

**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA LTDA.
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

RAFFAEL PALMEIRA DA SILVA

**VALIDADE DO MI-BAND-7 PARA MEDIR FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ADULTOS TREINADOS EM EXERCÍCIOS DE FORÇA**

JOÃO PESSOA

2023

RAFFAEL PALMEIRA DA SILVA

**VALIDADE DO MI-BAND-7 PARA MEDIR FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ADULTOS TREINADOS EM EXERCÍCIOS DE FORÇA**

Artigo apresentado ao curso de Bacharelado em Educação Física como requisito para obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Área de pesquisa: Construção do Conhecimento em Educação Física

Orientador: Prof. Me. Leonardo dos Santos Oliveira

JOÃO PESSOA

2023

S583v

Silva, Raffael Palmeira da

Validade do mi-band-7 para medir frequência cardíaca de adultos jovens em exercícios de força / Raffael Palmeira da Silva. – João Pessoa, 2023.
20f.

Orientador: Prof^o. Me. Leonardo do Santos Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Dispositivos Eletrônicos Vestíveis. 2. Ritmo Cardíaco. 3. Treinamento de Força. I.
Título.

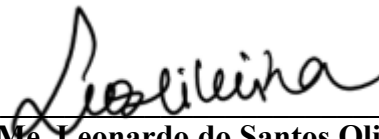
CDU: 796:612.17

RAFFAEL PALMEIRA DA SILVA

**VALIDADE DO MI-BAND-7 PARA MEDIR FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ADULTOS TREINADOS EM EXERCÍCIOS DE FORÇA**

João Pessoa, 2023

Artigo apresentado pelo(a) aluno(a) Raffael Palmeira da Silva, do Curso de Bacharelado em Educação Física, tendo obtido o conceito de APROVADO, conforme a apreciação da Banca Examinadora constituída pelos professores:



Prof. Me. Leonardo do Santos Oliveira
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança



Prof. Me. Natália Maria Mesquita de Lima Quirino
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança



Prof. Dr. Lucas Dantas Maia Forte
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a DEUS e a todas as pessoas que fizeram parte da minha trajetória acadêmica. Em especial gostaria de agradecer as seguintes pessoas: Ao professor Leonardo Oliveira por ter me orientado e ter dado todo suporte durante a realização desse projeto. Aos meus pais que me apoiaram em todos os momentos e foram fundamentais para que eu não desistisse. A todos que participaram das pesquisas, pela colaboração e disponibilidade para participar do projeto.

“A educação deve possibilitar ao corpo e à alma toda a perfeição e a beleza que podem ter”

Platão

RESUMO

O desenvolvimento de dispositivos vestíveis para o monitoramento de parâmetros de saúde vem ganhando notoriedade. Entretanto, ainda não foram analisadas características psicométricas do Xiaomi Mi Band 7 (MB7) para medida da frequência cardíaca (FC). Por isso, a validade e confiabilidade do MB7 para a medida da FC de adultos treinados em exercícios de força foram analisadas. Em um estudo de validação, 15 adultos do sexo masculino fisicamente ativos [média (DP); idade: 24 (4) anos; massa corporal: 78,8 (11,2)kg; estatura: 1,75 (0,05)m; IMC: 25,5 (2,8)kg/m²] realizaram três séries de 15 repetições (60% 1-RM) nos exercícios de supino reto com barra e remada baixa (pegada neutra). O intervalo entre as séries foi de 1 minuto. A FC foi registrada a cada cinco repetições, concomitantemente, pela cinta torácica Polar H10 e por dois MB7 vestidos nos braços direito e esquerdo. Durante a realização do exercício supino reto, foram observados valores médios entre 111 e 132 bpm pelo Polar H10 e entre 95 e 105 bpm pelo MB7. Na remada baixa, foram observados valores médios entre 121 e 152 bpm pelo Polar H10 e entre 100 e 113 bpm pelo MB7. Foi verificada pouca confiabilidade (coeficiente de correlação intraclasse, CCI<0,5) e baixa concordância ($\rho_c < 0,9$). A análise de Bland-Altman apontou um erro médio do MB7 variando entre 12 (repetição 5) e 32 bpm (repetição 15) no supino reto e variando entre 17 (repetição 5) e 40 bpm (repetição 15) na remada baixa. O CCI variou entre 0,151-0,483 (supino reto) e 0,000-0,699 (remada baixa), indicando baixa confiabilidade teste e reteste do MB7. Conclui-se que a pulseira MB7 apresentou índices inadequados de validade e confiabilidade para a medida da FC nos exercícios de supino reto e remada baixa. Portanto, o MB7 é não recomendado para medir a FC nesses exercícios em intensidades moderadas ou altas.

PALAVRAS-CHAVE: Dispositivos Eletrônicos Vestíveis; Ritmo Cardíaco; Treinamento de Força.

ABSTRACT

The development of wearable devices for monitoring health parameters has been gaining notoriety. However, the psychometric characteristics of the Xiaomi Mi Band 7 (MB7) for measuring heart rate (HR) have not yet been analyzed. Therefore, the validity and reliability of the MB7 for measuring the HR of adults trained in strength exercises were analyzed. In a validation study, 15 physically active male adults [mean (SD); age: 24 (4) years old; body mass: 78.8 (11.2)kg; height: 1.75 (0.05)m; BMI: 25.5 (2.8)kg/m²] performed three sets of 15 repetitions (60% 1-RM) in barbell bench press and low row exercises (neutral grip). The interval between sets was 1 minute. HR was recorded at every five repetitions, concomitantly, by the Polar H10 thoracic strap and by two MB7 dressed in the right and left arms. While performing the bench press exercise, mean values between 111 and 132 bpm were observed using the Polar H10 and between 95 and 105 bpm using the MB7. In low stroke, mean values between 121 and 152 bpm were observed for the Polar H10 and between 100 and 113 bpm for the MB7. Low reliability (intraclass correlation coefficient, ICC<0.5) and low agreement ($p < 0.9$) were verified. The Bland-Altman analysis showed an average MB7 error varying between 12 (repetition 5) and 32 bpm (repetition 15) in the bench press and varying between 17 (repetition 5) and 40 bpm (repetition 15) in the low row. The ICC varied between 0.151-0.483 (bench press) and 0.000-0.699 (low row), indicating low test and retest reliability of the MB7. It is concluded that the MB7 bracelet showed inadequate validity and reliability indices for measuring HR in bench press and low row exercises. Therefore, the MB7 is not recommended for measuring HR in these exercises at moderate or high intensities.

KEYWORDS: Wearable Electronic Devices; Young Adult; Resistance Training; Heart Rate.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	08
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
CONCLUSÃO.....	16
REFERÊNCIAS.....	16

VALIDADE DO MI-BAND-7 PARA MEDIR FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ADULTOS TREINADOS EM EXERCÍCIOS DE FORÇA

MI-BAND-7 VALIDITY TO MEASURE HEART RATE OF TRAINED ADULTS IN STRENGTH EXERCISES

RESUMO

O desenvolvimento de dispositivos vestíveis para o monitoramento de parâmetros de saúde vem ganhando notoriedade. Entretanto, ainda não foram analisadas características psicométricas do Xiaomi Mi Band 7 (MB7) para medida da frequência cardíaca (FC). Por isso, a validade e confiabilidade do MB7 para a medida da FC de adultos treinados em exercícios de força foram analisadas. Em um estudo de validação, 15 adultos do sexo masculino fisicamente ativos [média (DP); idade: 24 (4) anos; massa corporal: 78,8 (11,2)kg; estatura: 1,75 (0,05)m; IMC: 25,5 (2,8)kg/m²] realizaram três séries de 15 repetições (60% 1-RM) nos exercícios de supino reto com barra e remada baixa (pegada neutra). O intervalo entre as séries foi de 1 minuto. A FC foi registrada a cada cinco repetições, concomitantemente, pela cinta torácica Polar H10 e por dois MB7 vestidos nos braços direito e esquerdo. Durante a realização do exercício supino reto, foram observados valores médios entre 111 e 132 bpm pelo Polar H10 e entre 95 e 105 bpm pelo MB7. Na remada baixa, foram observados valores médios entre 121 e 152 bpm pelo Polar H10 e entre 100 e 113 bpm pelo MB7. Foi verificada pouca confiabilidade (coeficiente de correlação intraclasse, CCI<0,5) e baixa concordância (ρ_c <0,9). A análise de Bland-Altman apontou um erro médio do MB7 variando entre 12 (repetição 5) e 32 bpm (repetição 15) no supino reto e variando entre 17 (repetição 5) e 40 bpm (repetição 15) na remada baixa. O CCI variou entre 0,151-0,483 (supino reto) e 0,000-0,699 (remada baixa), indicando baixa confiabilidade teste e reteste do MB7. Conclui-se que a pulseira MB7 apresentou índices inadequados de validade e confiabilidade para a medida da FC nos exercícios de supino reto e remada baixa. Portanto, o MB7 é não recomendado para medir a FC nesses exercícios em intensidades moderadas ou altas.

PALAVRAS-CHAVE: Dispositivos Eletrônicos Vestíveis; Ritmo Cardíaco; Treinamento de Força.

ABSTRACT

The development of wearable devices for monitoring health parameters has been gaining notoriety. However, the psychometric characteristics of the Xiaomi Mi Band 7 (MB7) for measuring heart rate (HR) have not yet been analyzed. Therefore, the validity and reliability of the MB7 for measuring the HR of adults trained in strength exercises were analyzed. In a validation study, 15 physically active male adults [mean (SD); age: 24 (4) years old; body mass: 78.8 (11.2)kg; height: 1.75 (0.05)m; BMI: 25.5 (2.8)kg/m²] performed three sets of 15 repetitions (60% 1-RM) in barbell bench press and low row exercises (neutral grip). The interval between sets was 1 minute. HR was recorded at every five repetitions, concomitantly, by the Polar H10 thoracic strap and by two MB7 dressed in the right and left arms. While performing the bench press exercise, mean values between 111 and 132 bpm were observed using the Polar H10 and between 95 and 105 bpm using the MB7. In low stroke, mean values between 121 and 152 bpm were observed for the Polar H10 and between 100 and 113 bpm for the MB7. Low reliability (intraclass correlation coefficient, ICC<0.5) and low agreement (ρ_c <0.9) were verified. The Bland-Altman analysis showed an average MB7 error varying between 12 (repetition 5) and 32 bpm (repetition 15) in the bench press and varying between 17 (repetition 5) and 40 bpm (repetition 15) in the low row. The ICC varied between 0.151-0.483 (bench press) and 0.000-0.699 (low row), indicating low test and retest reliability of the MB7. It is concluded that the MB7 bracelet showed inadequate validity and reliability indices for measuring HR in bench press and low row exercises. Therefore, the MB7 is not recommended for measuring HR in these exercises at moderate or high intensities.

KEYWORDS: Wearable Electronic Devices; Young Adult; Resistance Training; Heart Rate.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de dispositivos vestíveis para o monitoramento de parâmetros relacionados à saúde e, especialmente, à atividade física, vem ganhando notoriedade.¹ Dessa forma, sinais elétricos cardíacos, pressão arterial, saturação de oxigênio e, até mesmo, temperatura corporal, tem sido medido por meio de um mesmo dispositivo. Diferentes tipos de atividades físicas/exercícios podem ser analisados, contudo, a autenticidade científica desses dispositivos carece de evidências, sobretudo, em relação a modalidades populares como o treinamento de força.

Dentre os dispositivos vestíveis mais populares no mercado, destacam-se os da marca chinesa Xiaomi, como o Mi Band 7 (MB7) com lançamento no ano de 2022. Essa pulseira inteligente apresenta um acelerômetro de alta sensibilidade para garantir o rastreamento preciso das atividades físicas. Outras melhorias em relação às versões prévias estão relacionadas à quantidade de atividades físicas que podem ser monitorados individualmente.²

Paradiso et al.³ observaram que a validade e confiabilidade do Mi Band 2 para medir a FC podem não ser adequadas para uso clínico ou de pesquisa, pois subestimam a FC durante o exercício. Um estudo mais recente de De la Casa Pérez et al.⁴ demonstrou que o Mi Band 4 apresentou valores de validade convergentes em relação ao monitor *Firstbeat* durante o registro, tanto em repouso, quanto em caminhada. Entretanto, ainda não foram analisadas as características psicométricas do MB7.

Sabe-se que a precisão da medida da FC em contextos laboratoriais pode variar conforme o fabricante, o tipo de dispositivo e as condições de realização dos exercícios.^{5,6} Na medida da FC em exercícios aeróbicos ou de força, pode-se observar que as mais variadas técnicas de processamento de sinal já foram propostas,⁷ a fim de remover interferências na estimativa. Spierer et al.⁶ relatam que o tipo de exercício pode influenciar a precisão da leitura dos equipamentos, especialmente em modalidades de ciclismo e levantamento de peso, as quais exigem preensão dos dedos e constantes movimentos de flexão e extensão de punho. Nessa direção, destaca-se, em especial, os exercícios de força de membros superiores, devido à realização de movimentos que fazem os dispositivos oscilarem constantemente.⁸

Embora sejam lançados no mercado comercial, milhares de dispositivos que monitoram parâmetros fisiológicos, poucos apresentam padrões adequados na avaliação de características psicométricas⁹. As medidas psicométricas possuem o pressuposto da validação para tornar-se confiável.¹⁰ Embora versões prévias da pulseira Mi Band tenham sido avaliadas quanto à confiabilidade, não está claro o método análise dos equipamentos. Mühlen et al.⁹

apresentaram recomendações para a padronização de estudos de validação com dispositivos vestíveis baseados em fotopletismografia (PPG). Atualmente, o padrão-ouro destes dispositivos são as cintas torácicas, que oferecem canais adequados de medição óptica, quando comparadas a outros dispositivos e suas configurações para a leitura dos sinais de PPG.

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi analisar características psicométricas do dispositivo MB7 para a medida da FC durante exercícios de força em jovens adultos jovens. A hipótese é que o dispositivo seja válido para medir a FC em adultos jovens durante exercícios de força. O presente estudo pode ser utilizado como suporte para estudos futuros voltados para a ciência esportiva e validação de dispositivos vestíveis, além de fornecer parâmetros para a aquisição de dispositivos vestíveis no comércio.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da pesquisa e aspectos éticos

Trata-se de um estudo de validação (validade concorrente),¹¹ com teste-reteste, projetado para estabelecer a autenticidade científica do dispositivo vestível MB7 na medição da FC contra um padrão-ouro. A investigação foi realizada em ambiente controlado, com medição da FC realizada em diferentes exercícios de força. Assim, validade concorrente foi determinada usando uma cinta torácica, enquanto a confiabilidade foi estabelecida por usar a pulseira MB7 nos antebraços direito e esquerdo em condições de teste e reteste (2-7 dias).

Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética da FACENE (CAAE: 56334722.0.0000.5179) e atendeu aos preceitos éticos do Conselho Nacional de Saúde (Res. 466/12). Todos os voluntários forneceram consentimento informado por escrito.

Participantes

Quinze adultos do sexo masculino participaram do estudo. Os meios de recrutamento foram mídias sociais (Instagram e WhatsApp) e pelo método boca a boca. Adultos do sexo masculino de 18 a 32 anos, não caucasianos (tom de pele= IV e V) (Fitzpatrick)¹² e fisicamente ativos (≥ 150 minutos/semana de atividade física moderada ou vigorosa e ≥ 120 minutos/dia três vezes por semana) foram incluídos. Dois participantes foram excluídos por não completar todos os protocolos do estudo.

Instrumentos e procedimentos de coleta de dados

Os participantes elegíveis foram convidados a visitar a academia-escola da faculdade por três vezes para realização de: 1ª visita) Medidas antropométricas, estimativa de força dinâmica máxima e familiarização aos protocolos experimentais, 2ª visita) Protocolo de teste e 3ª) protocolo de reteste.

As variáveis de idade (anos), estatura (cm) e massa corporal (kg) foram registradas por meio de uma anamnese, juntamente com o questionário PAR-Q,¹³ utilizando-se uma ficha de coleta própria. Antes dos dias de teste, os participantes foram instruídos a evitar exercícios físicos e o consumo de bebidas que alteram a FC (ex.: café, bebidas alcoólicas ou energéticos). Em todas as ocasiões, os participantes utilizaram o dispositivo MB7 (Xiaomi, China) na versão global, posicionados nos antebraços direito (MB7-D) e esquerdo (MB7-E) e um transmissor cardíaco (cinta torácica com eletrocardiografia, ECG) validado (H10, Polar Electro Oy, Finlândia). O MB7 e a cinta torácica foram conectados via conexão sem fio (Bluetooth 4.0) a aparelhos celulares com os aplicativos ZeppLife e Polar Flow, respectivamente.

A força dinâmica máxima foi estimada por meio de um teste de 1-RM nos exercícios de supino reto com barra (barra e anilhas), remada baixa e (Lion fitness, Brasil), em sessão única, de forma randomizada. A estimativa da carga máxima (1-RM) foi realizada com um peso satisfatório (execução de até 10 repetições) e emprego da equação proposta por Brzycki¹⁴: $1\text{-RM} = 100 \times \text{carga} / [102,78 - (2,78 \times \text{reps})]$.

Para as medidas de validação do MB7, durante os dias de teste e reteste, os participantes realizaram três séries de 15 repetições (60% de 1-RM) nos exercícios de supino reto com barra e remada baixa (pegada neutra). O intervalo entre as séries compreendeu 1 minuto. Após repouso de 5 minutos e a cada cinco repetições durante os exercícios de força, a FC foi registrada. Todas as medidas foram efetuadas por três avaliadores treinados.

Análise dos dados

Os dados apresentaram distribuição normal (Teste de Shapiro-Francia) e foram reportados por média e desvio padrão (DP). O teste *t* pareado foi usado para comparar a FC entre os dispositivos (MB7 vs. cinta torácica) nas diferentes condições. O erro sistemático foi verificado por meio da análise de Bland-Altman, que testou a concordância entre a cinta torácica contra MB7, verificando-se a tendência (diferença média), DP e limites superior e inferior de concordância (LOA, definido como $\text{média} \pm 1,96 \times \text{DP}$). Em adição, o coeficiente de

correlação de concordância foi calculado e a magnitude da concordância foi interpretada como: <0,9: baixa, 0,90-0,95: moderada, 0,95-0,99: substancial, >0,99: quase perfeita.¹⁵ Por fim, o coeficiente de correlação intraclasse (ICC_{3,1}) foi calculado e interpretado como: <0,5: ruim, 0,5-0,74: moderado, 0,75-0,9: bom, >0,9: excelente.^{16,17} A análise estatística foi realizada por meio dos programas IBM Statistical Package of the Social Sciences (SPSS), versão 27.0 (IBM corp., Pala, EUA) e MedCalc® Statistical Software versão 20.014 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium). Um valor-P foi considerado estatisticamente significativo se menor que 5%.

RESULTADOS

Os participantes apresentaram média (DP) de idade igual a 24 (4) anos, massa corporal de 78,8 (11,2) kg, estatura de 1,75 (0,05) m e IMC de 25,5 (2,8) kg/m². A estimativa da carga máxima (média e DP) foi de 49,5 (11,7) kg no supino e 58,8 (11,9) kg na remada baixa.

Durante a condição de teste (Tabela 1) e reteste (Tabela 2) no exercício de supino reto, tanto o MB7 vestido no braço direito, quanto no esquerdo, subestimaram a FC quando comparado ao Polar H10.

TABELA 1: Comparação da frequência cardíaca (bpm), na condição de teste, durante o exercício de supino reto medida pelo Polar H10 e pelo MB7 (n= 15).

Série	1			2			3		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
H10	111 (13)	120 (12)	128 (13)	116 (13)	123 (18)	132 (16)	118 (13)	126 (14)	130 (16)
MB7-D	99 (11)*	98 (10)*	95 (11)*	101 (13)*	101 (14)*	99 (14)*	103 (15)*	104 (15)*	105 (14)*
MB7-E	100 (17)*	100 (17)*	97 (13)*	100 (13)*	101 (14)*	100 (14)*	102 (14)*	102 (16)*	102 (14)*

Dados apresentados por média (DP). *Diferença significativa do H10 ($P < 0,05$). MB7-D, Mi Band 7 (antebraço direito). MB7-E, Mi Band 7 (antebraço esquerdo).

TABELA 2: Reteste da comparação da frequência cardíaca (bpm), na condição de teste, durante o exercício de supino reto medida pelo Polar H10 e pelo MB7 (n= 15).

Série	1			2			3		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
H10	110	118	123	110	119	125	113	123	128

	(10)	(12)	(12)	(13)	(15)	(18)	(11)	(13)	(14)
MB7-D	94	96	97	98	99	101	104	103	108
	(11)*	(10)*	(10)*	(9)*	(11)*	(11)*	(8)*	(8)*	(9)*
MB7-E	93	93	93	97	96	99	96	99	101
	(12)*	(11)*	(12)*	(10)*	(14)*	(13)*	(17)*	(15)*	(15)*

Dados apresentados por média (DP). *Diferença significativa do H10 ($P < 0,05$). MB7-D, Mi Band 7 (antebraço direito). MB7-E, Mi Band 7 (antebraço esquerdo).

A tabela 3 sumariza as características psicométricas para medida da FC no exercício supino reto da versão MB7-D contra o Polar H10. Foi observada pouca confiabilidade ($CCI < 0,5$) e baixa concordância ($\rho_c < 0,9$). Além disso, a análise de Bland-Altman apontou um erro médio variando entre 12 (repetição 5) e 32 bpm (repetição 15) no exercício supino reto.

TABELA 3: Características psicométricas da pulseira MB7-D (antebraço direito) *versus* Polar H10 para a medida da frequência cardíaca durante o exercício supino reto ($n = 15$).

Condição	CCI (IC _{95%})	Análise de Bland-Altman		ρ_c
		Erro médio (IC _{95%})	Limites de concordância	
Série 2	0,315	11,7	-11,4 a 34,9	0,188
Repetição 5	[-0,22 a 0,70]	[5,1 a 18,2]		
Série 2	0,246	21,8	-16,9 a 60,5	0,170
Repetição 10	[-0,29 a 0,66]	[10,8 a 32,7]		
Série 2	0,237	32,2	-4,1 a 68,5	0,068
Repetição 15	[-0,32 a 0,67]	[21,5 a 42,9]		

CCI, coeficiente de correlação intraclassa. ρ_c , coeficiente de correlação de concordância. IC_{95%}, intervalo de confiança de 95%.

Durante a condição de teste (Tabela 4) e reteste (Tabela 5) no exercício de remada baixa, tanto o MB7-D, quanto o MB7-E subestimaram a FC quando comparado ao Polar H10.

TABELA 4: Teste da comparação da frequência cardíaca (bpm), na condição de teste, durante o exercício de remada baixa medida pelo Polar H10 e pelo MB7 ($n = 15$).

Série	1			2			3		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
H10	121	135	143	125	140	149	128	145	152
	(11)	(14)	(14)	(11)	(12)	(12)	(13)	(12)	(12)
MB7-D	102	105	107	108	107	109	114	112	113

	(14)*	(16)*	(17)*	(16)*	(17)*	(19)*	(9)*	(12)*	(14)*
MB7-E	101	100	101	105	106	103	108	110	108
	(13)*	(13)*	(13)*	(12)*	(14)*	(14)*	(11)*	(11)*	(13)*

Dados apresentados por média (DP). *Diferença significativa do H10 ($P<0,05$). MB7-D, Mi Band 7 (antebraço direito). MB7-E, Mi Band 7 (antebraço esquerdo).

TABELA 5: Reteste da comparação da frequência cardíaca (bpm), na condição de teste, durante o exercício de remada baixa medida pelo Polar H10 e pelo MB7 (n= 15).

Série	1			2			3		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
H10	117 (8)	133 (11)	141 (13)	121 (12)	136 (13)	145 (14)	124 (12)	123 (13)	147 (15)
MB7-D	101 (14)*	102 (15)*	102 (15)*	108 (14)*	108 (15)*	110 (16)*	106 (13)*	105 (14)*	106 (15)*
MB7-E	99 (15)*	98 (14)*	99 (14)*	106 (15)*	107 (14)*	107 (16)*	105 (14)*	106 (14)*	107 (13)*

Dados apresentados por média (DP). *Diferença significativa do H10 ($P<0,05$). MB7-D, Mi Band 7 (antebraço direito). MB7-E, Mi Band 7 (antebraço esquerdo).

A tabela 6 sumariza as características psicométricas para medida da FC no exercício remada baixa da versão MB7-D contra o Polar H10. Foi observada pouca confiabilidade ($CCI<0,5$) e baixa concordância ($\rho_c<0,9$). Em adição, a análise de Bland-Altman apontou um erro médio variando entre 17 (repetição 5) e 40 bpm (repetição 15).

TABELA 6: Características psicométricas da pulseira MB7 (antebraço direito) *versus* Polar H10 para a medida da frequência cardíaca durante o exercício remada baixa (n= 15).

Condição	CCI (IC _{95%})	Análise de Bland-Altman		ρ_c
		Erro médio (IC _{95%})	Limites de concordância	
Série 2	0,164	16,8	-17,7 a 51,3	0,090
Repetição 5	[-0,36 a 0,61]	[7,0 a 26,5]		
Série 2	0,288	32,3	-2,0 a 66,6	0,080
Repetição 10	[-0,24 a 0,68]	[22,6 a 42,0]		
Série 2	0,131	40,0	-1,8 a 81,8	0,030
Repetição 15	[-0,39 a 0,59]	[28,1 a 51,8]		

CCI, coeficiente de correlação intraclasse. ρ_c , coeficiente de correlação de concordância. IC_{95%}, intervalo de confiança de 95%.

Os valores do CCI variaram entre 0,151 e 0,483 para as condições teste e reteste do MB7, indicando baixa confiabilidade no exercício de supino reto. Do mesmo modo, os valores do CCI no exercício de remada baixa variaram entre 0,000 e 0,699 para as condições teste e reteste do MB7, indicando uma confiabilidade fraca a moderada.

DISCUSSÃO

O presente estudo analisou características psicométricas do dispositivo MB7 para a medida da FC durante exercícios de força em adultos jovens. A hipótese de que o MB7 seja válido e confiável para a medida da FC de adultos jovens em exercícios de força foi refutada. Os principais achados desse estudo foram: i) a pulseira MB7 apresentou índices inadequados de validade para a medida da FC comparada com H10 durante os exercícios de supino reto e remada baixa e ii) a pulseira MB7 apresentou índices inadequados de confiabilidade teste-reteste para a medida da FC durante os exercícios de supino reto e remada baixa. Portanto, a utilização do MB7 para medida da FC nos exercícios de força de intensidade moderada, que exigem constante isometria, flexão e extensão do pulso, acarreta erro na leitura dos dados.

Os dados analisados mostraram que à medida que a FC aumentava, devido ao esforço realizado, os dispositivos Polar H10 e MB7 apresentaram maiores diferenças médias. Em ambos os exercícios, tanto no teste, quanto no reteste, esse padrão foi ainda mais nítido quando os participantes estavam se aproximando do seu esforço máximo. Tais diferenças podem ser explicadas pelo fato de que os dispositivos apresentam tecnologias diferentes (ECG vs. PPG), justificando um atraso para realizar a leitura da FC.^{3,6,18} Dessa forma, quando a medida exata da FC for necessária, deve-se optar por dispositivos com maior precisão.

As diferenças observadas na medida da FC entre os dispositivos podem ser explicadas, adicionalmente, pela dinâmica do próprio exercício de força (ex.: extensão, flexão e isometrias) e pelo fato do sistema de captação, a PPG leva um tempo maior para realizar a leitura. Por exemplo, durante os exercícios de remada baixa e supino reto com barra, a região do pulso estava em constante contração e movimentação, o que pode gerar um distanciamento ou uma aproximação do sensor de PPG do MB7 e, assim, prejudicar a leitura das medidas.

Spierer et al.⁶ corroboram com nossos achados ao relatarem que dispositivos vestíveis tendem a oscilar na leitura da FC em exercícios de força e no ciclismo. Nessa direção, sugere-se que a melhoria nas pulseiras pode reduzir o erro (ex.: utilização de material capaz de abraçar o pulso para limitar grandes movimentações do leitor de PPG).

Poucos estudos analisaram características psicométricas de dispositivos vestíveis em diferentes tipos de exercícios, além da caminhada/corrida.^{7,6} Paradiso et al.⁷ mostraram que o Mi Band 2 subestimou a FC durante um protocolo subidas em escada. Por sua vez, Spierer et al.⁶ verificaram que o dispositivo Mio Alpha, comparado ao Polar HR500U, apresentou tendência em subestimar a FC consistentemente no exercício rosca direta com desenvolvimento. Nesse contexto, ao subestimar a FC em ambos os exercícios analisados, nossos achados reforçam a limitada validade da linha Mi Band em exercícios de força que empregam grande movimentação e força isométrica do antebraço.

Investigações anteriores de validação tem apontado, em contrapartida, que dispositivos da série Mi Band são válidos e confiáveis para a leitura da FC em condições de repouso ou exercício de baixa intensidade.^{3,4,19} Contudo, outras pesquisas mostraram que versões anteriores da Mi Band tendem a subestimar a medida da FC em exercícios de intensidade moderada a alta (ex.: corrida e ciclismo).^{7,6} Chow et al.¹⁸ relatam que os usuários devem evitar confiar inteiramente nas leituras produzidas para indicar intensidades de exercício, pois determinados dispositivos podem produzir leituras errôneas, inferindo falsas intensidades em tempo real.

O monitoramento de FC por meio de dispositivos vestíveis é capaz de auxiliar no acompanhamento do gasto calórico do usuário, o que pode ser interessante para controlar a intensidade durante a prática de atividades físicas. Além disso, os dispositivos podem auxiliar no monitoramento da FC em grupos especiais (ex.: cardiopatas), uma vez que pode ser capaz de auxiliar também em controlar a intensidade adequada para a realização das atividades dessa população. Contudo, nossos achados reforçam que o MB7 não se mostra adequado para a estimativa de gasto calórico ou monitoramento da FC para grupos especiais durante exercícios de força com intensidades moderadas ou altas.

O presente estudo apresenta algumas limitações. A priori, foram analisados apenas dois exercícios de força voltados para membros superiores. Outros exercícios multiarticulares ou com ênfase em membros inferiores podem ser explorados, com o objetivo de analisar o comportamento do leitor de PPG em condições que não exigem constante movimentação do antebraço. Adicionalmente, é relevante considerar que intensidades mais leves não foram analisadas e podem apresentar melhor padrão na leitura. Por fim, essa investigação foi delimitada a um grupo de adultos não-caucasianos e fisicamente ativos. Assim, novos estudos de validação, envolvendo outros exercícios de força e populações, são sugeridos.

CONCLUSÃO

A pulseira MB7 apresentou índices inadequados de validade e confiabilidade comparada com o Polar H10 para a medida da FC durante os exercícios de supino reto e remada baixa. Portanto, a pulseira MB7 não é recomendada para a medir FC de adultos durante exercícios de força para membros superiores em intensidades moderadas ou altas.

REFERÊNCIAS

1. Gomes Barreto R, Aversari L, Barreto R, Barreto G. Gerência De Projetos Em Computação Vestível: Diretrizes Para O Desenvolvimento De Produtos Vestíveis Inteligentes. 2019. p. 65-75.
2. Xiaomi. Xiaomi Smart Band 7 Hong Kong: Xiaomi; 2022. [cited 13 out. 2022]. Available from: <https://www.mi.com/global/product/xiaomi-smart-band-7/>.
3. Paradiso C, Colino F, Liu S. The validity and reliability of the mi band wearable device for measuring steps and heart rate. *Int J Exerc Sci.* 2020;13(4):689.
4. Casa Pérez A, Latorre Román PÁ, Muñoz Jiménez M, Lucena Zurita M, Laredo Aguilera JA, Párraga Montilla JA, et al. Is the Xiaomi Mi Band 4 an Accuracy Tool for Measuring Health-Related Parameters in Adults and Older People? An Original Validation Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2022;19(3):1593.
5. Fuller D, Colwell E, Low J, Orychock K, Tobin MA, Simango B, et al. Reliability and validity of commercially available wearable devices for measuring steps, energy expenditure, and heart rate: systematic review. *JMIR mHealth and uHealth.* 2020;8(9):e18694.
6. Spierer DK, Rosen Z, Litman LL, Fujii K. Validation of photoplethysmography as a method to detect heart rate during rest and exercise. *Journal of Medical Engineering & Technology.* 2015;39(5):264-71.
7. Periyasamy V, Pramanik M, Ghosh P. Review on heart-rate estimation from photoplethysmography and accelerometer signals during physical exercise. *Journal of the Indian Institute of Science.* 2017;97.
8. Horton JF, Stergiou P, Fung TS, Katz L. Comparison of Polar M600 Optical Heart Rate and ECG Heart Rate during Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(12):2600-7.
9. Mühlen JM, Stang J, Lykke Skovgaard E, Judice PB, Molina-Garcia P, Johnston W, et al. Recommendations for determining the validity of consumer wearable heart rate devices: expert statement and checklist of the INTERLIVE Network. *British Journal of Sports Medicine.* 2021;55(14):767.

10. Pasquali L. Psychometrics. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. 2009;43:992-9.
11. Portney LG. *Foundations of clinical research: applications to evidence-based practice*. 4th ed. Philadelphia: F. A. Davis Company; 2020.
12. Fitzpatrick TB. The Validity and Practicality of Sun-Reactive Skin Types I Through VI. *Archives of Dermatology*. 1988;124(6):869-71.
13. Oliveira Luz LG, Farinatti PdTV. Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q). *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2005;4(1):43-8.
14. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of physical education, recreation & dance*. 1993;64(1):88-90.
15. Lin L. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometric*, 45, 255-268. 1989.
16. Bartko JJ. The intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. *Psychological reports*. 1966;19(1):3-11.
17. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*. 2016;15(2):155-63.
18. Chow HW, Yang CC. Accuracy of optical heart rate sensing technology in wearable fitness trackers for young and older adults: Validation and comparison study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8(4):e14707.
19. Oliveira LAF, Manguiera HNL, Silva JCG, Oliveira LS. Confiabilidade do Xiaomi Mi-Band-5 para medir frequência cardíaca de repouso: um estudo piloto. *I Colóquio Internacional de Ciências, Tecnologia e Inovação em Saúde*; João Pessoa: FACENE; 2022. p. 228.