al*¹⁶, 2018, e *Wasserlauf et al*¹⁴, 2019. No que se refere aos valores preditivos, *Rajakariar et al*²⁰, 2019, comprovam elevadas taxas de valor preditivo negativo, o que, juntamente com as altas taxas de sensibilidade, demonstra que os smartwatches podem ser extremamente úteis para diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial, principalmente, para exclusão diagnóstica. Em *Dörr et al*¹⁸, 2019, foram detectadas excelentes taxas de acurácia, ou seja, os smartwatches são extremamente capazes de acertar o diagnóstico de fibrilação atrial.

Sobre os valores preditivos positivos, em *Perez et al*¹⁵, 2019, entre os participantes notificados de pulso irregular, o valor preditivo positivo foi alto para detectar fibrilação atrial no ECG, simultaneamente com uma notificação de pulso irregular, em outros termos, recebendo uma notificação de pulso irregular e observando simultaneamente o ECG, em caso de resultado positivo para fibrilação atrial, há grande possibilidade de, realmente, haver a doença.

*Bashar et al*²⁸, realizaram um estudo e constataram em sua conclusão de que a alta sensibilidade, especificidade e precisão obtidas provaram a eficácia do método completo de discriminação de FA, que utiliza smartwatches para detecção, e seu potencial para implementação na vida real.

*Dagher et al*¹¹, afirmaram que mesmo que os smartwatches não sejam, ainda, tão precisos quanto um ECG de 12 derivações, eles têm uma vantagem excelente: o fato de que, uma pessoa pode passar o dia todo, todo dia, usando um relógio desses. O mecanismo da fotopletismografia, aplicado nos smartwatches, somado a um algoritmo bem treinado, pode, muito possivelmente, se tornar uma abordagem altamente precisa para monitoramento contínuo e em tempo real do ritmo cardíaco e ser uma ferramenta fundamental no diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial.

*Tajrishi, et al*⁴, destacaram que há um interesse emergente na detecção de arritmia com smartwatches, sobretudo, quando se fala de fibrilação atrial. Embora atualmente seja considerado prematuro para muitos pensar em smartwatches como ferramentas sólidas no

diagnóstico e acompanhamento de FA, o futuro certamente parece incrível para essa tecnologia. Isso beneficiaria, principalmente, os indivíduos de alto risco que, por qualquer motivo, não podem usar outros dispositivos como o registrador cardíaco implantável (ILR). Por outro lado, esse avanço demandaria uma grande colaboração de longo prazo entre pesquisadores, médicos, sistemas de saúde e da comunidade como um todo.

Vale destacar também que ainda não há tantas significativas avaliações acerca desse novo mecanismo de diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial, fato esse que beira a obviedade, haja vista que, os smartwatches como conhecidos, são dispositivos extremamente atuais. Essa revisão apresenta como limitações não só a pouca quantidade de estudos disponíveis, como também a variedade nos critérios de elegibilidade entre os estudos selecionados, devido ao objetivo central da pesquisa focar não só no diagnóstico, mas também no acompanhamento da FA.

Um dispositivo de monitoramento de ritmo cardíaco ideal, em primeiro lugar, devido à natureza insidiosa e irregular dos ritmos de FA, deve oferecer medições detalhadas, em tempo real e contínuas. Em segundo lugar, deve ter sensibilidade e especificidade adequadas e levar em conta as informações biomédicas individualizadas. Por fim, o dispositivo deve ser minimamente invasivo ou não invasivo e não deve ter problemas de segurança. Visto isso, não há como negar que os smartwatches são dispositivos promissores no que tange o diagnóstico e acompanhamento da fibrilação atrial.

7. CONCLUSÃO

O presente estudo buscou contribuir no sentido de avaliar o uso dos smartwatches no diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial para que possam promover, juntamente aos médicos, uma detecção precoce e um manejo mais adequado dessa patologia tão prevalente. Portanto, diante dos dados coletados e analisados por essa revisão, os aspectos que se destacam são as altas taxas de sensibilidade, especificidade, valor preditivo negativo e acurácia dos smartwatches na detecção de FA.

Nesse sentido, é demonstrado que, apesar de toda a cautela, é só uma questão de tempo para que esses dispositivos virem uma excelente peça no combate à fibrilação atrial e encontrem seu lugar no pulso de milhares de pessoas ao redor do mundo. Também é importante ressaltar que a literatura existente demonstra que o uso dos smartwatches no diagnóstico e acompanhamento de FA é muito promissor, mas, não viria em substituição aos métodos tradicionais de detecção de FA utilizados na contemporaneidade, mas sim, para agregar ao sistema de saúde como um todo. Ademais, o fato de ser uma tecnologia recente leva a uma consequente considerável escassez de estudos, e, a variedade nos critérios de elegibilidade entre os estudos selecionados são motivos de questionamento sobre as vantagens, porém, os avanços tecnológicos recentes e a diversidade de possibilidades de testagem sempre serão desafios ao avanço da medicina e comparação de modelos, respectivamente. Tendo tudo que foi exposto em vista, a literatura tende a confirmar os efeitos dos smartwatches no diagnóstico e acompanhamento de fibrilação atrial, porém, ainda carece de estudos mais bem estruturados e menos suscetíveis a erros aleatórios e sistemáticos.

REFERÊNCIAS

1. Akinosun AS, Polson R, Diaz - Skeete Y, De Kock J, Carragher L, Leslie S, et al. Digital Technology Interventions for Risk Factor Modification in Patients with Cardiovascular Disease: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. (Preprint). *JMIR mHealth uHealth* [Internet]. 2020 Jun 5 [cited 2021 Mar 12];9(3):e21061. Available from: <https://mhealth.jmir.org/2021/3/e21061>
2. Mizuno A, Changolkar S, Patel MS. Wearable Devices to Monitor and Reduce the Risk of Cardiovascular Disease: Evidence and Opportunities. *Annu Rev Med*. 2021;72:459–71.
3. Prasitlunkum N, Cheungpasitporn W, Chokesuwattanaskul A, Thangjui S, Thongprayoon C, Bathini T, et al. Diagnostic accuracy of smart gadgets/wearable devices in detecting atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis. *Arch Cardiovasc Dis* [Internet]. 2021;114(1):4–16. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2020.05.015>
4. Tajrishi FZ, Chitsazan M, Chitsazan M, Shojaei F, Gunnam V, Chi G. Smartwatch for the detection of atrial fibrillation. *Crit Pathw Cardiol*. 2019 Dec 1;18(4):176–84.
5. Pereira T, Tran N, Gadhoumi K, Pelter MM, Do DH, Lee RJ, et al. Photoplethysmography based atrial fibrillation detection: a review. *npj Digit Med* [Internet]. 2020;3(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41746-019-0207-9>
6. Linz D, Hermans A, Tieleman RG. Early atrial fibrillation detection and the transition to comprehensive management. *EP Eur* [Internet]. 2021 Apr 10 [cited 2021 Apr 23];23(Supplement_2):ii46–51. Available from: https://academic.oup.com/europace/article/23/Supplement_2/ii46/6219687
7. Raja JM, Elsagr C, Roman S, Cave B, Pour-Ghaz I, Nanda A, et al. Apple Watch, Wearables, and Heart Rhythm: where do we stand? *Ann Transl Med* [Internet]. 2019 Sep [cited 2021 Apr 23];7(17):417–417. Available from: <http://dx.doi.org/10.21037/atm.2019.06.79><http://dx.doi.org/10.21037/atm.2019.06.79>
8. Turakhia MP, Desai M, Hedlin H, Rajmane A, Talati N, Ferris T, 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* [Internet]. 2019;207:66–75. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2018.09.002>
9. Pevnick JM, Birkeland K, Zimmer R, Elad Y, Kedan I. Wearable technology for cardiology: An update and framework for the future [Internet]. Vol. 28, *Trends in Cardiovascular Medicine*. Elsevier Inc.; 2018 [cited 2021 Apr 29]. p. 144–50. Available from: </pmc/articles/PMC5762264/>
10. Isakadze N, Martin SS. How useful is the smartwatch ECG? Vol. 30, *Trends in Cardiovascular Medicine*. Elsevier Inc.; 2020. p. 442–8.
11. Dagher L, Shi H, Zhao Y, Marrouche NF. Wearables in cardiology: Here to stay. *Hear Rhythm* [Internet]. 2020;17(5):889–95. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2020.02.023>

12. Itens P, Revis R, Uma P. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiol e Serviços Saúde*. 2015;24(2):335–42.
13. Wells GA, et al. A Newcastle-Ottawa Scale (NOS) para avaliar a qualidade de estudos não randomizados em meta-análises [Internet]. Disponível em: http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp. Acesso em 15/05/2022
14. Wasserlauf J, You C, Patel R, Valys A, Albert D, Passman R. Smartwatch Performance for the Detection and Quantification of Atrial Fibrillation. *Circ Arrhythmia Electrophysiol* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2022 Jun 2];12(6). Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/CIRCEP.118.006834>
15. Perez M V., Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, et al. Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2019 Nov 14;381(20):1909–17.
16. Bumgarner JM, Lambert CT, Hussein AA, Cantillon DJ, Baranowski B, Wolski K, et al. Smartwatch Algorithm for Automated Detection of Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2018 May 29;71(21):2381–8.
17. Tison GH, Sanchez JM, Ballinger B, Singh A, Olgin JE, Pletcher MJ, et al. Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch. *JAMA Cardiol* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2022 Jun 2];3(5):409. Available from: </pmc/articles/PMC5875390/>
18. Dörr M, Nohturfft V, Brasier N, Bosshard E, Djurdjevic A, Gross S, et al. The WATCH AF Trial: SmartWATCHes for Detection of Atrial Fibrillation. *JACC Clin Electrophysiol*. 2019;5(2):199–208.
19. Avram R, Ramsis M, Cristal AD, Nathan V, Zhu L, Kim J, et al. Validation of an algorithm for continuous monitoring of atrial fibrillation using a consumer smartwatch. *Hear Rhythm*. 2021 Sep 1;18(9):1482–90.
20. Rajakariar K, Koshy AN, Sajeev JK, Nair S, Roberts L, Teh AW. Accuracy of a smartwatch based single-lead electrocardiogram device in detection of atrial fibrillation. *Heart*. 2020 May 1;106(9):665–70.
21. Samol A, Bischof K, Luani B, Pascut D, Wiemer M, Kaese S. Patient Directed Recording of a Bipolar Three-Lead Electrocardiogram using a Smartwatch with ECG Function. *JoVE (Journal Vis Exp* [Internet]. 2019 Dec 11 [cited 2022 Jun 2];2019(154):e60715. Available from: <https://www.jove.com/v/60715/patient-directed-recording-bipolar-three-lead-electrocardiogram-using>
22. Mutke MR, Brasier N, Raichle C, Ravanelli F, Doerr M, Eckstein J. Comparison and Combination of Single-Lead ECG and Photoplethysmography Algorithms for Wearable-Based Atrial Fibrillation Screening. *Telemed e-Health* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Jun 2];27(3):296–302. Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/tmj.2020.0036>
23. Haverkamp HT, Fosse SO, Schuster P. Accuracy and usability of single-lead ECG from smartphones - A clinical study. *Indian Pacing Electrophysiol J*. 2019 Jul

- 1;19(4):145–9.
24. Himmelreich JCL, Karregat EPM, Lucassen WAM, van Weert HCPM, de Groot JR, Louis Handoko M, et al. Diagnostic accuracy of a smartphone-operated, single-lead electrocardiography device for detection of rhythm and conduction abnormalities in primary care. *Ann Fam Med*. 2019;17(5):403–11.
 25. Jaakkola J, Jaakkola S, Lahdenoja O, Hurnanen T, Koivisto T, Pänkäälä M, et al. Mobile phone detection of atrial fibrillation with mechanocardiography: The MODE-AF Study (Mobile Phone Detection of Atrial Fibrillation). *Circulation*. 2018;137(14):1524–7.
 26. Wegner FK, Kochhäuser S, Ellermann C, Lange PS, Frommeyer G, Leitz P, et al. Prospective blinded Evaluation of the smartphone-based AliveCor Kardia ECG monitor for Atrial Fibrillation detection: The PEAK-AF study. Elsevier [Internet]. 2020 [cited 2022 Jun 2]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953620519304212>
 27. Reverberi C, Rabia G, De Rosa F, Bosi D, Botti A, Benatti G. The RITMIA+ Smartphone App for Automated Detection of Atrial Fibrillation: Accuracy in Consecutive Patients Undergoing Elective Electrical Cardioversion. 2019; Available from: <https://doi.org/10.1155/2019/4861951>
 28. Bashar SK, Han D, DIng E, Whitcomb C, McManus DD, Chon KH. Smartwatch Based Atrial Fibrillation Detection from Photoplethysmography Signals. *Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc EMBS*. 2019 Jul 1;4306–9.