

## **Utilização de cardiofrequencímetros para mensuração da Variabilidade da Frequência Cardíaca no repouso: uma revisão de literatura**

**Use of heart rate monitors to measure heart rate variability at rest: a literature review**

**Uso de monitores de frecuencia cardíaca para medir la variabilidad de la frecuencia cardíaca en reposo: una revisión de la literatura**

Recebido: 30/08/2021 | Revisado: 04/09/2021 | Aceito: 08/09/2021 | Publicado: 11/09/2021

### **Patrícia Castro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3819-5838>  
Centro Universitário Augusto Motta, Brazil  
E-mail: [patricianutri13@gmail.com](mailto:patricianutri13@gmail.com)

### **Tainah de Paula Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1266-2864>  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil  
E-mail: [tainah.ef@gmail.com](mailto:tainah.ef@gmail.com)

### **Roberto Miranda Ramos Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3925-9779>  
Centro Universitário Augusto Motta, Brazil  
E-mail: [betomrcosta@hotmail.com](mailto:betomrcosta@hotmail.com)

### **Felipe Amorim da Cunha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8912-5656>  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil  
E-mail: [felipeac@globo.com](mailto:felipeac@globo.com)

### **Patrícia dos Santos Vigário**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6097-1456>  
Centro Universitário Augusto Motta, Brazil  
E-mail: [patriciavigario@yahoo.com.br](mailto:patriciavigario@yahoo.com.br)

### **Resumo**

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) é um método não-invasivo utilizado para estimar o controle autonômico cardíaco que pode ser mensurada através do eletrocardiograma (ECG), método padrão-ouro. Dispositivos portáteis que tragam maior praticidade e com menor custo que o ECG, como os cardiofrequencímetros, são uma alternativa mais conveniente para a mensuração da VFC na prática clínica, porém é necessário que seus resultados sejam validados em diferentes populações. Objetivo: Analisar os estudos realizados sobre a validade dos cardiofrequencímetros em comparação com o ECG para mensuração da VFC no repouso em diferentes populações. Metodologia: Trata-se de uma revisão de literatura onde foram utilizados estudos publicados na base de dados do Pubmed e Scielo, sem limite inferior da data de publicação até o ano de 2021. Foram utilizados os seguintes descritores nos idiomas inglês e português: "heart rate variability" ou "cardiac autonomic control" ou "Electrocardiography" ou "Heart Rate", sendo associados aos termos "heart rate monitor" e "reproducibility" ou "validity" ou "agreement". Resultados e discussão: Foram encontrados 15 estudos que avaliaram a validade de diferentes modelos de cardiofrequencímetros para a mensuração da VFC no repouso, em comparação com o ECG, em diferentes populações (adultos saudáveis, atletas, idosos, crianças, adolescentes obesos, indivíduos com lesão medular e idosos), assim como sua confiabilidade no teste-reteste de alguns dispositivos. Conclusão: Os estudos demonstraram que os diferentes modelos de cardiofrequencímetro podem ser utilizados como uma alternativa ao ECG para a mensuração da VFC, mesmo em diferentes populações.

**Palavras-chave:** Sistema nervoso autônomo; Determinação da frequência cardíaca; Estudos de validação.

### **Abstract**

The Heart Rate Variability (HRV) is a non-invasive method to estimate the cardiac autonomic control that can be measured through the electrocardiogram (ECG), the gold standard method. Portable devices that are more practical and cheaper than ECG, such as heart rate monitors, are a more convenient alternative for measuring HRV in clinical practice, but it is necessary that their results be validated in different populations. Objective: To analyze the studies carried out on the validity of heart rate monitors in comparison with the ECG for measuring HRV at rest in different populations. Methodology: This is a literature review where studies published in the Pubmed and Scielo databases were used, no lower limit of the publication date until the year 2021. The following descriptors were used in English and Portuguese: "heart rate variability" or "cardiac autonomic control" or "Electrocardiography" or "Heart Rate", being associated with the terms "heart rate monitor" and "reproducibility" or "validity" or "agreement". Results and

discussion: Fifteen studies were found that evaluated the validity of different models of heart rate monitors for measuring HRV at rest, compared to ECG, in different populations (healthy adults, athletes, elderly, children, obese adolescents, individuals with injuries spinal cord and elderly), as well as its reliability in the test-retest of some devices. Conclusion: Studies have shown that different heart rate monitor models can be used as an alternative to ECG for measuring HRV, even in different populations.

**Keywords:** Autonomic nervous system; Determination of heart rate; Validation studies.

### Resumen

La Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un método no invasivo para estimar el control autónomo cardíaco que se puede medir a través del electrocardiograma (ECG), método estándar de oro. Los dispositivos portátiles más prácticos y económicos que el ECG, son una alternativa más conveniente para medir la VFC en la práctica clínica, pero es necesario que sus resultados estén validados en diferentes poblaciones. Objetivo: Analizar los estudios realizados sobre la validez del uso de pulsómetros en comparación con el ECG para medir la VFC en reposo en diferentes poblaciones. Metodología: Se trata de una revisión de la literatura donde se utilizaron estudios publicados en las bases de datos Pubmed y Scielo, sin límite inferior de la fecha de publicación hasta el año 2021. Los siguientes descriptores se utilizaron en inglés y portugués: "variabilidad de la frecuencia cardíaca" o "control autónomo cardíaco" o "electrocardiografía" o "frecuencia cardíaca", estando asociado con los términos "monitor de frecuencia cardíaca" y "reproducibilidad" o "validez" o "acuerdo". Resultados y discusión: Se encontraron quince estudios que evaluaron la validez de diferentes modelos de monitores de frecuencia cardíaca para medir la VFC en reposo, en comparación con el ECG, en diferentes poblaciones (adultos sanos, deportistas, ancianos, niños, adolescentes obesos, individuos con lesiones medulares y ancianos), así como su fiabilidad en el test-retest de algunos dispositivos. Conclusión: Los estudios han demostrado que se pueden utilizar diferentes modelos de monitor de frecuencia cardíaca como una alternativa al ECG para medir la VFC, incluso en diferentes poblaciones.

**Palabras clave:** Sistema nervioso autónomo; Determinación de la frecuencia cardíaca; Estudios de validación.

## 1. Introdução

As funções do sistema cardiovascular são controladas por mecanismos complexos, incluindo ações hormonais e do sistema nervoso, que interagem para suprir as demandas requeridas do organismo frente à diversas situações fisiológicas ou patológicas (Wake & Brack, 2016). O controle dos batimentos cardíacos por meio do sistema nervoso autônomo é realizado a partir das inervações simpáticas e parassimpáticas do coração, que são ativadas de acordo com as necessidades do corpo, mantendo um equilíbrio dinâmico e garantindo uma regulação saudável da função cardíaca (Coote & Chauhan, 2016; Wake & Brack, 2016). A inervação simpática se origina de grandes gânglios localizados na medula espinhal cervical e torácica e suas terminações se localizam em todo o miocárdio. Já o sistema nervoso parassimpático deriva do núcleo ambíguo da medula oblonga e possui terminações no nódulo sinusal, miocárdio atrial e nódulo atrioventricular (Shen & Zipes, 2014; Vanderlei et al., 2009; Wake & Brack, 2016).

Os sistemas simpático e parassimpático, na maior parte das vezes, são antagônicos e fundamentais para o equilíbrio do organismo. A estimulação do sistema nervoso parassimpático, ou atividade vagal, leva à diminuição da frequência e da contratilidade cardíaca, ao contrário do sistema nervoso simpático, que promove um efeito estimulante sobre as atividades do coração. O controle desses sistemas é dependente de informações provenientes de barorreceptores, quimiorreceptores, dentre outros (Hagen et al., 2012). Desequilíbrios no sistema nervoso simpático e/ou parassimpático podem levar à prejuízos no controle autonômico cardíaco, que por sua vez, se associam significativamente com o aumento do risco de eventos e mortalidade cardiovascular. Logo, a avaliação de possíveis alterações mostra-se necessária e relevante para que as intervenções para a redução de tais riscos possam ser aplicadas (Task Force, 1996).

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) é um método não-invasivo e de fácil manejo, que avalia o controle autonômico cardíaco através das oscilações dos intervalos entre duas ondas R consecutivas (intervalo RR). Esta pode ser mensurada através do eletrocardiograma (ECG) (método padrão-ouro) e seus resultados possuem uma associação com o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares a longo prazo (Cygankiewicz & Zareba, 2013; Kubota et al., 2017; Vanderlei et al., 2009).

Kubota et al. (2017) conduziram um estudo longitudinal de base populacional entre os anos de 1987-1989 e 2013,

com a participação de 9.744 homens e mulheres com idades entre 45 e 64 anos e sem doenças cardiovasculares. Ao longo do período de seguimento foram investigados fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, além de terem sido feitos exames clínicos que incluíram medidas de índices de VFC em repouso. Os participantes do estudo foram acompanhados até a incidência de doença cardiovascular, morte, perda de seguimento ou encerramento do estudo. Foi constatado que valores mais altos da VFC estiveram modestamente relacionados ao menor risco de mortalidade cardiovascular.

Além disso, a VFC tem sido amplamente investigada em diferentes populações e contextos, tais como infarto do miocárdio (Compostella et al., 2017), doença arterial coronariana (Poddar et al., 2015; Yıldız, 2016), hipertensão arterial (Andrade et al., 2017; Tadic et al., 2015), diabetes mellitus (Rothberg et al., 2016; Silva et al., 2017), leucemia (Nevruz et al., 2007), epilepsia (Moridani & Farhadi, 2017) e lesão medular (Kyriakides et al., 2019).

A VFC pode ser analisada por meio de métodos lineares (e estes, por sua vez, podem ser analisados nos domínios do tempo e da frequência) e não-lineares. Os métodos não lineares baseiam-se na teoria do caos (fenômenos altamente irregulares, mas não ao acaso) e, por serem bastante complexos, existem poucas evidências acerca desse método. No domínio do tempo, os intervalos RR são medidos durante um determinado período de tempo e, em seguida, são utilizados métodos estatísticos ou geométricos para o cálculo dos índices que representem as variações na duração dos ciclos cardíacos. Os métodos estatísticos podem ser calculados pelos índices baseados em intervalos RR e em intervalos RR adjacentes (Task Force, 1996), a dizer: (i) desvio-padrão de todos os intervalos RR gravados em um intervalo de tempo (SDNN); (ii) desvio-padrão das médias dos intervalos RR normais, a cada 5 minutos, em um intervalo de tempo (SDANN); (iii) média do desvio-padrão dos intervalos RR normais a cada 5 minutos (SDNNI); (iv) raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes em um intervalo de tempo (RMSSD); ; e (v) porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms (PNN50). Os três primeiros são calculados através dos intervalos RR e os dois últimos, pelos intervalos RR adjacentes.

Os índices SDNN, SDANN e SDNNI evidenciam tanto a ação do sistema simpático, como o sistema parassimpático (Draghici & Taylor, 2016) e os índices RMSSD e PNN50 demonstram os ajustes do controle autonômico, evidenciando a ação do sistema parassimpático (Cygankiewicz & Zareba, 2013). Outra medida usualmente empregada é a média dos intervalos RR (RRI), que demonstra uma relação linear do estímulo vagal e simpático (Draghici & Taylor, 2016). A maior limitação para o emprego de métodos estatísticos na análise da VFC diz respeito à necessidade de obtenção de registros eletrocardiográficos de boa qualidade, com vistas à identificação automatizada correta dos intervalos RR normais.

Este problema pode ser contornado, por exemplo, pela utilização de métodos geométricos dos quais o índice triangular e o Plot de Poincaré são os mais conhecidos. O índice triangular é obtido a partir da construção de um gráfico de distribuição de frequências (histograma) de densidade dos intervalos RR, sendo o comprimento dos intervalos RR plotados no eixo X e a frequência de ocorrência de cada um deles no eixo Y. A junção dos pontos das colunas do histograma forma uma figura semelhante a um triângulo, e o índice triangular é calculado por meio da divisão do número total de intervalos RR utilizados para construção do histograma pela frequência modal dos mesmos. Este índice tem uma correlação íntima com o desvio padrão de todos os intervalos RR e não sofre a influência dos batimentos ectópicos e artefatos, pois os mesmos ficam fora do triângulo (Rajendra Acharya et al., 2006).

O Plot de Poincaré, por sua vez, pode ser analisado por meio de inspeção visual, de modo qualitativo, ou de modo quantitativo, por meio do cálculo dos índices: desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento (SD1); desvio-padrão a longo prazo dos intervalos R-R contínuos (SD2); e a razão entre ambos (SD1/SD2) (Vanderlei et al., 2009). O SD1 parece ser um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento; o SD2 representa a VFC em registros de longa duração; e a relação de ambos (SD1/SD2) mostra a razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR (Gamelin et al., 2006; Rajendra Acharya et al., 2006).

Por fim, o domínio da frequência é outro método linear, sendo a densidade de potência espectral a mais utilizada atualmente, quando se trata de estudos com indivíduos em condições de repouso (Brunetto et al., 2008). Este tem como princípio a possibilidade de decomposição de todo o intervalo RR em relação ao tempo (tacograma) em uma sequência de componentes oscilatórios, por meio de algoritmos matemáticos como a transformada rápida de Fourier ou modelos autoregressivos (Lorga Filho et al., 2013). No domínio da frequência, a análise da VFC é descrita em: frequência ultrabaixa (ULF; Ultra Low-Frequency;  $\leq 0,003$  Hz), frequência muito baixa (VLF; Very Low Frequency;  $\leq 0,04$  Hz), baixa frequência (LF; Low Frequency; 0,04-0,15 Hz) e alta frequência (HF; high frequency; 0,15-0,4 Hz) (Shaffer & Ginsberg, 2017). O HF está relacionado ao estímulo cardíaco parassimpático, ao contrário da LF, que possui um componente predominantemente simpático. Já a razão LF/HF demonstra o equilíbrio simpato-vagal. Os conhecimentos em relação ao poder de ULF e VLF são ainda limitados, mas podem ser associados como preditores de desempenho cardíaco (Hunt & Saengsuwan, 2018; Task Force, 1996).

A medida dos componentes espectrais habitualmente é feita em valores absolutos de potência ( $\text{ms}^2$ ). Entretanto, os valores de HF e LF também podem ser expressos em unidades normalizadas (n.u.), representando o valor de cada um destes componentes em relação à potência total menos o componente de VLF. Os componentes normalizados são calculados como a potência de LF e HF são apresentados pelas fórmulas a seguir:  $\text{HF (n.u.)} = \text{HF}/(\text{potência total} - \text{VLF}) \times 100$  e  $\text{LF (n.u.)} = \text{LF}/(\text{potência total} - \text{VLF}) \times 100$ . Com isto, os efeitos das alterações na faixa de VLF sobre as outras duas de frequências mais rápidas (LF e HF) são minimizados (Task Force, 1996).

Além do ECG, o registro dos impulsos elétricos cardíacos pode ser feito por meio de dispositivos portáteis, tais como os cardiofrequencímetros, que são uma alternativa prática, com menor custo que o ECG e possibilitam a mensuração dos intervalos RR tanto na área científica como na prática clínica (Bassi et al., 2018; Caminal et al., 2018), porém para evitar erros nas interpretações clínicas dos parâmetros derivados da VFC, a validade e a reprodutibilidade dos dispositivos portáteis devem ser avaliadas (Plaza-Florido et al., 2021). Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo revisar evidências científicas sobre a validade de cardiofrequencímetros para a mensuração da VFC na condição de repouso em diferentes populações.

## 2. Metodologia

Foi realizado uma revisão narrativa de literatura (Casarin et al., 2020) com consulta às bases de dados MEDLINE/PubMed e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Foram considerados como critérios de seleção: (i) sem limite inferior da data de publicação e limite superior até o mês de agosto de 2021; (ii) artigos originais; (iii) publicados em português ou inglês; (iv) obtenção das medidas na condição de repouso e (v) sem população definida. A estratégia de busca sensibilizada adotou descritores e termos sinônimos. Os seguintes termos, e os seus respectivos em português, foram utilizados: "heart rate variability" ou "cardiac autonomic control" ou "Electrocardiography" ou "Heart Rate", sendo associados aos termos "heart rate monitor" e aos termos "reproducibility" ou "validity" ou "agreement".

Inicialmente, a análise foi realizada por dois revisores (PC e RMRC), por meio da leitura de títulos e resumos, de acordo com os critérios de elegibilidade estabelecidos. Em um segundo momento, os revisores obtiveram acesso à leitura na íntegra dos artigos potencialmente elegíveis e, em seguida, foi realizada uma análise detalhada. Na presença de divergência entre os revisores, quanto à inclusão ou exclusão dos estudos, um terceiro revisor era solicitado para avaliá-los.

A extração das informações também foi realizada por dois revisores (PC e RMRC) de forma padronizada, de acordo com planilha previamente criada, contendo as seguintes informações: ano de publicação, autores, características da amostra, instrumentos de medida, protocolo, índices de VFC analisados e resultados. A busca dos artigos foi realizada entre o mês de agosto de 2020 até o mês de agosto de 2021.

### 3. Resultados e Discussão

Considerando os critérios adotados, foram incluídos 15 estudos que avaliaram a validade de diferentes modelos de cardiofrequencímetros para a mensuração da VFC na condição de repouso, em comparação com o ECG, em diferentes populações (adultos saudáveis, atletas, idosos, crianças, adolescentes obesos e indivíduos com lesão medular) (Tabela 1).

Os modelos de cardiofrequencímetros utilizados nos estudos foram: Polar T31 (Radespiel-Troger et al., 2003), Polar S810 (Barbosa et al., 2016; Gamelin et al., 2006, 2008; Nunan et al., 2009; Porto & Junqueira Jr, 2009; Vanderlei et al., 2008), Polar RS800 (Barbosa et al., 2016; Vasconcellos et al., 2015; Wallén et al., 2012), Polar V800 (Castro et al., 2021; Cilhoroz et al., 2020; Giles et al., 2016; Huang et al., 2021), Polar H7 (Plews et al., 2017) e Polar H10 (Pereira et al., 2020).

Gamelin; Berthoin; Bosquet (2006) utilizaram o cardiofrequencímetro Polar S810 e o ECG para a análise de índices de VFC no domínio do tempo (SDNN, RMSSD, NN50, PNN50, SD1 e SD2) e da frequência (LF ms<sup>2</sup>, HF ms<sup>2</sup>, LF n.u., HF n.u., LF/HF e VLF), nas posições ortostática e supina, em 18 homens (idade média de 27,1 anos). Os resultados demonstraram que, na posição supina, o Polar V8000 apresentou uma correlação excelente em todos os índices avaliados, sendo encontrados valores de  $r = 0,99$ , em todos os índices, além de possuírem significância estatística entre os instrumentos. Na posição ortostática, todos os índices também apresentaram correlação excelente, variando entre  $r = 0,97$  (PNN50) e  $r = 0,99$  (SDNN, RMSSD, SD2, VLF, LF ms<sup>2</sup> e HF ms<sup>2</sup>), porém, nos índices RMSSD e SD1 não demonstraram significância estatística. Sendo assim, o estudo concluiu que o cardiofrequencímetro Polar S810 pode ser utilizado como opção ao ECG para avaliação dos índices da VFC, porém, salienta que cuidados devem ser tomados ao avaliar os índices RMSSD e SD1 na posição em pé.

Utilizando o Polar S810i, Vanderlei et al. (2008), concluíram que o cardiofrequencímetro pode ser utilizado para mensurar os índices da VFC de forma tão confiável com o ECG. O estudo foi realizado com 15 homens adultos, com idade média de  $20,9 \pm 1,4$  anos, no repouso, durante 20 minutos. Os índices obtidos demonstraram uma forte correlação e com significância estatística, sendo um valor máximo de  $r = 0,995$  no índice RMSSD e mínimo de  $r = 0,978$  nos índices LF e HF (n.u.).

No estudo de Wallén et al. (2012) foram avaliados os dados mensurados simultaneamente pelo ECG e pelo Polar RS800, no repouso, em decúbito dorsal, de 341 indivíduos de ambos os sexos, sendo 139 homens e 202 mulheres (média de 52 e 53 anos, respectivamente). Os dados obtidos foram então separados de acordo com o sexo e a faixa etária (até 45 anos; 45 a 60 anos; acima de 60 anos) e analisados os índices SDNN, RMSSD, HF e LF. O estudo encontrou boa concordância entre os instrumentos nos indivíduos do sexo masculino, em todos os índices analisados, obtendo uma confiabilidade mais alta no índice LF (ICC = 0,979) e mais baixa em HF (ICC = 0,956). No sexo feminino, na faixa acima de 60 anos, nenhum dos índices alcançou o valor mínimo do índice de Correlação (ICC  $\leq 0,75$ ). Sendo assim, o estudo concluiu que os valores mensurados pelo cardiofrequencímetro podem ser influenciados pelo gênero feminino e idade mais avançada.

Barbosa et al. (2016) compararam os dados mensurados a partir do cardiofrequencímetro Polar RS800 com o ECG e o Polar RS800 com o Polar S810i (dispositivo já anteriormente validado nessa população), em 30 homens saudáveis (idade:  $20,66 \pm 1,40$  anos), durante 30 minutos, em duas posições: deitada na posição supina e sentada. Foram utilizados os índices no domínio do tempo e da frequência, sendo esses: RMSSD, SDNN, LF/HF, LF e HF (considerando ms<sup>2</sup> e n.u.). Em ambas as posições analisadas, foram obtidas altas correlações entre os dispositivos (Polar RS800 vs ECG; Polar RS800 vs Polar S810i) e com significância estatística. Comparando as mensurações do Polar RS800 vs ECG, o valor do coeficiente de correlação mínimo encontrado foi de  $r = 0,868$  no índice HF (ms<sup>2</sup> e n.u.) na posição supina, e o valor máximo foi de  $r = 0,989$  no índice LF (n.u.) na posição sentada. Ao comparar as mensurações obtidas do Polar RS800 vs Polar S810i, o valor do coeficiente de correlação mínimo encontrado foi de  $r = 0,948$  no índice LF/HF e o valor máximo foi de  $r = 0,997$  no índice LF (n.u.), ambos na posição sentada.

Giles, Draper; Neil (2016) realizaram um estudo com 20 indivíduos de ambos os sexos (idade  $28,7 \pm 9,9$  anos),

avaliando as medidas obtidas através do Polar V800 em comparação com o ECG. Foram realizadas as comparações entre os dispositivos nos seguintes índices da VFC: LF ms2, HF ms2, LF n.u., HF n.u., VLF, LF/HF, SDNN, RMSSD, PNN50, SD1 e SD2. O protocolo do estudo consistiu em 10 minutos na posição supina e sete minutos em ortostatismo. As medidas demonstraram concordância excelente em todos os índices e com significância estatística, sendo encontrado um valor de ICC = 0,99 no índice LF/HF, na posição supina, e de ICC = 1,0 para as demais comparações. Os autores concluíram que o Polar V800 foi válido em reproduzir os parâmetros da VFC em comparação ao ECG.

Alguns estudos realizaram a validação do cardiofrequencímetro em populações/situações específicas, como no estudo de Vasconcellos et al. (2015), que analisaram a validade do Polar RS800 em adolescentes obesos, e Gamelin et al. (2008), que realizaram um estudo com crianças utilizando o Polar S810. Em ambos os estudos, os resultados encontrados demonstraram que os equipamentos foram compatíveis para a mensuração da VFC.

Estudos recentes investigaram a validação do cardiofrequencímetro Polar V800 em indivíduos com hipertensão (Cilhoroz et al., 2020), lesão medular (Castro et al., 2021) e em idosos (Huang et al., 2021).

No estudo de Castro et al. (2021) que avaliou a validade do Polar V800 em indivíduos com lesão medular com paraplegia e tetraplegia incompleta, foi demonstrado que as análises de concordância para os intervalos RR, SDNN, rMSSD, PNN50, SD1, LF, HF e razão LF: HF tenderam a mostrar confiabilidade variando de aceitável a excelente (ICC = 0,579-0,990;  $p = 0,043-0,001$ ) e limites estreitos aceitáveis de concordância em ambos os grupos, independente da altura da lesão.

No estudo realizado por Huang et al. (2021), foi investigada a validade do Polar V800, em comparação ao ECG, em 40 idosos. Os resultados demonstraram que a análise do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e o tamanho do efeito do V800 foram altamente correlacionados com o ECG em todos os índices da VFC e em todas as condições testadas (ICC = 0,995–1,000,  $p < 0,001$ ) e o tamanho do efeito do viés foi pequeno ( $< 0,1$ ). O estudo concluiu que o V800 tem boa validade na avaliação da VFC em idosos em diferentes situações.

Sendo assim, vários estudos confirmaram a validade de diferentes modelos de cardiofrequencímetros na mensuração da VFC no repouso em comparação com o método padrão-ouro (ECG) em diferentes populações (adultos, atletas, idosos, crianças, adolescentes obesos, indivíduos com lesão medular e idosos), assim como sua confiabilidade no teste-reteste de alguns dispositivos. Na Tabela 1, encontram-se os resumos dos artigos encontrados que realizaram comparações de diferentes cardiofrequencímetros para a mensuração da VFC no repouso em comparação com o ECG.

**Tabela 1:** Estudos de validade do cardiofrequencímetro em comparação com o ECG para a mensuração da VFC na condição de repouso

Ano	Autores	Amostra	Instrumentos de medida	Protocolo (posição anatômica / tempo de registro)	Índices de VFC analisados	Resultados
2003	Radespiel-Tröger et al.	Adultos de ambos os sexos (n = 36)	ECG e Polar T31	Posição sentada / 3 minutos	RRI; SDNN; RMSSD; LF; HF; VLF; TP	Alta correlação e concordância nos índices no domínio do tempo e correlação mais baixa e concordância não significativa no domínio da frequência
2006	Gamelin; Berthoin; Bosquet	Homens adultos (n = 18)	ECG e Polar S810	Posição ortostática / 7 minutos; Posição supina / 10 minutos	SDNN, RMSSD, PNN50, VLF, LF, HF e LF/HF, SD1 e SD2	Validade do Polar S810 em relação ao ECG, porém se deve ter atenção na posição ortostática nos índices RMSSD e SD1
2008	Gamelin et al.	Crianças do sexo masculino (n = 12)	ECG e Polar S810	Posição supina / 10 minutos	RRI, SDNN, RMSSD, PNN50, VLF, LF, HF, LF/HF, SD1 E SD2	Validade do Polar S810 em mensurar os índices da VFC em crianças
2008	Vanderlei et al.	Homens adultos (n = 15)	ECG e Polar S810i	Posição supina / 20 minutos	RMSSD, PNN50, LF, HF e LF / HF	Correlação satisfatória entre os dispositivos
2009	Nunan et al.	Adultos de ambos os sexos (n = 33)	ECG e Polar S810	Posição supina / 10 minutos (teste e reteste)	SDNN, RMSSD, LF, HF e LF/HF	As mensurações obtidas através do Polar S810, comparadas ao ECG são validas, porém, não confiáveis em um intervalo de 1 semana
2009	Porto; Junqueira	Adultos de ambos os sexos (n = 25); Adultos de ambos os sexos com condições clínicas diversas (n = 8)	ECG e Polar S810	Posição supina / 5 minutos; Posição ortostática / 5 minutos	RRI, PNN50, SDNN, RMSSD	Excelente concordância entre os dispositivos nos índices analisados
2012	Wallén et al.	Adultos de ambos os sexos (n = 341)	ECG e Polar RS800	Posição supina / 5 minutos	SDNN, RMSSD, LF, HF e LF/HF	A validade do cardiofrequencímetro utilizado depende do sexo e da idade
2015	Vasconcellos et al.	Adolescentes obesos de ambos os sexos (n = 14)	ECG e Polar RS800cx	Posição supina / 25 minutos (teste e reteste)	RRI, PNN50, RMSSD, LF, HF e LF/HF	Os índices de VFC do Polar RS800cx demonstraram ser precisos e reprodutíveis em comparação ao ECG
2016	Giles, Draper; Neil	Adultos de ambos os sexos (n = 20)	ECG e Polar V800	Posição supina / 10 minutos; Posição ortostática / 7 minutos	SDNN, RMSSD, PNN50, VLF, LF, HF e LF/HF, SD1 e SD2	Validade do Polar V800 ao ECG ao produzir gravações de intervalos RR

2016	Barbosa et al.	Homens saudáveis (n = 30)	ECG, Polar RS800G3, Polar S810i	Posição supina / 30 minutos; Posição sentada / 30 minutos	SDNN, RMSSD, LF, HF e LF/HF	Ambos os dispositivos foram confiáveis em relação ao ECG para capturar os intervalos RR independentemente da posição
2017	Plews et al.	Atletas de elite (n = 3); Indivíduos treinados (n = 13); Atletas recreacionais (n = 10) de ambos os sexos	ECG e Polar H7	Posição sentada com respiração guiada / 5 minutos; Posição sentada com respiração espontânea / 5 minutos	RMSSD	O cardiofrequencímetro demonstrou uma boa concordância com o ECG
2020	Pereira et al.	Homens corredores recreativos (n = 31)	ECG e Polar H10 com aplicativo do smartphone	Posição supina / 5 minutos; Posição sentada / 5 minutos	RRI, RMSSD, PNN50, SDNN, SDANN, LF, HF, LF/HF, VLF e índices não lineares	O aplicativo do smartphone com o uso do Polar H10 foi válido em comparação com o ECG em todas as análises da FVC em corredores
2020	Cilhoroz et al.	Adultos com hipertensão arterial de ambos os sexos (n = 25)	ECG e Polar V800	Posição supina / 5 minutos	SDNN, RMSSD, PNN50, LF, HF, LF/HF e métodos não lineares	Polar V800 foi compatível com o ECG em adultos com hipertensão, especialmente após a correção dos artefatos
2021	Huang et al.	Idosos de ambos os sexos (n = 40)	ECG e Polar V800	Posição sentada / 5 minutos	SDNN, RMSSD, NN50, PNN50, TP, HF, LF, VLF, LF/HF	Polar V800 apresentou boa validade na avaliação da VFC nos adultos idosos
2021	Castro et al.	Homens com paraplegia (n = 10); Homens com tetraplegia incompleta (n = 9)	ECG e Polar V800	Posição sentada / 5 minutos	RRI, SDNN, RMSSD, PNN50, SD1, LF, HF e LF/HF	Polar V800 foi considerado um instrumento válido para avaliar a VFC em indivíduos com lesão medular, independente da altura da lesão

ECG: Eletrocardiograma; HF: Alta frequência (*high frequency*); LF: Baixa frequência (*Low Frequency*); PNN50: Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração > 50ms; RMSSD: Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes em um intervalo de tempo; RRI: Média dos intervalos RR; SD1: Desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento; SD2: Desvio-padrão a longo prazo dos intervalos R-R contínuos; SDANN: Desvio-padrão das médias dos RR normais, a cada 5min em um intervalo de tempo; SDNN: Desvio-padrão de todos os RR normais gravados em um intervalo de tempo; SDNNI: Média do desvio padrão dos intervalos RR normais a cada 5 minutos; TP: Potência Total (*Total Power*); ULF: Frequência ultrabaixa (*Extremely low-frequency*); VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; VLF: Frequência muito baixa (*Very Low Frequency*).

Fonte: Autores.

## 4. Conclusão

Os estudos demonstraram boa correlação entre os diferentes modelos de cardiofrequencímetros e o ECG na mensuração dos índices da VFC, evidenciando que os mesmos podem ser utilizados como uma alternativa ao ECG para a análise do controle autonômico cardíaco.

Porém, o número de estudos que avaliam sua utilização em indivíduos com alterações no controle autonômico cardíaco ainda é considerado pequeno, o que suscita maiores investigações. Além disso, será fundamental realizar novas investigações sobre a validade dos novos dispositivos que serão produzidos futuramente.

## Agradecimentos

Esse estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) (edital E-26/203.256/2017) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

- Andrade, P. E., do Amaral, J. A. T., Paiva, L. da S., Adami, F., Raimudo, J. Z., Valenti, V. E., Abreu, L. C. de, & Raimundo, R. D. (2017). Reduction of heart rate variability in hypertensive elderly. *Blood Pressure*, 26(6), 350–358.
- Barbosa, M. P. da C. de R., Silva, N. T. da, de Azevedo, F. M., Pastre, C. M., & Vanderlei, L. C. M. (2016). Comparison of Polar® RS800G3TM heart rate monitor with Polar® S810iTM and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 36(2), 112–117.
- Bassi, D., Santos-de-Araújo, A. D., Camargo, P. F., Dibai-Filho, A. V., da Fonseca, M. A., Mendes, R. G., & Borghi-Silva, A. (2018). Inter and Intra-Rater Reliability of Short-Term Measurement of Heart Rate Variability on Rest in Diabetic Type 2 Patients. *Journal of Medical Systems*, 42(12).
- Brunetto, A. F., Roseguini, B. T., Silva, B. M., Hirai, D. M., Ronque, E. V., & Guedes, D. P. (2008). Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 14(2), 145–149.
- Caminal, P., Sola, F., Gomis, P., Guasch, E., Perera, A., Soriano, N., & Mont, L. (2018). Validity of the Polar V800 monitor for measuring heart rate variability in mountain running route conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 118(3), 669–677.
- Casarin ST, Porto AR, Gabatz RIB, Bonow CA, Ribeiro JP, Mota MS. Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health (2020). *J. nurs. health.*; 10(5), e20104031.
- Castro, P., Ferreira, A. D. S., Lopes, A. J., Paula, T. De, Costa, R. M. R., Cunha, F. A., & Vigário, P. dos S. (2021). Validity of the Polar V800 heart rate monitor for assessing cardiac autonomic control in individuals with spinal cord injury. *Motriz: Revista de Educação Física*, 27.
- Cilhoroz, B., Giles, D., Zaleski, A., Taylor, B., Fernhall, B., & Pescatello, L. (2020). Validation of the Polar V800 heart rate monitor and comparison of artifact correction methods among adults with hypertension. *PLOS ONE*, 15(10), e0240220.
- Compostella, L., Lakusic, N., Compostella, C., Truong, L. V. S., Iliceto, S., & Bellotto, F. (2017). Does heart rate variability correlate with long-term prognosis in myocardial infarction patients treated by early revascularization? *World Journal of Cardiology*, 9(1), 27.
- Coote, J. H., & Chauhan, R. A. (2016). The sympathetic innervation of the heart: Important new insights. *Autonomic Neuroscience*, 199, 17–23.
- Cygankiewicz, I., & Zareba, W. (2013). Heart rate variability. In *Handbook of clinical neurology*. 117, 379–393. Elsevier B.V.
- Draghici, A. E., & Taylor, J. A. (2016). The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *Journal of Physiological Anthropology*, 35(1), 22.
- Gamelin, F. X., Baquet, G., Berthoin, S., & Bosquet, L. (2008). Validity of the polar S810 to measure R-R intervals in children. *International Journal of Sports Medicine*, 29(2), 134–138.
- Gamelin, F. X., Berthoin, S., & Bosquet, L. (2006). Validity of the polar S810 Heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(5), 887–893.
- Giles, D., Draper, N., & Neil, W. (2016). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), 563–571.
- Hagen, E., Rekand, T., Grønning, M., & Færevstrand, S. (2012). Kardiovaskulære følgetilstander etter ryggmargsskade. *Tidsskrift for Den Norske Legeforening*, 132(9), 1115–1120.
- Huang, C.-J., Chan, H.-L., Chang, Y.-J., Chen, S.-M., & Hsu, M.-J. (2021). Validity of the Polar V800 Monitor for Assessing Heart Rate Variability in Elderly Adults under Mental Stress and Dual Task Conditions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 869.

- Hunt, K. J., & Saengsuwan, J. (2018). Changes in heart rate variability with respect to exercise intensity and time during treadmill running. *BioMedical Engineering OnLine*, 17(1), 128.
- Kubota, Y., Chen, L. Y., Whitsel, E. A., & Folsom, A. R. (2017). Heart rate variability and lifetime risk of cardiovascular disease: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Annals of Epidemiology*, 27(10), 619-625.e2.
- Kyriakides, A., Poulidakos, D., Galata, A., Konstantinou, D., Panagiotopoulos, E., & Chroni, E. (2019). The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 42(2), 212-219.
- Lorga Filho, A., Cintra, F. D., Lorga, A., Grupi, C. J., Pinho, C., Moreira, D. A. R., Sobral Filho, D. C., Brito, F. S. de, Kruse, J. C. L., & Sobral Neto, J. (2013). Recommendations of the Brazilian Society of Cardiac Arrhythmias for Holter Monitoring Services. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 101(2), 101-105.
- Moridani, M. K., & Farhadi, H. (2017). Heart rate variability as a biomarker for epilepsy seizure prediction. *Bratislava Medical Journal*, 118(01), 3-8.
- Nevruz, O., Yokusoglu, M., Uzun, M., Demirkol, S., Avcu, F., Baysan, O., Koz, C., Cetin, T., Sag, C., Ural, A. U., & Isik, E. (2007). Cardiac Autonomic Functions are Altered in Patients with Acute Leukemia, Assessed by Heart Rate Variability. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 211(2), 121-126.
- Nunan, D., Gay, D., Jakovljevic, D. G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 243-250.
- Pereira, R. de A., Alves, J. L. de B., Silva, J. H. da C., Costa, M. da S., & Silva, A. S. (2020). Validity of a Smartphone Application and Chest Strap for Recording RR Intervals at Rest in Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(6), 896-899.
- Plaza-Florido, A., Sacha, J., & Alcantara, J. M. (2021). Short-term heart rate variability in resting conditions: methodological considerations. *Kardiologia Polska*.
- Plews, D. J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A. E., & Laursen, P. B. (2017). Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, polar H7 chest strap, and electrocardiography. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1324-1328.
- Poddar, M. G., Kumar, V., & Sharma, Y. P. (2015). Automated diagnosis of coronary artery diseased patients by heart rate variability analysis using linear and non-linear methods. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 39(6), 331-341.
- Porto, L. G. G., & Junqueira Jr, L. F. (2009). Comparison of Time-Domain Short-Term Heart Interval Variability Analysis Using a Wrist-Worn Heart Rate Monitor and the Conventional Electrocardiogram. *Pacing and Clinical Electrophysiology*, 32(1), 43-51.
- Radespiel-Troger, M., Rauh, R., Mahlke, C., Gottschalk, T., & Muck-Weymann, M. (2003). Agreement of two different methods for measurement of heart rate variability. *Clinical Autonomic Research*, 13(2), 99-102.
- Rajendra Acharya, U., Paul Joseph, K., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: a review. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 44(12), 1031-1051.
- Rothberg, L. J., Lees, T., Clifton-Bligh, R., & Lal, S. (2016). Association Between Heart Rate Variability Measures and Blood Glucose Levels: Implications for Noninvasive Glucose Monitoring for Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 18(6), 366-376.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5(September), 1-17.
- Shen, M. J., & Zipes, D. P. (2014). Role of the Autonomic Nervous System in Modulating Cardiac Arrhythmias. *Circulation Research*, 114(6), 1004-1021.
- Silva, T. P., Rolim, L. C., Sallum Filho, C., Zimmermann, L. M., Malerbi, F., & Dib, S. A. (2017). Association between severity of hypoglycemia and loss of heart rate variability in patients with type 1 diabetes mellitus. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 33(2).
- Tadic, M., Cuspidi, C., Pencic, B., Jozika, L., & Celic, V. (2015). Relationship between right ventricular remodeling and heart rate variability in arterial hypertension. *Journal of Hypertension*, 33(5), 1090-1097.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, 93(5), 1043-1065.
- Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A., Carvalho, T. D., & Godoy, M. F. (2009). Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, 24(2), 205-217.
- Vanderlei, L. C. M., Silva, R. A., Pastre, C. M., Azevedo, F. M., & Godoy, M. F. (2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 41(10), 854-859.
- Vasconcellos, F. V. A., Seabra, A., Cunha, F. A., Montenegro, R. A., Bouskela, E., & Farinatti, P. (2015). Heart rate variability assessment with fingertip photoplethysmography and polar RS800cx as compared with electrocardiography in obese adolescents. *Blood Pressure Monitoring*, 20(6), 351-360.
- Wake, E., & Brack, K. (2016). Characterization of the intrinsic cardiac nervous system. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 199, 3-16.
- Wallén, M. B., Hasson, D., Theorell, T., Canlon, B., Osika, W., & Ward, S. A. (2012). Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 1153-1165.
- Yıldız, B. S. (2016). Evaluation of heart rate variability in patients with coronary artery ectasia and coronary artery disease. *Türk Kardiyoloji Dernegi Arsivi-Archives of the Turkish Society of Cardiology*, 44(4), 306-314.