

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA - FEF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE FISIOLÓGIA DO EXERCÍCIO – FEF

FREDDY ENRIQUE RAMOS GUIMARÃES

**Análise da responsividade cronotrópica e autonômica após o teste
de esforço máximo em indivíduos com transtornos mentais
comuns: um estudo multifatorial**

BRASÍLIA

2025

FREDDY ENRIQUE RAMOS GUIMARÃES

**Análise da responsividade cronotrópica e autonômica após o teste
de esforço máximo em indivíduos com transtornos mentais
comuns: um estudo multifatorial**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília, como pré-requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Eckhardt Molina

BRASÍLIA

2025

FREDDY ENRIQUE RAMOS GUIMARÃES

**Análise da responsividade cronotrópica e autonômica após o teste
de esforço máximo em indivíduos com transtornos mentais
comuns: um estudo multifatorial**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília, como pré-requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Guilherme Eckhardt Molina - presidente

Universidade de Brasília

Prof. Dr. Luiz Guilherme Grossi Porto

Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Janssen Gomes da Cruz

Centro Universitário Euro Americano - UNIEURO

Dra. Michelle Teles Morlin

Rede Sarah de Hospitais de Reabilitação

Prof. Dr. Américo Pierangeli Costa (Suplente)

Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a mim mesmo. Agradeço por ter sonhado, por ter acreditado que seria possível e por ter persistido mesmo diante das incertezas. Agradeço à minha própria coragem de iniciar e à resiliência de continuar com consistência e disciplina, dia após dia, ao longo desses anos. Reconheço o esforço, as renúncias e a dedicação silenciosa que me trouxeram até aqui. Este doutorado é também fruto da minha determinação.

Fechar esse ciclo representa mais do que concluir uma etapa acadêmica; é a realização de um sonho construído ao longo de aproximadamente oito. Nesse tempo, vivi desafios intensos dentro e fora do ambiente acadêmico, como por exemplo o deslocamento que fazia para a FEF/UnB, acumulei aprendizados que levarei para vida. Foram inúmeras reuniões científicas e de confraternização, viagens, congressos, dias exaustivos e outros inspiradores, todos em um ambiente acadêmico agradável, acolhedor e saudável.

A minha esposa Talita, dedico um agradecimento que nasce do mais profundo reconhecimento. Obrigado por ter sustentado nossa família com tanta força, coragem e serenidade. Enquanto eu seguia esse sonho, você cuidou dos nossos filhos, da casa e de tudo o que precisava ser feito, sem nunca fraquejar ou demonstrar cansaço diante das dificuldades. Você assumiu uma carga imensa para que eu pudesse continuar, e em nenhum momento pensou em desistir, ao contrário, sempre me incentivou, acreditou em mim e me lembrou do propósito maior dessa jornada. Este doutorado também é seu, fruto da sua dedicação silenciosa e da sua presença constante. Sou imensamente grato por caminhar ao seu lado. Eu te amo.

Aos meus filhos, Pablo e Bento, deixo um agradecimento cheio de amor e saudade. Quando iniciei a pós-graduação, Pablo tinha apenas 7 anos e Bento apenas 2; hoje vocês têm 13 e 9 anos, e perceber o quanto cresceram ao longo dessa jornada me enche de orgulho e emoção, será que eu percebi mesmo ou irei notar mais diferenças “amanhã”? Enfim, o fato é que o tempo passou, e mesmo estando sempre presente, muitas vezes precisei estar distante, precisei dizer “não” para brincadeiras, para conversas, para momentos que jamais voltarão. Ainda assim, vocês sempre entenderam. Vocês comemoravam cada pequena vitória minha, vibravam com cada etapa concluída, seguida das perguntas “e agora o que falta? falta muito? e esperavam ansiosos pelos potes de doce de leite que eu trazia quando voltava da UnB, como se aquilo fosse um símbolo das nossas pequenas celebrações. Obrigado, meus filhos, por

transformarem esse percurso em algo mais leve, mais significativo e por me lembrarem todos os dias do porquê eu nunca desisti. Eu amo vocês.

Ao meu pai, dedico um agradecimento especial, cheio de admiração, gratidão e amor. Foi ele quem traçou esse caminho antes de mim e me mostrou, com o próprio exemplo, que vale a pena persistir nos sonhos, por mais longos ou difíceis que sejam. Sempre me incentivou, ofereceu apoio e se colocou à disposição para ajudar, mesmo quando a distância física parecia grande. Na minha qualificação, ele estava lá, acompanhando tudo de uma maca de hospital, recém-saído de uma cirurgia e, ainda assim, fez questão de estar presente de alguma forma. Em todas as etapas dessa jornada, nas conquistas e nas dúvidas, pude contar com seus conselhos, suas orientações equilibradas e suas palavras sempre cheias de tranquilidade e sabedoria. Sou profundamente grato por tudo o que aprendi e continuo aprendendo com ele. Eu te amo papai.

À minha querida e amada mãe, deixo um agradecimento que carrego no coração. Desde cedo, você me incentivou a estudar, a seguir adiante e a acreditar que, mesmo que nada fosse fácil, eu seria capaz de conquistar tudo aquilo que me propusesse. Você doou a própria vida para que eu e meu irmão tivéssemos oportunidades e pudéssemos vencer, e isso é algo que jamais poderei retribuir à altura. Sempre perguntava quando o curso terminaria, o que ainda faltava, por que demorava tanto? não por cobrança, mas por cuidado, por torcida, por acreditar no meu potencial. Em tantas ligações, desligou a chamada apenas para não me atrapalhar nos estudos, respeitando meu tempo e meu esforço com um amor silencioso e profundo. Sou eternamente grato por tudo o que fez e continua fazendo por mim. Obrigado mamãe. Eu te amo.

Ao meu irmão Simón, deixo meu agradecimento cheio de carinho e reconhecimento. Você sempre torceu por mim, mesmo nos momentos em que a distância, a rotina ou o silêncio natural da vida adulta faziam parecer que estávamos longe. Seu apoio sempre esteve ali, do seu jeito de ser, discreto e sempre firme. Saber que eu tinha sua torcida e sua confiança tornou essa caminhada mais leve e fortaleceu a minha determinação. Obrigado, Simón, por acreditar em mim e por ser parte da base que me sustentou ao longo dessa jornada. Eu te amo.

À minha prima Noadia, que sempre esteve ao meu lado com apoio necessário. Sua disponibilidade em me ajudar em tudo o que precisei e sua torcida genuína pelo meu sucesso em cada etapa da minha vida foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Minha gratidão é profunda e permanente.

Ao prof. Dr. Guilherme Eckhardt Molina gostaria de expressar minha mais profunda gratidão pelo seu apoio, orientação, dedicação, paciência e incentivo ao longo da minha jornada na pós-graduação. Agradeço por acreditar no meu potencial e por compartilhar seu conhecimento de forma tão generosa. Suas orientações e experiência foram essenciais para que eu pudesse superar desafios e alcançar resultados que, muitas vezes, pareciam distantes. Levarei comigo não apenas o aprendizado técnico, mas também o exemplo de ética, profissionalismo e comprometimento/perseverança que o senhor demonstrou em cada etapa deste processo. Muito obrigado por todo o apoio e por ser uma inspiração.

À banca examinadora, expresso minha sincera gratidão pela disponibilidade, generosidade e compromisso com este trabalho. Ao Professor Dr. Luiz Guilherme Grossi Porto, meu profundo agradecimento por me acompanhar desde o mestrado, por participar de todas as minhas bancas e por sempre me incentivar, inclusive nas apresentações de trabalhos científicos em congressos, sua presença constante foi essencial para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Ao Professor Dr. Carlos Janssen Gomes da Cruz, agradeço pelas contribuições na qualificação, pelo incentivo nos momentos decisivos e, especialmente, por ter me coorientado no meu primeiro resumo apresentado em congresso, no SISAF II, um marco importante na minha trajetória. À Dra. Michelle Teles Morlin, agradeço por aceitar prontamente o convite para compor esta banca e por fazer questão de prestigiar o trabalho, contribuindo com olhar atento e comprometido. Ao Professor Dr. Américo Pierangeli Costa, registro minha gratidão por aceitar prontamente, com entusiasmo, o convite para compor esta banca, além de me acompanhar desde o final do mestrado, contribuindo de forma sempre atenta e encorajadora para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico.

À Universidade de Brasília, expresso meu reconhecimento e gratidão por me acolher ao longo desta trajetória e por oferecer a estrutura necessária para o desenvolvimento deste trabalho. Ao PPGEF, agradeço pela formação sólida, pelo ambiente acadêmico inspirador e pelas oportunidades de aprendizado e crescimento científico. Agradeço ao CNPq e à FAP-DF pelo apoio financeiro e institucional, indispensável para a realização desta pesquisa.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, registro minha profunda gratidão pelo apoio institucional que tornou possível minha qualificação profissional. A licença integral para capacitação foi decisiva para que eu pudesse me dedicar plenamente ao doutorado, concentrar esforços na pesquisa e avançar com qualidade em cada etapa deste processo. Esse gesto de confiança e incentivo à formação profissional representa não apenas um investimento

na minha carreira, mas também um compromisso com o desenvolvimento acadêmico e científico. Sou sinceramente grato pela oportunidade e pelo respaldo recebido ao longo deste período.

Ao grupo de pesquisa GEAFS, deixo meu sincero agradecimento por todos os anos de convivência, aprendizado e parceria. Compartilhamos desafios, discussões científicas, coletas exaustivas, reuniões produtivas e momentos de descontração que tornaram a jornada mais leve. Foi com o GEAFS que aprendi, na prática, que pesquisa não se faz sozinho, mas sim em equipe e que nenhum avanço seria possível sem a colaboração do grupo. Cada conversa, cada colaboração e cada troca diária contribuíram diretamente para minha formação e para a qualidade deste trabalho. Levo comigo não apenas o crescimento científico, mas também a amizade construída ao longo desse período.

Aos voluntários que participaram desta pesquisa, meu profundo agradecimento pelo tempo, disposição e confiança no trabalho científico. Sem a colaboração de vocês, nada disso seria possível. A contribuição de vocês ultrapassa os dados coletados, ela representa um gesto de apoio à ciência e ao avanço do conhecimento. Sou sinceramente grato a cada participante que tornou este estudo viável.

Aos meus amigos de Brasília, Bruno, Glenda, Firás e Franklin, deixo meu agradecimento mais sincero. Vocês sempre estiveram dispostos a ajudar, oferecendo hospedagem, abrindo as portas de suas casas e permitindo que eu compartilhasse momentos com as próprias famílias de vocês. Apoiaram a divulgação da pesquisa, torceram por mim em cada etapa e me incentivaram nos dias em que o cansaço pesava mais. Agradeço também, com carinho especial, ao trio que guardo no coração, Mestre Oscar, Tio Celso (*in memoriam*) e Tio Írio. Cada momento compartilhado com vocês foi marcante. Fui acolhido não apenas como amigo, mas como alguém por quem vocês realmente torciam e desejavam sucesso. A presença, o apoio e o afeto de todos vocês fizeram dessa jornada algo muito mais leve e inesquecível.

Aos meus pets, Aidê (*in memoriam*) e Penélope, deixo um agradecimento especial pelo companheirismo silencioso e sincero durante todos esses anos de estudo. Vocês estiveram ao meu lado em inúmeros momentos, percebiam quando eu não estava bem e, com gestos simples, um olhar, um toque, um chamado, me ofereciam carinho e conforto. Também comemoravam comigo, como se entendessem cada conquista e cada passo positivo dessa caminhada. A

presença de vocês tornou os dias mais leves e me lembrou que, mesmo nas rotinas mais difíceis, havia sempre afeto e alegria ao meu redor.

RESUMO

Introdução: Os Transtornos mentais comuns (TMC), como depressão e ansiedade, estão associados a disfunções da função autonômica cardíaca e maior risco cardiovascular na população. A aptidão cardiorrespiratória (ACR) tem efeito positivo na função autonômica cardíaca e na responsividade cronotrópica e autonômica na recuperação pós-esforço. Entretanto, ainda há escassez de estudos que verifiquem como a saúde mental, o sexo e a ACR interagem para influenciar a responsividade cronotrópica e autonômica após teste de esforço máximo em adultos jovens. **Objetivo:** Investigar a influência do estado de saúde mental, do sexo e da ACR sobre a responsividade cronotrópica e autonômica nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo em adultos jovens. **Métodos:** Estudo transversal com 51 adultos jovens (30 mulheres), categorizados em TMC (n=27), idade 26(22,5 – 29,0) anos e IMC 24,2 (21,1 – 26,8) Kg/m² ou controle (n=24), idade 27(22,0 – 32,3) anos e IMC 23,1 (21,7 – 25,5) Kg/m²; por diagnóstico clínico e questionário DASS-21 (sintomatologia). Os participantes realizaram o teste de esforço cardiopulmonar máximo em protocolo de rampa, seguido de dois minutos de recuperação ativa. Durante a recuperação foram analisadas a frequência cardíaca de recuperação (FCR), o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca (CRFC), os índices da variabilidade da frequência cardíaca como, o rMSSD (marcador da atividade cardiovagal) e a razão FC/BF (marcador da atividade simpática) no 1º e 2º minuto. A ACR foi obtida pelo consumo de oxigênio no pico do esforço (VO₂ pico) durante o teste cardiopulmonar. Modelos lineares generalizados (GLM) avaliaram efeitos principais e interações entre grupo, sexo e ACR, complementados por análises estratificadas por tercís de ACR. **Resultados:** A ACR foi a principal determinante da responsividade (redução) cronotrópica ($p \leq 0,01$). Houve interação significativa entre o grupo e ACR no primeiro minuto ($\beta = -0,83$; $p = 0,04$), indicando menor responsividade cronotrópica da ACR em indivíduos com TMC. A reatividade cardiovagal do primeiro minuto de recuperação foi menor no grupo TMC ($\beta = -1,22$; $p = 0,05$), com tendência estatística semelhante no segundo minuto de recuperação ($\beta = -1,12$; $p = 0,06$). As mulheres com TMC mostraram dissociação entre ACR e a reativação cardiovagal ao longo da recuperação. Os homens apresentaram maiores valores de atividade simpática no segundo minuto comparativamente às mulheres ($\beta = 1,42$; $p = 0,01$). A estratificação indicou menor responsividade cronotrópica no primeiro ($\beta = -5,89$; $p = 0,02$) e segundo minuto de recuperação ($\beta = -11,18$; $p < 0,01$) em participantes com TMC no tercil inferior da ACR e maior responsividade cronotrópica nos controles do tercil superior. **Conclusão:** Indivíduos com TMC apresentam menor responsividade autonômica, evidenciada por reduzida reativação

cardiovagal. Além disso, parecem se beneficiar menos dos efeitos positivos da ACR quando comparados ao controle. No segundo minuto de recuperação, a influência da ACR foi semelhante entre os grupos, sugerindo preservação da fase tardia da recuperação. Em conjunto, os achados indicam maior vulnerabilidade e reduzida responsividade da função autonômica cardíaca entre mulheres com TMC.

Palavras-chave:

frequência cardíaca de recuperação; variabilidade da frequência cardíaca; transtornos mentais comuns; aptidão cardiorrespiratória; modulação autonômica; fisiologia do exercício.

ABSTRACT

Introduction: Common mental disorders (CMD), such as depression and anxiety, are associated with dysfunctions of cardiac autonomic function and higher cardiovascular risk in the population. Cardiorespiratory fitness (CRF) has a positive effect on cardiac autonomic function and chronotropic and autonomic responsiveness in post-effort recovery. However, there is still a paucity of studies that verify how mental health, sex, and CRF interact to influence chronotropic and autonomic responsiveness after maximal exercise testing in young adults.

Objective: To investigate the influence of mental health status, sex, and CRF on chronotropic and autonomic responsiveness in the first two minutes after maximal exercise testing in young adults. **Methods:** Cross-sectional study with 51 young adults (30 women), categorized as CMD (n=27), age 26 (22.5 – 29.0) years and BMI 24.2 (21.1 – 26.8) Kg/m² or control (n=24), age 27 (22.0 – 32.3) years and BMI 23.1 (21.7 – 25.5) Kg/m² by clinical diagnosis and DASS-21 questionnaire (symptomatology). Participants performed maximal cardiopulmonary exercise testing in a ramp protocol, followed by two minutes of active recovery. During recovery, the heart rate recovery (HRR), the heart rate recovery coefficient (CHRR), the heart rate variability indices such as the rMSSD (marker of cardiovagal activity) and the HR/LF ratio (marker of sympathetic activity) were analyzed in the 1st and 2nd minutes. CRF was obtained by oxygen consumption at peak exertion (VO_{2 peak}) during cardiopulmonary testing. Generalized linear models (GLM) evaluated main effects and interactions between group, sex, and CRF, complemented by analyses stratified by tertiles of CRF. **Results:** CRF was the main determinant of chronotropic responsiveness (reduction) ($p \leq 0.01$). There was a significant interaction between group and CRF in the first minute ($\beta = -0.83$; $p = 0.04$), indicating lower chronotropic responsiveness of CRF in individuals with CMD. Cardiovagal reactivity in the first minute of recovery was lower in the CMD group ($\beta = -1.22$; $p = 0.05$), with a similar trend in the second minute ($\beta = -1.12$; $p = 0.06$). Women with CMD showed dissociation between CRF and cardiovagal reactivation throughout recovery. Men had higher values of sympathetic activity in the second minute compared to women ($\beta = 1.42$; $p = 0.01$). Stratification indicated lower chronotropic responsiveness in the first ($\beta = -5.89$; $p = 0.02$) and second minutes of recovery ($\beta = -11.18$; $p < 0.01$) in participants with CMD in the lower tertile of the CRF and greater responses in the upper tertile controls. **Conclusion:** Individuals with CMD have lower autonomic responsiveness, evidenced by reduced cardiovagal reactivation. In addition, they seem to benefit less from the positive effects of ACR when compared to control. In the second minute of recovery, the influence of CRF was similar between the groups, suggesting

preservation of the late phase of recovery. Taken together, the findings indicate greater vulnerability, reduced responsiveness of cardiac autonomic function among women with CMD.

Keywords:

recovery heart rate; heart rate variability; common mental disorders; cardiorespiratory fitness; autonomic modulation; exercise physiology.

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

AF – Alta frequência

BF – Baixa frequência

CRFC – Coeficiente da recuperação da frequência cardíaca

DASS 21 – *Depression, Anxiety and Stress Scale 21*

FAC – Função autonômica cardíaca

FC – Frequência cardíaca

FCR – Frequência cardíaca de recuperação

FR – Frequência respiratória

HPA – Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal

IMC – Índice de massa corporal

IPAQ – *Physical Activity Questionnaire*

i-RR – Intervalos R-R

MIN – Modelo de Integração Neurovisceral

OMS – Organização Mundial de Saúde

PA – Pressão arterial

PAD – Pressão arterial diastólica

PAS – Pressão arterial sistólica

pNN50 – Quantidade relativa do número dos intervalos sucessivos superiores com diferença de duração maior que 50 ms

RMSSD – Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes

SDANN – Desvio padrão das médias dos intervalos R-R

SDNN – Desvio Padrão dos intervalos R-R normais

SNA – Sistema nervoso autônomo

SNP – Sistema nervoso parassimpático

SNS – Sistema nervoso simpático

TAG – Transtorno de ansiedade generalizada

TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido

TEPT – Transtorno de estresse pós-traumático

TOC – Transtorno obsessivo compulsivo

VFC – Variabilidade da frequência cardíaca

VLF – *Very low Frequency*

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Descrição das classes dos medicamentos, quantidade de observações (%) utilizados pelos participantes do grupo TMC.....	38
TABELA 2: Mediana (25°, 75° percentil) das variáveis antropométricas e fisiológicas durante o repouso e das dimensões avaliadas pelo DASS-21.	48
TABELA 3: Mediana (25°, 75° percentil) das variáveis cronotrópicas e autonômicas ao longo da fase de recuperação.	49
Tabela 4: Modelos lineares generalizados múltiplos para as respostas cronotrópicas durante a recuperação (FCR e coeficiente de recuperação da FC nos minutos 1 e 2), em função do grupo, sexo, VO ₂ pico e suas interações.	50
Tabela 5: Resultados do modelo múltiplo do GLM para a reativação vagal (rMSSD) durante o período de recuperação pós-esforço.	53
Tabela 6: Resultados do modelo múltiplo do GLM para os efeitos diretos e indiretos na retirada simpática (razão FC/LF) durante o período de recuperação pós-esforço.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho experimental.....	40
Figura 2: Ilustração do transmissor WearLink® e do receptor/monitor Polar RS800CX®	41
Figura 3: software Polar Pro Trainer 5	42
Figura 4: Software Kubios HRV (versão 4.1.2, Scientific Lite, Finlândia).	42
Figura 5: Médias marginais estimadas da recuperação cronotrópica do primeiro minuto estratificadas das interações grupo × VO ₂ pico (painéis A e B) e grupo × sexo (painéis C e D).	52
Figura 6: Médias marginais estimadas do rMSSD no primeiro (painel A) e segundo minuto (painel B) de recuperação, estratificadas pela interação tripla Grupo × Sexo × VO ₂ pico.	54
Figura 7: Médias marginais estimadas da razão FC/BF durante o primeiro e o segundo minuto de recuperação.	56
Figura 8: Mediana (25°, 75° percentil) das respostas cronotrópicas estratificadas por níveis de aptidão cardiorrespiratória (VO ₂ pico) e sexo (masculino e feminino) no primeiro e segundo minutos de recuperação.	58

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS.....	17
LISTA DE TABELAS	18
LISTA DE FIGURAS	19
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. OBJETIVO GERAL.....	24
3. HIPÓTESES	25
4. BREVE REVISÃO DE LITERATURA	26
4.1. Saúde mental e transtornos mentais comuns	26
4.2. Visão geral da regulação cardiovascular	27
4.3. Avaliação clínica da função autonômica cardíaca.....	28
4.4. Modelo de integração neurovisceral (MIN)	31
4.5. Aptidão cardiorrespiratória (ACR).....	33
4.6. Diferenças entre Homens e Mulheres na Saúde Mental, na Regulação Autonômica e na Recuperação Cardiovascular.....	34
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
5.1. Delineamento experimental.....	38
5.2. Escala de depressão, ansiedade e estresse – DASS-21.....	41
5.3. Análise da frequência cardíaca e da variabilidade da frequência cardíaca.....	41
5.4. Teste de esforço máximo e frequência cardíaca de recuperação pós exercício.....	43
5.5. Procedimento estatístico	44
6. RESULTADOS	47
7. DISCUSSÃO	59
7.1. Perspectivas futuras	72
7.2. Avaliação das hipóteses do estudo	72

8.	CONCLUSÃO.....	73
9.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	75
10.	APÊNDICE A: Comprovante de submissão do estudo realizado durante do período do doutoramento.....	91
11.	APÊNDICE B: Trabalho aceito para publicação.	93
12.	APÊNDICE C: Trabalhos publicados ao longo do período do doutoramento.....	94
13.	APÊNDICE D: Trabalhos apresentados e publicados ao longo do período do doutoramento.....	96
14.	APÊNDICE E: Trabalho de co-orientação em trabalho de conclusão do curso de graduação.....	102
15.	ANEXO I.....	103
15.1.	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE	103
16.	ANEXO II	106
16.1.	Ficha de Dados Demográficos.....	106
17.	ANEXO III	107
17.1.	Questionário de Triagem Pré-participação	107

1. INTRODUÇÃO

Os transtornos mentais comuns (TMC), como depressão e ansiedade, estão entre os principais desafios contemporâneos de saúde pública, com impactos que ultrapassam a saúde mental e se estendem a múltiplos sistemas fisiológicos (Necho *et al.*, 2021; Vinkers *et al.*, 2021; WHO, 2022). Aproximadamente 25% dos adultos, ao redor do mundo, convivem em dado momento do ano com algum tipo de transtorno mental, tornando-os condição prioritária para a pesquisa biomédica e para a formulação de políticas públicas (Chaudhari *et al.*, 2024; WHO, 2022).

No Brasil, o cenário é ainda mais alarmante, com índices elevados que colocam o país entre aqueles de maior prevalência de depressão e ansiedade na América Latina, gerando impacto econômico significativo (Brito *et al.*, 2022; PAHO, 2018). Embora classificados como "comuns", os TMC envolvem alterações fisiológicas complexas, frequentemente negligenciadas, sobretudo no que se refere à interação com o sistema cardiovascular.

Evidências recentes apontam que os TMC compartilham vias fisiopatológicas com as doenças cardiovasculares, incluindo alterações no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), hiperativação simpática, aumento da inflamação sistêmica e prejuízos na modulação autonômica cardíaca (Brandl *et al.*, 2022; Hu *et al.*, 2022; Molina *et al.*, 2025; Vinkers *et al.*, 2021). Essa convergência ajuda a explicar a maior incidência de eventos cardiovasculares e o aumento da mortalidade em indivíduos depressivos, ansiosos e/ou estressados (Liu, T. *et al.*, 2024; You, S. *et al.*, 2025; Zeng *et al.*, 2025). Assim, compreender como o estado da saúde mental impacta na função autonômica cardíaca assume relevância adicional.

Entre os indicadores que permitem compreender a conexão entre TMC e risco cardiovascular, destacam-se a frequência cardíaca de recuperação (FCR) e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A FCR é um marcador simples, não invasivo e independente para prever mortalidade por todas as causas e eventos cardiovasculares, refletindo majoritariamente a reativação cardiovagal no primeiro minuto após teste de esforço máximo (Cole *et al.*, 1999; Dewar *et al.*, 2023; Imai *et al.*, 1994; Qiu *et al.*, 2017). Por sua vez, a VFC é um método validado, reproduzível e amplamente aplicado para avaliar a modulação autonômica no repouso, exercício e recuperação (da Cruz; Rolim; *et al.*, 2017; da Cruz; Porto; Molina, 2022; Fonseca *et al.*, 2024; Garcia *et al.*, 2022; Molina *et al.*, 2021; Morlin *et al.*, 2023). Estudos têm demonstrado que indivíduos com depressão e ansiedade apresentam menor VFC

basal, indicando redução da flexibilidade autonômica (Cheng *et al.*, 2022; Koch *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2025).

Apesar disso, FCR e a VFC pós-esforço raramente são analisadas de maneira integrada em populações com TMC. Há escassez de estudos sobre como os TMC impactam respostas fisiológicas rápidas e complexas, como aquelas que ocorrem nas janelas críticas da recuperação após teste de esforço máximo em populações de adultos jovens (Fonseca *et al.*, 2024; Garcia *et al.*, 2024, 2022; Guimarães *et al.*, 2025; Molina *et al.*, 2016, 2025; Morlin *et al.*, 2023). Essa lacuna na literatura é ainda mais relevante ao considerar o papel modulador da aptidão cardiorrespiratória (ACR).

A ACR é reconhecida como um dos mais importantes fatores protetores contra doença cardiovascular e TMC (Qiu *et al.*, 2017; Wiklund *et al.*, 2024). Maior ACR está associada com maior VFC basal, melhor recuperação cardiovagal e maior resiliência fisiológica e emocional (Cabral *et al.*, 2019; Kandola *et al.*, 2020; Roddick *et al.*, 2025; Singh *et al.*, 2024). Entretanto, pouco se sabe sobre como a ACR interage com o estado de saúde mental para modular a recuperação autonômica após teste de esforço máximo, ponto chave para entender a combinação entre saúde mental, ACR e respostas autonômicas.

Até onde sabemos, nenhum estudo avaliou simultaneamente estado de saúde mental, sexo e ACR como determinantes integrados da recuperação cronotrópica e autonômica após teste de esforço máximo em adultos jovens. Não está claro se o impacto positivo da ACR se manifesta da mesma forma em indivíduos com TMC, nem se a magnitude desse benefício é modulada por interações entre essas variáveis.

É nesse contexto que está inserido o presente estudo. Investigamos, de maneira abrangente e integrada, como o estado de saúde mental, o sexo e a ACR influenciam a responsividade cronotrópica e autonômica nos primeiros dois minutos após teste de esforço máximo, período fisiologicamente crítico, marcado por predominância da reativação cardiovagal rápida no primeiro e por ajustes metabólicos e ventilatórios no segundo minuto de recuperação. (Borrelli *et al.*, 2025; Imai *et al.*, 1994; Okonogi *et al.*, 2024).

Assim, o presente estudo se debruça sobre uma questão científica ainda pouco explorada: de que maneira o estado de saúde mental interfere na responsividade cronotrópica e

autônômica durante a fase de recuperação pós-esforço, mesmo em adultos jovens com aptidão cardiorrespiratória preservada?

Esse questionamento orientou todo o encadeamento lógico da investigação e sustentou a formulação do problema central: se indivíduos com TMC apresentam responsividade cronotrópica e autonômica prejudicada, e se, por outro lado, a aptidão cardiorrespiratória atua como moduladora positiva dessas funções, qual padrão fisiológico emerge quando esses fatores coexistem? Além disso, qual deles se impõe no momento fisiologicamente crítico da recuperação após um teste de esforço máximo?

Responder a essas questões é fundamental para a fisiologia do exercício, para a psicofisiologia e para a prática clínica, pois possibilita identificar perfis autonômicos de maior vulnerabilidade e subsidiar estratégias de intervenção mais eficazes. A realização deste estudo se justifica por um conjunto de fatores que reforçam sua pertinência científica. Primeiro, destaca-se a elevada prevalência dos TMC e seu impacto epidemiológico, especialmente entre adultos jovens. Além disso, evidencia-se uma relação fisiológica consistente entre TMC e maior risco cardiovascular, o que torna essencial compreender os mecanismos autonômicos envolvidos. Soma-se a isso a relevância da FCR e da VFC como marcadores sensíveis da modulação autonômica, embora ainda pouco investigados de maneira integrada em populações com TMC. Também merece destaque o papel potencialmente compensatório da ACR sobre a função cronotrópica e autonômica, cuja interação com o estado de saúde mental permanece insuficientemente elucidada. Por fim, há uma lacuna evidente na literatura: a ausência de estudos que considerem simultaneamente o estado de saúde mental, o sexo e a ACR em adultos jovens.

2. OBJETIVO GERAL

Investigar a influência do estado de saúde mental, do sexo e da ACR sobre a responsividade cronotrópica e autonômica nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo em adultos jovens.

Objetivos específicos

- a) Comparar as respostas cronotrópicas e autonômicas entre indivíduos com TMC e aparentemente saudáveis nos minutos 1 e 2 de recuperação após o teste de esforço máximo;
- b) Avaliar a influência do sexo sobre a responsividade cronotrópicas e autonômicas nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo;
- c) Investigar a moderação da ACR sobre os efeitos do grupo e do sexo nas respostas de recuperação nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo;
- d) Examinar relações entre a ACR e marcadores cronotrópicos e autonômicos nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo;
- e) Comparar a recuperação cronotrópica, nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo, entre tercís a partir da ACR.

3. HIPÓTESES

H1: Indivíduos com TMC apresentarão menor responsividade cronotrópica e autonômica nos primeiros minutos de recuperação após teste de esforço máximo.

H2: Mulheres apresentarão maior reativação cardiovagal e recuperação cronotrópica comparativamente aos homens nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo.

H3: O efeito do estado emocional na responsividade cronotrópica e autonômica de recuperação será moderado positivamente pela ACR.

H4: A hipótese de associação positiva entre a ACR e a responsividade cronotrópica e autonômica após teste de esforço máximo.

H5: Níveis reduzidos de ACR (primeiro tercil) estarão associados às menores respostas cronotrópicas, especialmente no grupo TMC.

Portanto, podemos destacar que o presente estudo poderá apresentar implicações clínicas e funcionais relevantes. Isso posto, a avaliação da responsividade cronotrópica e autonômica durante a recuperação após teste de esforço máximo poderá auxiliar na detecção precoce de disfunções cardiovasculares subclínicas em indivíduos com sofrimento emocional. Ao compreender as limitações na recuperação cronotrópica e autonômicas desses indivíduos, acreditamos que profissionais de saúde poderão ajustar intervenções de forma mais individualizada (medicina individualizada), combinando exercício físico com estratégias de regulação emocional.

Acreditamos também que, caso nossas hipóteses sejam confirmadas, o conhecimento produzido poderá ser incorporado a programas de saúde pública, contribuindo para uma prescrição de exercícios mais segura e para uma orientação de atividade física mais qualificada em populações com alta prevalência de TMC. Além disso, a integração das análises de FCR e VFC em protocolos clínicos pode oferecer um rastreio mais sensível do risco cardiovascular, auxiliando no monitoramento da eficácia de tratamentos para TMC de forma acessível e de baixo custo.

4. BREVE REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Saúde mental e transtornos mentais comuns

A saúde mental é reconhecida como componente essencial da saúde geral e determinante central da capacidade de adaptação, funcionamento e bem-estar ao longo da vida (WHO, 2022). Entretanto, nas últimas décadas, observou-se elevada prevalência de transtornos depressivos e de ansiedade, os quais estão entre os principais desafios globais de saúde pública (WHO, 2022). Estima-se que um quarto da população adulta experimente algum TMC durante o ano, caracterizando impacto epidemiológico expressivo, com repercussões psicossociais, funcionais e fisiológicas (Chaudhari *et al.*, 2024; Vinkers *et al.*, 2021; WHO, 2022).

Os TMC surgem de uma complexa interação entre fatores biológicos, psicológicos e sociais, sendo sensíveis tanto a elementos estruturais, como pobreza, desigualdade, insegurança e violência; quanto a estressores globais, incluindo crises econômicas, polarização social e emergências sanitárias, como a pandemia de COVID-19, que elevou em mais de 25% a prevalência mundial de depressão e ansiedade no primeiro ano (WHO, 2022).

A depressão é caracterizada por tristeza, perda de interesse ou prazer, sentimento de culpa ou baixa autoestima, distúrbios de sono ou apetite, sensação de cansaço ou falta de concentração; podendo ser duradoura ou recorrente, prejudicando o funcionamento do indivíduo no trabalho, na escola e/ou administrar a vida diária (WHO, 2017).

Por sua vez, a ansiedade faz referência a um grupo de transtornos mentais que englobam sentimentos de apreensão e medo. Esse grupo é composto por transtorno de ansiedade generalizada (TAG), transtorno de pânico, fobias, transtorno de ansiedade social, transtorno obsessivo compulsivo (TOC) e transtorno de estresse pós-traumático (TEPT) (WHO, 2017).

Por fim, o estresse crônico é um estado de tensão fisiológica e psicológica sustentada, resultante da ineficácia ou esgotamento das estratégias de enfrentamento. Geralmente conduz o indivíduo a apresentar baixa tolerância às frustrações e decepções (Pais-Ribeiro; Honrado; Leal, 2004; Vignola; Tucci, 2014).

Classificados como “comuns”, esses transtornos apresentam repercussões fisiológicas algumas vezes negligenciadas. Evidências demonstram que TMC estão associados a hiperativação do sistema nervoso simpático, instabilidade na modulação autonômica cardíaca, alterações no HPA, aumento de marcadores inflamatórios e maior vulnerabilidade cardiovascular (Brandl *et al.*, 2022; Hu *et al.*, 2022; Vinkers *et al.*, 2021). Não surpreende, portanto, que os TMC constituam fatores de risco independentes para doença cardiovascular e mortalidade por todas as causas (Liu, T. *et al.*, 2024; You, S. *et al.*, 2025; Zeng *et al.*, 2025).

A conexão entre saúde mental e função cardiovascular demonstra que os TMC não se limitam ao domínio emocional, mas influenciam diretamente os mecanismos que regulam a modulação autonômica e a resposta cardiovascular ao estresse. Diante disso, é fundamental apresentar uma breve revisão panorâmica da regulação cardiovascular, a fim de contextualizar como essas alterações podem repercutir na recuperação cronotrópica e autonômica avaliada no presente estudo.

4.2. Visão geral da regulação cardiovascular

O sistema cardiovascular apresenta uma bomba (o coração), uma rede de vasos de distribuição e coleta do fluxo sanguíneo e um sistema composto por vasos finos, os quais são responsáveis por permitir a trocas rápidas de gases, nutrientes, metabólitos, vitaminas, hormônios e calor entre os tecidos e canais vasculares (Manning; Rivera; Santana, 2024; Wuche, 2022).

Tal organização do sistema cardiovascular permite que o fluxo sanguíneo, em quantidades suficientes, seja distribuído de forma contínua e variada para todos os sistemas do organismo, atendendo suas necessidades metabólicas para que suas funções sejam cumpridas diante das variadas exigências funcionais (Manning; Rivera; Santana, 2024).

A manutenção desse fluxo sanguíneo adequado é fundamental tanto em condições basais, como o repouso e o sono, quanto em situações de maior demanda fisiológica, como exercício físico e estados de estresse emocional. Para isso, o sistema cardiovascular depende de

mecanismos reguladores capazes de ajustar rapidamente a frequência cardíaca (FC), o débito cardíaco, o tônus vascular e a pressão arterial (PA) (Lokesh; Khurana, 2025).

Nesse contexto, a regulação do sistema cardiovascular depende da ação de mecanismos reguladores, podendo ser classificados quanto ao seu tempo de ação: os de ação rápida que são caracterizados pelos mecanismos de natureza neural, enquanto os de ação lenta são de natureza humoral e os de ação intermediária são derivados das interações neuro-hormonais (JUNQUEIRA, 2007). No presente estudo, destaca-se a regulação neural de curta duração, uma vez que a recuperação após teste de esforço máximo é fortemente influenciada pela dinâmica autonômica cardíaca (Lokesh; Khurana, 2025).

Essa regulação rápida ocorre por meio da ação coordenada das terminações autonômicas simpáticas e parassimpáticas, bem como de reflexos mediados por diferentes níveis do sistema nervoso central (JUNQUEIRA, 2007). A ativação simpática promove aumento da FC, da força de contração e do débito cardíaco, elevando a pressão de ejeção (Lokesh; Khurana, 2025). Em contraste, a ativação parassimpática exerce efeito inibitório sobre o nó sinoatrial, reduzindo de maneira rápida e eficaz a FC, com menor impacto sobre a contratilidade miocárdica (Lokesh; Khurana, 2025; Quigley *et al.*, 2024). O balanço dinâmico entre essas influências simpáticas e vagais, conhecido como modulação simpato-vagal, é determinante para o ajuste cardiovascular eficiente no repouso, nas transições posturais, no exercício e na fase precoce da recuperação (Lokesh; Khurana, 2025; Quigley *et al.*, 2024).

Alterações nesse equilíbrio funcional podem resultar em diversas manifestações clínicas, como hipotensão ortostática, respostas cronotrópicas atenuadas após o exercício ou, em casos extremos, distúrbios do ritmo cardíaco (Goldberger *et al.*, 2019). Portanto, a avaliação da integridade autonômica é essencial para compreender como o organismo se adapta a diferentes demandas fisiológicas, incluindo a desaceleração cardíaca após esforço máximo, foco central do presente estudo.

4.3. Avaliação clínica da função autonômica cardíaca

A avaliação da função autonômica cardíaca (FAC) desempenha papel central na compreensão da modulação simpática e parassimpática que atua sobre o coração. A análise das oscilações entre intervalos RR (i-RR), obtidas por meio de eletrocardiografia de alta resolução, constitui o método mais utilizado, validado e reproduzível para estimar a integridade da

regulação autonômica cardíaca em diferentes estados fisiológicos (Lokesh; Khurana, 2025; Quigley *et al.*, 2024).

No domínio do tempo, os índices mais empregados incluem: a média dos i-RR, indicador geral do comportamento cronotrópico; o desvio padrão dos i-RR normais (SDNN), que reflete a variação global da modulação autonômica; a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os i-RR normais adjacentes (rMSSD), sensível à ação vagal sobre o nó sinoatrial; o pNN50, que representa o percentual de i-RR adjacentes com diferenças superiores a 50 ms, também associado à modulação parassimpática; e o SDANN, que expressa oscilações simpatovagais de maior amplitude ao longo do tempo (Quigley *et al.*, 2024).

No domínio da frequência, a análise espectral decompõe o sinal da VFC nos componentes de alta frequência (AF: 0,12–0,40 Hz), marcador da modulação vagal; baixa frequência (BF: 0,04–0,12 Hz), que reflete a interação entre influências simpáticas e parassimpáticas; e muito baixa frequência (VLF: 0,003–0,04 Hz), cuja base fisiológica ainda não é completamente esclarecida (Quigley *et al.*, 2024).

No contexto da análise espectral, tem sido proposto um índice derivado do componente de baixa frequência, denominado razão frequência cardíaca/baixa frequência (FC/BF), para quantificar de forma não invasiva a atividade nervosa simpática durante o estresse fisiológico (Tanoue *et al.*, 2021). A construção desse índice decorre da necessidade de aprimorar a estimativa da atividade simpática a partir da VFC, considerando as limitações dos marcadores tradicionais.

Foi observado que a FC/BF apresentou aumento não linear ao longo de um protocolo incremental de exercício, acompanhando a elevação da noradrenalina plasmática e de marcadores metabólicos relacionados à intensidade do esforço. Além disso, mostrou forte correlação com a noradrenalina e com parâmetros metabólicos desde o repouso até os estágios avançados do exercício, indicando que esse índice reflete de maneira consistente a ativação simpática progressiva durante o estresse metabólico e cardiorrespiratório (Tanoue *et al.*, 2021).

A interpretação clínica desses índices permite identificar padrões de equilíbrio ou rigidez autonômica, auxiliando na identificação de disfunções subclínicas relacionadas à resposta ao estresse, à saúde mental e a diferentes condições clínicas (Lokesh; Khurana, 2025; Vinkers *et al.*, 2021). Reduções nos marcadores vagais (rMSSD) e aumento relativo da atividade simpática são frequentemente observados em indivíduos com maior vulnerabilidade

cardiovascular e em populações com TMC (Lokesh; Khurana, 2025; Quigley *et al.*, 2024; Vinkers *et al.*, 2021).

Além da VFC, a FCR após o exercício máximo representa um indicador dinâmico e clinicamente relevante da função autonômica (Dewar *et al.*, 2023). A FCR é obtida pela diferença entre a FC de pico e os valores registrados no primeiro e no segundo minuto de recuperação, refletindo predominantemente a reativação vagal rápida no primeiro minuto e uma combinação entre retirada simpática e reentrada vagal no segundo minuto (Borrelli *et al.*, 2025; Cole *et al.*, 2000; Dewar *et al.*, 2023; Imai *et al.*, 1994).

Estudos têm demonstrado que uma recuperação mais lenta da FC está associada a maior risco de mortalidade por todas as causas e eventos cardiovasculares, mesmo após o controle para fatores tradicionais de risco, confirmando a FCR como marcador prognóstico simples, não invasivo e de fácil aplicação em contextos clínicos e laboratoriais (Cole *et al.*, 1999; Dewar *et al.*, 2023; Qiu *et al.*, 2017).

Adicionalmente, índices derivados que normalizam a FCR em relação à FC de repouso, como o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca (CRFC), permitem ajustar a resposta de recuperação a diferenças basais individuais, ampliando a sensibilidade para detectar alterações sutis na dinâmica autonômica. (Molina *et al.*, 2021, 2016).

Em conjunto, a VFC e a FCR oferecem perspectivas complementares sobre a FAC: enquanto a VFC descreve a modulação autonômica em repouso, durante o exercício e em segmentos específicos da recuperação, a FCR captura a capacidade do sistema cardiovascular de desacelerar rapidamente após um estressor fisiológico agudo (da Cruz; Rolim; *et al.*, 2017; Dewar *et al.*, 2023; Quigley *et al.*, 2024). Essa abordagem integrada é particularmente relevante em populações com TMC, nas quais foi observada uma dissociação entre parâmetros cronotrópicos aparentemente preservados e marcadores autonômicos que evidenciam rigidez ou menor flexibilidade adaptativa (Vinkers *et al.*, 2021).

Dessa forma, a avaliação clínica da FAC por meio da VFC e da FCR fornece um quadro abrangente da responsividade simpato-vagal e da capacidade de adaptação frente a desafios fisiológicos, como o teste de esforço máximo utilizado no presente estudo.

À luz desses marcadores, faz-se necessário compreender como processos centrais, envolvendo emoção, cognição e regulação cortical, se articulam com a modulação autonômica periférica. O Modelo de Integração Neurovisceral (MIN) oferece um esqueleto teórico

adequado para integrar essas dimensões, explicando de que maneira o estado de saúde mental pode influenciar a recuperação cronotrópica e autonômica observada em indivíduos com TMC.

4.4. Modelo de integração neurovisceral (MIN)

À luz das descobertas derivadas da FCR e da VFC, é necessário compreender de que maneira processos centrais envolvendo emoção, cognição e regulação cortical influenciam a modulação autonômica periférica. O MIN oferece um esqueleto teórico robusto para integrar essas dimensões, articulando como estados psicológicos e mecanismos neurobiológicos interferem na responsividade simpato-vagal observada em repouso e durante a recuperação pós esforço (Morris *et al.*, 2015; Thayer *et al.*, 2012; Thayer; Lane, 2000).

Esse modelo explica que o controle vagal parassimpático, mediado pelo nervo vago, constitui a principal via inibitória descendente responsável por modular funções fisiológicas essenciais, como a dinâmica cardíaca e a resposta imunológica, as quais são moldadas por processos psicológicos, como a regulação emocional (Thayer *et al.*, 2009; Thayer; Lane, 2000; Weber *et al.*, 2010).

Assim, maior tônus vagal é interpretado como marcador de maior flexibilidade fisiológica e capacidade de adaptação, ao passo que reduções nesse controle refletem rigidez autonômica e menor capacidade de ajustar respostas frente a demandas ambientais desafiadoras (Thayer *et al.*, 2012, 2009).

Um componente central do MIN é o papel do córtex pré-frontal, região-chave das funções executivas, responsável por integrar informações cognitivas e emocionais para promover regulação emocional adaptativa (Thayer *et al.*, 2012, 2009; Thompson *et al.*, 2015).

O desempenho adequado das funções executivas; como controle inibitório, flexibilidade cognitiva e monitoramento de ações, permite suprimir respostas automáticas inadequadas e priorizar respostas mais ajustadas ao contexto, contribuindo para a organização de processos cognitivos, a manutenção do comportamento dirigido a objetivos e a modulação eficiente das respostas autonômicas (Morris *et al.*, 2015; Thayer *et al.*, 2009). Por outro lado, o desempenho reduzido da função executiva está associado à desorganização de processos cognitivos e emocionais, com dificuldades de compreensão, planejamento, organização e flexibilidade mental, além de prejuízo no controle inibitório (Morris *et al.*, 2015; Thayer *et al.*, 2009).

Nessas condições, é observado frequentemente atividade parassimpática reduzida e padrões de modulação autonômica menos flexíveis, indicando desequilíbrio entre influências corticais inibitórias e respostas subcorticais de ameaça (Thayer *et al.*, 2012, 2009).

A regulação emocional é um processo pelo qual o indivíduo modifica suas experiências emocionais e expressões seguidas das respostas fisiológicas (Aldao, 2013). Para obter uma regulação emocional bem sucedida é necessário o controle inibitório eficiente, ou seja, capacidade de inibir respostas emocionais inadequadas para priorizar respostas mais adaptativas e socialmente apropriadas (Lane *et al.*, 2009; Thayer *et al.*, 2012).

Nesse contexto, respostas emocionais ajustadas ao ambiente traduzem uma regulação emocional adaptativa promovendo saúde física e mental, enquanto respostas emocionais inadequadas e rígidas predizem doença e mortalidade (Thayer *et al.*, 2012; Thayer; Lane, 2000).

Do ponto de vista neurofisiológico, órgãos periféricos como o coração recebem influência tônica do sistema nervoso autônomo, caracterizada por predominância relativa do sistema nervoso parassimpático sobre o simpático em condições de repouso, o que favorece a realização eficiente das tarefas fisiológicas cotidianas (Thayer *et al.*, 2012, 2009).

Em situações de ameaça ou incerteza, áreas críticas do córtex pré-frontal tornam-se hipoativas, levando à desinibição das amígdalas e ao aumento da atividade de circuitos simpato-excitatórios, essenciais para a mobilização aguda de energia (Thayer *et al.*, 2012). No entanto, quando esse estado se torna cronicamente mantido, ocorre desgaste progressivo dos sistemas de regulação, que foi caracterizado por McEwen como carga alostática, aumentando a vulnerabilidade de doenças físicas e mentais (McEwen, 1998; Thayer *et al.*, 2012).

De forma integrada, o MIN sugere que um circuito neural cortico-subcortical inibitório atua como elo estrutural e funcional entre processos psicológicos (como regulação emocional e função executiva) e desfechos de saúde, incluindo a regulação da FAC (Thayer *et al.*, 2012). Esse circuito pode ser indexado pela VFC, na medida em que níveis reduzidos de ritmos neurogênicos complexos e menor VFC refletem uma integração cérebro-periferia desregulada e maior predisposição à percepção crônica de ameaça, hiperativação da amígdala e viés de negatividade (Thayer *et al.*, 2012).

Nesse contexto, os achados de VFC reduzida, menor reativação vagal em indivíduos com TMC podem ser interpretados como manifestações periféricas de uma desregulação central descrita pelo MIN, na qual alterações no controle inibitório, regulação emocional e função

executiva se traduzem em maior rigidez autonômica e menor capacidade de recuperação pós-estresse fisiológico.

Considerando essa rede teórica, um componente adicional que modula de forma decisiva a relação entre saúde mental, regulação autonômica e desfechos cardiovasculares é a ACR. Evidências indicam que níveis mais elevados de ACR estão associados a melhor recuperação cronotrópica, maior reativação vagal e redução mais eficiente da carga simpática após o esforço, enquanto baixa ACR está relacionada a desaceleração mais lenta da FC e maior vulnerabilidade autonômica (Bailey *et al.*, 2018; Chiang *et al.*, 2023; Facioli *et al.*, 2021; Mongin *et al.*, 2023).

Assim, na seção seguinte será abordado o papel da ACR como fator modulador crucial das respostas cronotrópicas e autonômicas, com ênfase em como diferentes níveis de ACR podem amplificar ou atenuar o impacto dos TMC sobre a FCR após teste de esforço máximo.

4.5. Aptidão cardiorrespiratória (ACR)

A ACR, frequentemente estimada pelo consumo máximo de oxigênio (VO_2 pico), é um dos marcadores fisiológicos mais robustos da saúde cardiovascular, refletindo a capacidade integrada dos sistemas respiratório, cardiovascular e muscular em captar, transportar e utilizar oxigênio durante o exercício incremental (Riebe *et al.*, 2018). Níveis maiores de ACR estão associados a menor risco de mortalidade, melhor perfil autonômico e maior resiliência fisiológica frente a estressores metabólicos e psicossociais (Bailey *et al.*, 2018; Facioli *et al.*, 2021; Riebe *et al.*, 2018).

Sob o ponto de vista da regulação cardiovascular, indivíduos com maior ACR apresentam maior eficiência hemodinâmica durante o esforço e recuperação mais rápida após o exercício, caracterizada por maior reativação vagal e retirada simpática eficiente (Cole *et al.*, 1999; Imai *et al.*, 1994; Riebe *et al.*, 2018). A ACR também influencia diretamente os parâmetros da VFC, com valores mais altos associados a maior complexidade autonômica, predominância vagal e melhor estabilidade dos ritmos neurocardíacos (Amekran *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2021).

Esses efeitos da ACR dialogam diretamente com o MIN. De acordo com esse modelo, maior flexibilidade autonômica, expressa por maior VFC e recuperação cronotrópica eficiente, reflete o funcionamento adequado dos circuitos cortico-subcorticais inibitórios responsáveis pela regulação emocional, função executiva e controle autonômico (Thayer; Lane, 2000;

Thayer et al., 2012). Assim, a ACR além de melhorar a capacidade de resposta hemodinâmica periférica, também fortalece a conectividade funcional entre o córtex pré-frontal e estruturas subcorticais, reduzindo a carga alostática e promovendo maior resiliência psicofisiológica (Agbangla *et al.*, 2019; Cui *et al.*, 2020).

Nesse sentido, níveis mais elevados de ACR parecem atuar como um fator protetor frente às alterações autonômicas observadas em indivíduos com TMC. Diversas evidências indicam que sintomas de ansiedade, depressão e estresse crônico estão associados a menor variabilidade vagal, maior predominância simpática e recuperação mais lenta após o esforço, indicadores de menor flexibilidade autonômica (Liu, T. *et al.*, 2024; Manning; Rivera; Santana, 2024; Vinkers *et al.*, 2021; You, S. *et al.*, 2025). Entretanto, indivíduos com maior ACR, tendem a apresentar respostas autonômicas mais adaptativas, sugerindo que a ACR pode atenuar o impacto negativo dos TMC sobre a regulação simpato-vagal (You, S. *et al.*, 2025).

Essas interações sustentam a hipótese de que a ACR modula as relações entre TMC, FAC e recuperação pós-esforço. Em populações de adultos jovens, como a investigada no presente estudo, diferenças na ACR podem explicar variações nos índices de FCR, CRFC e VFC, bem como moderar os efeitos psicofisiológicos associados ao estado emocional.

Assim, compreender o papel da ACR na dinâmica autonômica é fundamental para interpretar adequadamente as respostas cardiovasculares durante a recuperação, especialmente em indivíduos com TMC. Logo, a ACR emerge como um componente-chave na integração entre saúde mental, modulação autonômica e desempenho cardiovascular, sendo indispensável para contextualizar os resultados do presente estudo.

Considerando que a ACR modula de forma decisiva a eficiência da recuperação autonômica, a compreensão completa dessas respostas exige integrar outro determinante fisiológico fundamental: o sexo. Diferenças biologicamente estabelecidas entre homens e mulheres, envolvendo regulação autonômica, expressão emocional, eixo HPA e influência hormonal, interagem com a saúde mental e com a ACR, modificando o padrão de recuperação cronotrópica e autonômica. Assim, a seguir, são apresentadas evidências sobre o papel do sexo na regulação cronotrópica e autonômica, de modo a completar o esqueleto teórico que sustenta os resultados do presente estudo.

4.6. Diferenças entre Homens e Mulheres na Saúde Mental, na Regulação Autonômica e na Recuperação Cardiovascular

Além das influências exercidas pelos transtornos mentais comuns e pela ACR, é importante considerar o papel do sexo como determinante biológico e psicossocial das respostas cardiovasculares e autonômicas. Evidências robustas demonstram que homens e mulheres apresentam diferenças na prevalência, expressão sintomática e nos mecanismos fisiológicos subjacentes aos TMC, bem como na modulação autonômica cardíaca e na recuperação pós-esforço (Seney; Glausier; Sibille, 2022; Tonhajzerova *et al.*, 2023; Vasiliadis *et al.*, 2020).

Do ponto de vista epidemiológico, mulheres exibem maior prevalência de TMC ao longo da vida, influenciadas por fatores hormonais, psicossociais e neurobiológicos, incluindo maior sensibilidade do eixo HPA, maior reatividade emocional e maior uso de estratégias de regulação internalizantes (Farhane-Medina *et al.*, 2022; Schweizer-Schubert *et al.*, 2021).

Essas características se refletem diretamente na modulação autonômica, uma vez que marcadores vagais tendem a ser mais elevados em mulheres, especialmente em repouso, indicando maior flexibilidade autonômica e maior responsividade às oscilações emocionais (Philbois *et al.*, 2021; Williams *et al.*, 2022). Em contrapartida, homens apresentam padrões autonômicos diferentes, caracterizados por atividade simpática relativamente maior, menor tônus vagal basal e maior tendência a expressar respostas fisiológicas mais intensas diante do estresse agudo (Philbois *et al.*, 2021; Tonhajzerova *et al.*, 2023).

Essas diferenças entre os sexos também se estendem aos mecanismos centrais de regulação emocional descritos pelo MIN. Pesquisas de neuroimagem apontam que mulheres apresentam maior conectividade funcional entre córtex pré-frontal e estruturas subcorticais durante tarefas emocionais, sugerindo maior envolvimento de circuitos inibitórios na modulação autonômica (Kundakovic; Rocks, 2022; Schweizer-Schubert *et al.*, 2021). Enquanto, homens tendem a apresentar maior ativação de redes simpato-adrenérgicas diante de estressores fisiológicos e psicológicos (Philbois *et al.*, 2021; Tonhajzerova *et al.*, 2023). Como resultado, mulheres podem manifestar padrões autonômicos mais adaptativos em situações de recuperação pós-estresse, ao passo que homens frequentemente exibem maior persistência da atividade simpática e atraso na reativação vagal, sobretudo após esforços de alta intensidade (Joyner *et al.*, 2015; Kappus *et al.*, 2015).

As respostas durante e após o exercício máximo também diferem de maneira significativa entre homens e mulheres. Embora homens apresentem maior capacidade de trabalho absoluto, reflexo de maior massa muscular e maior débito cardíaco máximo, a recuperação vagal imediata, caracterizada no primeiro minuto pós-esforço, tende a ser mais

rápida em mulheres, possivelmente devido à interação entre maior tônus vagal basal, menor acúmulo metabólico relativo e influência moduladora dos estrógenos sobre o nó sinoatrial e sobre o sistema nervoso central (Joyner *et al.*, 2015; Kappus *et al.*, 2015). Essa maior eficiência autonômica feminina no período inicial da recuperação é consistente com achados que mostram valores mais elevados de rMSSD e maior sensibilidade barorreflexa em repouso, características associadas a maior flexibilidade autonômica (Kappus *et al.*, 2015; Philbois *et al.*, 2021; Thayer *et al.*, 2012).

Outro aspecto relevante diz respeito à interação entre sexo e ACR. Estudos recentes demonstram que, embora o aumento da ACR melhore a recuperação autonômica em ambos os sexos, as mulheres tendem a apresentar ganhos proporcionais mais acentuados na reativação vagal e na redução da carga simpática após esforço máximo (Kappus *et al.*, 2015). Em contraste, homens com baixa ACR exibem maior vulnerabilidade autonômica, com respostas simpáticas prolongadas durante a recuperação e menor responsividade vagal (Fontes *et al.*, 2018; Kiviniemi *et al.*, 2017). Esses achados indicam que o sexo modula o impacto da ACR sobre a dinâmica autonômica, reforçando que a interação entre essas variáveis possui fundamento fisiológico e deve ser considerada em modelos estatísticos que buscam explicar variações na recuperação pós-esforço.

Portanto, o sexo emerge como variável central para compreender a combinação entre estado emocional, regulação autonômica e ACR. As diferenças fisiológicas e psicobiológicas entre homens e mulheres influenciam padrões autonômicos em repouso e modulam a resposta ao estresse físico e emocional e a magnitude da recuperação cronotrópica e autonômica. Assim, a inclusão do sexo na revisão de literatura e nos modelos estatísticos do presente estudo, é essencial para interpretar adequadamente a complexidade das respostas cardiovasculares durante a recuperação após teste de esforço máximo e para compreender potenciais interações com os TMC e com o ACR.

Assim, fica claro que a estruturação do modelo estatístico adotado no presente estudo, composto por grupo (controle vs. TMC), sexo (masculino vs. feminino) e ACR, bem como suas interações; possui sólida fundamentação teórica, fisiológica e psicobiológica. O grupo foi incluído por representar o estado de saúde mental, condição associada a alterações na modulação autonômica, hiperativação do sistema nervoso simpático e prejuízo na reativação cardiovagal, fatores amplamente documentados em indivíduos com TMC. O sexo foi incorporado como variável independente devido às diferenças fisiológicas entre homens e

mulheres na modulação autonômica, na reatividade ao estresse e na recuperação pós-exercício. Por fim, o VO_2 pico, principal marcador de ACR, foi incluído devido ao seu papel modulador na retirada simpática, na reativação cardiovagal e na velocidade de recuperação cronotrópica, podendo inclusive atenuar os efeitos negativos dos TMC sobre a resposta autonômica. A combinação dessas variáveis no modelo múltiplo permite investigar efeitos principais e interativos fisiologicamente plausíveis, refletindo a interação entre determinantes psicológicos, fisiológicos e funcionais que influenciam a recuperação autonômica e cronotrópica nos primeiros minutos após teste de esforço máximo.

Diante das diferenças consistentes entre homens e mulheres na modulação autonômica, na expressão dos TMC e na dinâmica da recuperação pós-esforço, fica evidente que o sexo deve ser considerado um determinante central no delineamento analítico. A síntese apresentada fundamenta a inclusão do estado saúde mental, do sexo e da ACR como variáveis principais e interativas no modelo estatístico adotado. Com essa rede conceitual estabelecida, a seção seguinte descreve os procedimentos metodológicos empregados para investigar esses efeitos de forma integrada.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo exploratório observacional, de caráter multifatorial, com amostra não probabilística por conveniência, realizado com 51 participantes (30 mulheres) com diferentes níveis de atividade física.

Para serem considerados elegíveis, os voluntários deveriam ter idade entre 20 e 40 anos, apresentar índice de massa corporal (IMC) $> 18,5 \text{ kg/m}^2$ e $< 29,9 \text{ kg/m}^2$, ausência de doenças fisiológicas pré-existentes, não tabagismo e não realizar consumo regular de bebidas estimulantes e/ou alcoólicas. Além disso, foi estabelecido como critério adicional para as participantes do sexo feminino a presença de ciclo menstrual regular.

Foram excluídos os voluntários que apresentaram pressão arterial sistólica (PAS) ≥ 140 mmHg e/ou pressão arterial diastólica (PAD) ≥ 90 mmHg, frequência respiratória (FR) ≤ 7 ciclos respiratórios por minuto (cpm), ausência de ritmo sinusal, limitação ortopédica que inviabilizasse a realização do teste de esforço, interrupção voluntária do esforço antes do alcance dos critérios previamente estabelecidos (seção 5.4), falhas no registro dos i-RR ou na execução do protocolo de coleta de dados, bem como aqueles que faziam uso de medicamentos tricíclicos para tratamento dos TMC (19 participantes foram excluídos do estudo).

Entre os participantes com TMC elegíveis para o presente estudo, foi realizada uma caracterização das classes de medicamentos em uso. Os voluntários declararam utilizar diferentes classes farmacológicas. As classes antidepressivas inibidores seletivos de recaptação de serotonina (ISRS) e suas combinações com estabilizadores de humor, ansiolíticos ou psicoestimulantes foram predominantes, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1: Descrição das classes dos medicamentos, quantidade de observações (%) utilizados pelos participantes do grupo TMC

Classe de medicamentos	Contadores	% total
Nenhum	11	41
ISRS	4	15
E. Humor + ISRS	2	7
IRSN	1	4
E. Humor	1	4
Ansiolítico	1	4
IRSN + Psicoestimulante	1	4
IRNS + MNS	1	4
ISRS + Ansiolítico	1	4
Psicoestimulante	1	4
IRDN	1	4
MNS	1	4
ISRS + Antipsicótico	1	4

ISRS: Inibidores seletivos de recaptação de serotonina; E. Humor: Estabilizadores de humor; IRSN: Inibidores de recaptação de serotonina e noradrenalina; MNS: Moduladores noradrenérgicos e serotoninérgicos; IRDN: Inibidores de recaptação de dopamina e noradrenalina.

Todos os voluntários foram orientados a abster-se do consumo de bebidas estimulantes e/ou alcoólicas, bem como a evitar a realização de atividade física de intensidade moderada a vigorosa nas 24 horas que antecederam o teste. Além disso, foi solicitado que a última refeição fosse realizada com antecedência mínima de 90 minutos em relação ao início do protocolo experimental.

5.1. Delineamento experimental

Todos os participantes foram informados sobre os riscos e benefícios antes do início dos procedimentos. Cada participante assinou o termo de consentimento livre e esclarecido. O

estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (CAAE: 66238722.1.0000.5558; Número de aprovação: 5.989.749; Data de aprovação: 7 de abril de 2023), de acordo com as Diretrizes do Sistema Nacional de Ética em Pesquisa e a Declaração de Helsinque.

A mostra foi composta por dois grupos, definidos conforme o estado de saúde mental dos participantes: o grupo transtornos mentais comuns [TMC: $n = 27$ (16 mulheres)] foi composto por voluntários que apresentaram diagnóstico de depressão e/ou ansiedade, conforme o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5). Adicionalmente, esses voluntários exibiram pontuações no questionário *Depression, Anxiety and Stress Scale-21* (DASS-21) acima do ponto de corte de normalidade para os sintomas de depressão (≥ 9), ansiedade (≥ 7) e/ou estresse (≥ 14) e declararam estar em atendimento psicológico (psicoterapia) no momento da coleta. E o grupo controle [$n = 24$ (14 mulheres)] composto por voluntários sem diagnóstico de depressão e/ou ansiedade e com pontuações dentro da faixa de normalidade para os três domínios avaliados pelo DASS-21.

Todos os procedimentos foram conduzidos no laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, em ambiente controlado, silencioso e livre de distrações entre 08:00 e 12:00. As condições ambientais foram mantidas dentro de uma faixa de temperatura de 21°C a 24°C e umidade relativa de 50% a 60%.

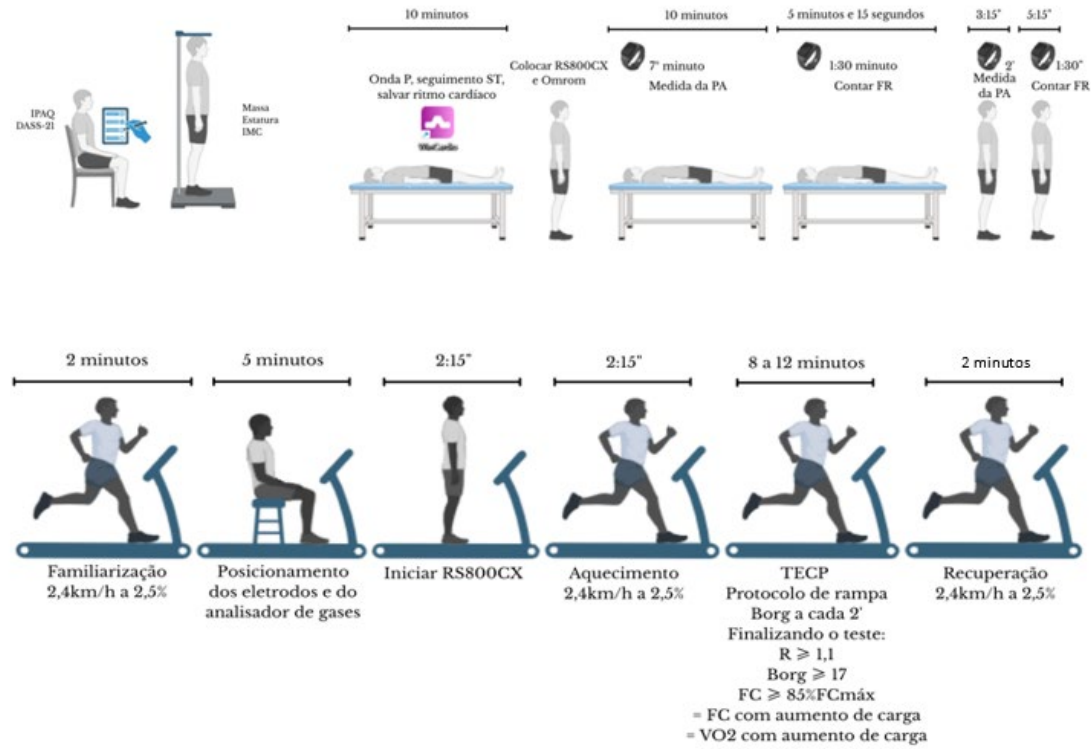
Inicialmente, os participantes responderam ao questionário DASS-21 utilizado para avaliar a gravidade dos sintomas de depressão, ansiedade e estresse, validada para o português brasileiro (Martins *et al.*, 2019; Vignola; Tucci, 2014) e, em seguida, forneceram informações referentes aos hábitos de vida e à história clínica por meio de anamnese estruturada, a fim de identificar fatores potencialmente influenciadores das variáveis analisadas, como tabagismo, uso de medicamentos e consumo de bebidas alcoólicas. Figura 1.

Após a investigação sobre os hábitos de vida, os voluntários foram submetidos à avaliação antropométricas, que incluiu a medida da massa corporal (Balança Filizzola®, Brasil) e a estatura (Estadiômetro acoplado à balança). Em seguida, foi realizado o eletrocardiograma de 12 derivações (Win-Cardio v.5.0 – Micromed® - Brazil) na posição supina, a fim de verificar a presença do ritmo sinusal (Pastore *et al.*, 2016). Após 7 minutos de repouso nessa posição, foi realizada a medida da PA de forma sistematizada através método oscilométrico, utilizando um equipamento clínico profissional da marca Omron® (Chen *et al.*, 2017). A FC foi monitorada por meio de um frequencímetro (Polar® RS800CX) (Hernando *et al.*, 2018). No

décimo minuto de repouso, iniciou-se o registro de uma série de i-RR válidos de 5 minutos. Posteriormente, os participantes mudaram ativamente a postura para a posição ortostática ao lado do leito, em um período máximo de 10 segundos, (Hnatkova *et al.*, 2019). Após dois minutos de permanência, a PA foi novamente aferida para verificação de hipotensão ortostática. Em seguida, os i-RR foram registrados por mais 5 minutos na posição ortostática, previamente descrito em estudos anteriores (da Cruz *et al.*, 2019; Molina *et al.*, 2013). A FR foi contada em ambas as posições de repouso após 1 minuto e 30 segundos do início de cada registro de i-RR, por meio da observação dos movimentos de expansão torácica e/ou abdominal durante a fase inspiratória de cada ciclo respiratório, ao longo de 1 minuto. Figura 1.

O teste de esforço máximo em esteira rolante foi realizado imediatamente após os registros das séries de i-RR em repouso, seguido do período de recuperação ativa pós-exercício (Cole *et al.*, 1999). Figura 1.

Todas as participantes do sexo feminino completaram os procedimentos dentro de até oito dias após o início do ciclo menstrual, correspondendo à fase folicular (da Cruz; Porto; Molina, 2022; Fonseca *et al.*, 2024).



Gabriel Werneck – GEAFS, 2025

Figura 1: Desenho experimental

5.2. Escala de depressão, ansiedade e estresse – DASS-21

Os sintomas negativos do estado emocional dos TMC nos voluntários foram avaliados por meio da escala DASS-21, validada para o português (Martins *et al.*, 2019; Vignola; Tucci, 2014). A DASS-21 é uma versão abreviada, composta por 21 itens, da escala original DASS-42 (Lovibond; Lovibond, 1995; Moshe *et al.*, 2021), que avalia o humor deprimido, a ansiedade e a tensão crônica ou o estresse experimentados durante a última semana. Os itens são classificados em uma escala Likert de 4 pontos, variando de 0 (não aplicável) a 3 (aplicado muito ou na maioria das vezes). Esses itens são organizados em três subescalas: depressão, ansiedade e estresse, cada uma contendo sete itens. A pontuação de cada subescala corresponde à soma de seus sete itens, e o resultado total é multiplicado por 2 para corresponder à pontuação da versão original DASS-42, conforme descrito previamente (Al Saadi *et al.*, 2017).

Os pontos de corte originais das subescalas da DASS-21 (depressão, ansiedade e estresse) foram aplicados conforme critérios previamente estabelecidos (Al Saadi *et al.*, 2017; Vignola; Tucci, 2014).

5.3. Análise da frequência cardíaca e da variabilidade da frequência cardíaca

A FC e as séries de i-RR foram registradas por meio de um monitor cardíaco Polar® confiável (modelo RS800CX, Polar Electro Oy, Finlândia) com taxa de amostragem de 1000 Hz (Barbosa *et al.*, 2016; Hernando *et al.*, 2018). Figura 2. Posteriormente, os arquivos dos i-RR foram transferidos para um computador para processamento offline e análise subsequente da FC e VFC utilizando, respectivamente, o software Polar Pro Trainer 5 (figura 3) e o software Kubios HRV (versão 4.1.2, *Scientific Lite*, Finlândia) (Tarvainen *et al.*, 2014). Figura 4.



Figura 2: Ilustração do transmissor *WearLink*® e do receptor/monitor Polar RS800CX®

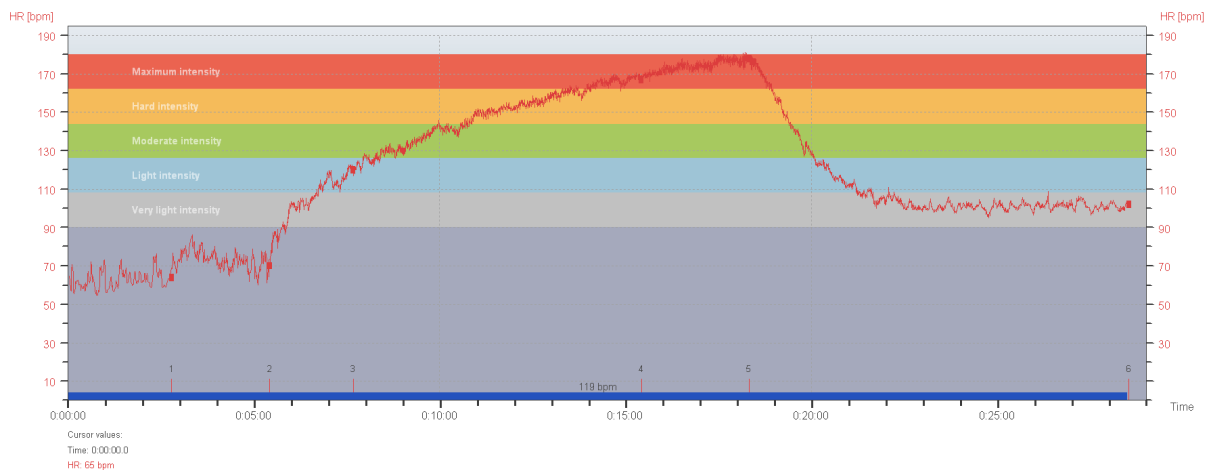


Figura 3: software Polar Pro Trainer 5

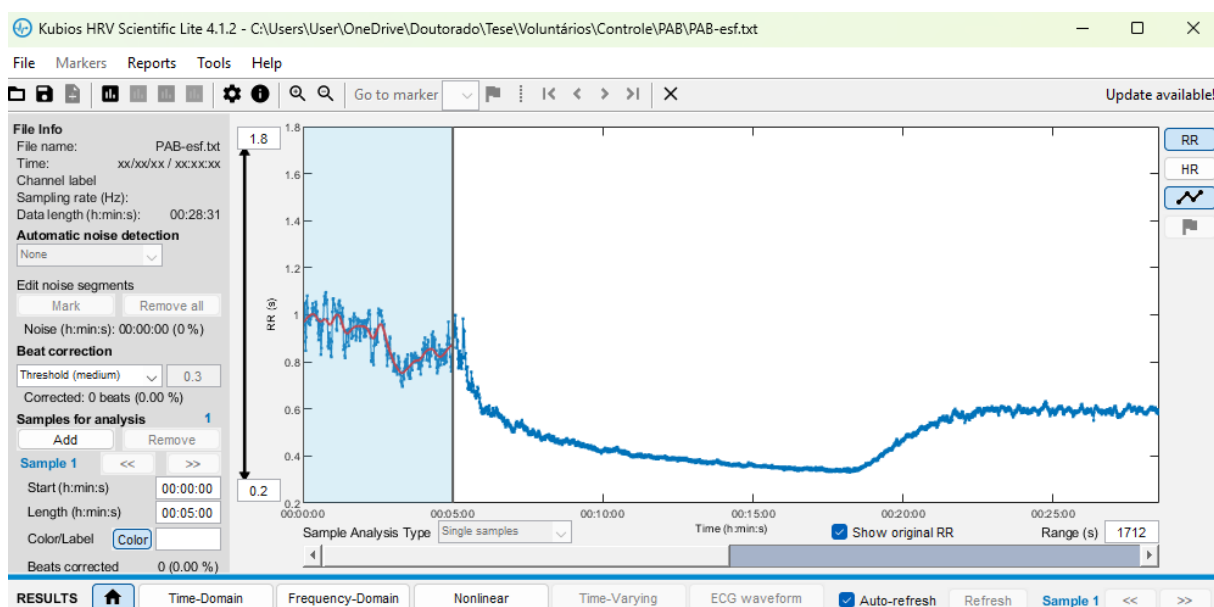


Figura 4: Software Kubios HRV (versão 4.1.2, Scientific Lite, Finlândia).

A detecção e remoção automatizadas de artefatos ou batimentos espúrios foram realizadas em todos os segmentos dos i-RR por meio do método do limiar, o qual identifica i-RR que diferem dos valores médios em 0,45s (muito baixo), 0,35s (baixo), 0,25s (médio), 0,15s (forte) ou 0,05s (muito forte) (Tarvainen *et al.*, 2014). Foi utilizado o limiar médio, que removeu apenas pontos ectópicos identificados visualmente, desde que o traçado mantivesse o padrão fisiológico, e a remoção não excedesse 1% do registro (Tarvainen *et al.*, 2014).

As séries de i-RR qualificadas apresentaram alta estabilidade e estacionariedade nas posições supina e ortostática em repouso, conforme verificado pelas diferenças percentuais das médias e dos desvios-padrão entre os três segmentos da série dividida. O registro ultra-curto

prazo da VFC, ≤ 1 minuto, foi realizado no esforço máximo (30 segundos finais) e em cada segmento de 1 minuto durante a fase ativa de recuperação (da Cruz; Rolim; *et al.*, 2017; Garcia *et al.*, 2022; Goldberger *et al.*, 2006; Guimarães *et al.*, 2025).

A variabilidade da série de i-RR foi analisada por meio de índices no domínio do tempo e da frequência. No domínio do tempo utilizamos o rMSSD, um parâmetro relacionado à arritmia sinusal respiratória (Quigley *et al.*, 2024). Reconhecido como medida válida (Quigley *et al.*, 2024) e indicador confiável de atividade cardiovagal em repouso (da Cruz *et al.*, 2019) e durante a recuperação pós-exercício (Cruz *et al.*, 2020; da Cruz; Rolim; *et al.*, 2017; Garcia *et al.*, 2024, 2022; Goldberger *et al.*, 2006).

No domínio da frequência, os segmentos foram previamente filtrados com uma janela de Hanning e, em seguida, processados por modelagem autorregressiva com ordem fixa de 16, a fim de converter os componentes oscilatórios do sinal em um espectro de potência. Este espectro inclui bandas VLF, 0,003–0,05 Hz; BF, 0,05–0,12 Hz e AF, 0,12–0,40 Hz (Quigley *et al.*, 2024). Os índices no domínio da frequência calculados são: (a) área espectral de potência total (0–0,40 Hz) (PT), que indica atividade autonômica geral; (b) potência absoluta das bandas de baixa e alta frequência, que são, respectivamente, substitutos da atividade simpática e parassimpática combinada e da atividade parassimpática exclusiva, respectivamente. No domínio da frequência, utilizamos o índice calculado FC/BF, que foi recentemente identificado como um indicador de atividade simpática na VFC (Tanoue *et al.*, 2021).

A variável FC de repouso foi a FC média medida (5 min) nas posições supina (FCsup) e ortostática (FCort) conforme descrito anteriormente (Molina *et al.*, 2013).

5.4. Teste de esforço máximo e frequência cardíaca de recuperação pós exercício

O teste de esforço máximo foi realizado em esteira rolante padrão (ATL, Imbrasport, Brasil) por meio de um protocolo de rampa individualizado (ACSM, 2014). A inclinação foi mantida constante em 2,5%, com incrementos de 0,5 km/h a cada minuto, até que os critérios de exaustão máxima fossem atingidos, conforme descrito (Riebe *et al.*, 2018). Foram considerados indicativos de esforço máximo o atendimento de pelo menos três dos seguintes pressupostos fisiológicos e perceptivos:

- Quociente respiratório ≥ 1.1 ;
- Percepção subjetiva do esforço ≥ 17 na escala de Borg (variação de 6 a 20);

- $FC \geq 85\%$ da FC máxima predita pela fórmula de Tanaka (Camarda *et al.*, 2008);
- Manutenção da FC com incremento de carga;
- Platô do VO_2 frente ao aumento da carga de trabalho;
- Manifestação de fadiga voluntária.

Todos os testes foram realizados entre 8 e 12 minutos. O consumo pico de oxigênio ($VO_{2 \text{ pico}}$) foi medido pela análise de troca gasosa pulmonar, utilizando o Ergoespirômetro Cortex Metalyzer 3B (Biophysik, Leipzig, Alemanha), conforme descrito (Riebe *et al.*, 2018).

Para análises adicionais, a ACR foi estratificada em tercís, considerando a distribuição dos valores dentro de cada grupo (TMC e Controle). Essa abordagem permitiu avaliar os efeitos da ACR sobre as respostas cronotrópicas durante a recuperação. Posteriormente, as análises também foram estratificadas por sexo, a fim de investigar possíveis diferenças entre homens e mulheres dentro de cada grupo e nível de ACR.

Imediatamente após o teste de esforço máximo, a esteira foi ajustada para uma velocidade de 2,4 km/h e inclinação constante de 2,5%, conforme descrito anteriormente (Cole *et al.*, 1999). Os participantes realizaram recuperação ativa durante 2 minutos nessa intensidade. Este protocolo de recuperação foi adotado por apresentar boa viabilidade técnica, elevada reprodutibilidade e ampla utilização em contextos clínicos e laboratoriais.

Durante a recuperação ativa, a FC foi registrada nos 1º e 2º minutos. Os valores absolutos de FCR foram calculados subtraindo a FC registrada nesses intervalos do valor máximo alcançado durante o exercício (FC pico) (Cole *et al.*, 1999).

Com o objetivo de normalizar a FCR em relação às diferenças individuais entre a FC registrada na posição supina e a FC pico, foi calculado o CRFC, expresso em valores percentis. Esse índice representa a proporção da recuperação da FC após o teste de esforço máximo em relação à recuperação total esperada (FC pico – FC supina), sendo representado pela equação: $CRFC = (FCR \text{ abs}/FC \text{ pico} - FC \text{ supina}) \times 100$. (Molina *et al.*, 2016).

5.5. Procedimento estatístico

A distribuição das variáveis foi verificada por meio do teste de normalidade de Shapiro–Wilk. Observamos que algumas variáveis não apresentaram distribuição paramétrica. Dessa forma, optamos por descrever todas as variáveis utilizando medidas de tendência central e dispersão não paramétricas, expressas em mediana e quartis (Q1 – Q3).

As comparações entre grupos para as variáveis antropométricas e fisiológicas, em diferentes condições funcionais (repouso, exercício e recuperação), foram realizadas por meio do Modelo Linear Generalizado (GLM) (Nelder; Wedderburn, 1972). O GLM apresenta vantagens relevantes em relação às ANOVAs tradicionais e aos testes não paramétricos, especialmente em estudos com amostras reduzidas, nas quais as suposições de normalidade e homogeneidade de variâncias raramente são atendidas. Essas vantagens (incluindo a possibilidade de usar diferentes distribuições para os parâmetros da variável dependente) são detalhadas em publicações anteriores (de Melo *et al.*, 2022; Yu *et al.*, 2022).

O modelo GLM que apresentou melhor ajuste estatístico foi selecionado com base no Critério de Informação de Akaike (AIC), considerando as combinações entre famílias de distribuição (Gaussiana ou Gamma) e funções de ligação (identidade ou log). Durante a condição de repouso, os *scores* do DASS-21, a PAS ortostática e a PAD supina e ortostática foram mais adequadamente ajustadas pela distribuição Gaussiana. As demais variáveis fisiológicas de repouso (tabela 1), incluindo a idade e IMC, apresentaram melhor ajuste sob a distribuição Gamma. Durante o exercício, a FC pico, tanto para o grupo total quanto para os subgrupos estratificados por tercis e pelo sexo, foi mais bem ajustada pela distribuição Gaussiana, enquanto o VO_2 pico, rMSSD e FC/BF ajustaram-se melhor à distribuição Gamma. No período de recuperação, apenas a FCR absoluta e o CRFC do 2º minuto apresentaram melhor ajuste pela distribuição Gaussiana, enquanto as demais variáveis (tabela 2) foram mais bem modeladas pela distribuição Gamma. Para os modelos simples e múltiplos; empregamos, predominantemente, a função de ligação identidade, exceto para os modelos múltiplos da FC/BF do 1º e 2º minutos, nos quais utilizamos a distribuição Gamma associada à função de ligação log. Essa combinação foi selecionada em virtude das propriedades estatísticas da variável dependente, que apresenta distribuição assimétrica à direita e valores estritamente positivos. O uso da distribuição Gamma permite modelar adequadamente essa assimetria e reduzir a influência de valores extremos, enquanto a função de ligação log transforma a relação entre as variáveis independentes e a média da resposta em uma escala multiplicativa. Dessa forma, os coeficientes estimados (β) podem ser interpretados em termos de razões $\text{Exp}(\beta)$, expressando o efeito percentual de cada preditor sobre a média da variável FC/BF. (Hammouri *et al.*, 2020; Iyit; Yonar; Genç, 2016; Susanto; Iriawan; Kuswanto, 2022).

Após a seleção do modelo mais adequado e da função de ligação correspondente, foram calculados intervalos de confiança de 95% para as análises. Nos modelos múltiplos das variáveis de recuperação e nos modelos simples estratificados por tercis de ACR, aplicamos o

método Bootstrap com 1.000 reamostragens, utilizando o procedimento corrigido e acelerado por viés (BCa) para obtenção de estimativas mais robustas e menos sensíveis a desvios da normalidade (Ummah; Ratnasari; Prastyo, 2019). Os intervalos calculados por esse método estão identificados nos resultados pela sigla “BCa”. Em algumas análises, a aplicação do Bootstrap não foi possível devido às limitações do software JAMOV 2.6.26 no processo de convergência, sendo então adotados os intervalos de confiança derivados diretamente do ajuste do modelo GLM.

As inferências primárias foram baseadas nos efeitos diretos e interativos estimados pelos GLM múltiplos. Os tamanhos de efeito foram expressos pelos coeficientes padronizados Beta (β) e interpretados em conjunto com os intervalos de confiança (IC 95%) e os valores de significância (p), de forma integrada, a fim de proporcionar uma análise mais abrangente da magnitude e da precisão dos efeitos observados. Todos os testes estatísticos foram bilaterais, adotando-se nível de significância de $\leq 0,05$.

O modelo múltiplo foi estruturado para examinar os efeitos principais das variáveis independentes, grupo (TMC vs. Controle), sexo (masculino e feminino) e ACR (VO₂ pico), bem como suas interações de segunda e terceira ordem (Grupo \times Sexo, Grupo \times ACR, Sexo \times ACR, e Grupo \times Sexo \times ACR) sobre as respostas fisiológicas de recuperação (FCR, CRFC, rMSSD e FC/BF). A inclusão dessas interações foi fundamentada em pressupostos teóricos e fisiológicos discutidos na literatura, que indicam que tanto o sexo quanto o nível de ACR podem modular a recuperação cronotrópica e a resposta autonômica após o exercício máximo (da Cruz; Molina; et al., 2017; Garcia et al., 2022; Kappus et al., 2015). Assim, a introdução das interações entre grupo, sexo e ACR teve como objetivo explorar não apenas possíveis diferenças diretas entre grupos, mas também efeitos moderadores e combinados, uma vez que o desempenho autonômico e a recuperação cardíaca podem depender da interação entre fatores psicológicos e fisiológicos. Considerando que estudos prévios indicam que ACR atua como um fator protetor frente à disfunção autonômica (da Cruz; Molina; et al., 2017; Garcia et al., 2022), admitiu-se que o efeito do estado de saúde mental sobre as variáveis de desfecho poderia variar em função da ACR e do sexo. Essa abordagem permitiu testar hipóteses mais abrangentes, nas quais a ACR poderia atenuar o impacto do TMC sobre a reatividade vagal, a retirada simpática e a recuperação cronotrópica, revelando padrões de moderação fisiológica que não seriam detectáveis em modelos aditivos simples.

Além disso, a modelagem integrada buscou verificar se o sexo exerce influência adicional ou moduladora sobre a associação entre estado de saúde mental e respostas cronotrópicas e autonômicas, uma vez que diferenças fisiológicas entre homens e mulheres podem afetar a recuperação pós-esforço, especialmente na reativação vagal e retirada simpática (Joyner *et al.*, 2015; Kappus *et al.*, 2015). Dessa forma, o modelo múltiplo investigou os efeitos principais de cada fator (grupo, sexo e ACR) e permitiu compreender o padrão de interação entre determinantes biológicos e clínicos (estado de saúde mental), explorando como o sexo e a ACR podem modular o impacto dos TMC sobre a recuperação cronotrópica e autonômica após teste de esforço máximo.

Para fins de interpretação dos coeficientes estimados (β), as categorias de referência adotadas nos modelos foram o grupo Controle (comparado ao grupo TMC) e o sexo Feminino (comparado ao sexo masculino). Assim, valores de β positivos indicam aumento da variável dependente em relação à categoria de referência, enquanto valores negativos indicam redução, considerando os demais preditores mantidos constantes no modelo.

Dois cálculos amostrais a priori foram realizados considerando um erro tipo I (α) de 0,05, um erro tipo II (β) de 0,20 (poder estatístico de 0,80) e um tamanho de efeito grande de 0,50. No primeiro cálculo, foi considerado um único preditor, resultando em uma amostra mínima estimada de 18 participantes. No segundo cálculo, contemplando três preditores, o tamanho amostral necessário foi de 27 participantes. Prevendo a divisão da amostra total em 2 subgrupos (controle e TMC) e possíveis perdas durante a coleta e análise dos dados, foram inicialmente avaliados 70 voluntários, dos quais 51 compuseram a amostra final do presente estudo. Os cálculos amostrais foram realizados no software G*Power 3.1.9.7, utilizando o teste de regressão linear múltipla com modelo fixo e desvio R^2 de zero da família de testes F. As análises estatísticas e a elaboração das figuras foram geradas usando os softwares JAMOV 2.6.26 e GraphPad Prism 9.4.0.

6. RESULTADOS

Na tabela 2, são apresentadas as características e diferenças ($P \leq 0,05$) antropométricas, fisiológicas e dos *scores* do DASS-21 dos grupos controle e TMC. Verificamos que ambos os grupos exibiram valores dentro dos limites de normalidade para variáveis antropométricas e fisiológicas. Entretanto, observamos diferenças significativas na PAD durante a posição ortostática ($p = 0,05$) e na FR nas posições supino e ortostática ($p \leq 0,01$) entre os grupos. Em

relação aos *scores* dos DASS-21, o grupo TMC apresentou pontuações significativamente mais elevadas comparativamente ao grupo controle ($p < 0,01$).

TABELA 2: Mediana (25°, 75° percentil) das variáveis antropométricas e fisiológicas durante o repouso e das dimensões avaliadas pelo DASS-21.

	Controle (n=24)	TMC (n=27)	p*
Idade (anos)	27,0 (22,0 - 32,3)	26 (22,5 - 29,0)	0,95
IMC (Kg/m ²)	23,1 (21,7 - 25,5)	24,2 (21,1 - 26,8)	0,61
FC sup (bpm)	60,5 (55,0 - 66,0)	63,0 (59,0 - 68,5)	0,57
FC ort (bpm)	77,0 (72,8 - 83,0)	81,0 (72,5 - 86,0)	0,43
PAS sup (mmHg)	112,0 (100,0 - 115,5)	112,0 (109,0 - 117,5)	0,35
PAD sup (mmHg)	63,0 (61,0 - 65,5)	68,0 (61,0 - 71,0)	0,09
PAS ort (mmHg)	118,5 (109,0 - 124,0)	119,0 (116,0 - 125,5)	0,21
PAD ort (mmHg)	74,5 (70,8 - 78,0)	79,0 (73,0 - 82,5)	0,05*
FR sup (cpm)	13,5 (12,0 - 16,3)	16,0 (14,0 - 19,5)	<0,01*
FR ort (cpm)	12,0 (9,8 - 14,5)	15,0 (13,0 - 18,5)	0,01*
rMSSD sup (ms)	58,6 (46,3 - 69,2)	65,7 (40,8 - 79,0)	0,99
rMSSD ort (ms)	27,3 (19,5 - 35,5)	25,0 (18,4 - 38,9)	0,92
FC/BF sup	0,07 (0,06 - 0,13)	0,1 (0,06 - 0,17)	0,36
FC/BF ort	0,08 (0,04 - 0,17)	0,14 (0,08 - 0,23)	0,60
DASS-21 score Depressão	4,0 (2,0 - 4,0)	18,0 (11,0 - 27,0)	<0,01*
DASS-21 score Ansiedade	2,0 (0,0 - 2,5)	12,0 (4,0 - 16,0)	<0,01*
DASS-21 score Estresse	7,0 (2,0 - 10,5)	20,0 (17,0 - 27,0)	<0,01*

IMC: Índice de massa corporal; FC: Frequência cardíaca; PAS: Pressão arterial sistólica; PAD: Pressão arterial diastólica; FR: Frequência respiratória; rMSSD: Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes; FC/LF: Índice adimensional derivado como FC (bpm) / baixa potência LF (ms²), usado comparativamente como um marcador simpático; DASS-21: Escala de depressão, ansiedade e estresse; sup: Posição supina; Ort: Posição ortostática; TMC: Transtornos mentais comuns; p: p-valor para o Modelo Linear Generalizado; *: Nível de significância de $\leq 0,05$.

Durante o teste de esforço incremental máximo, não foram observadas diferenças significativas entre grupos para o $VO_{2\text{ pico}}$ [(controle; $n = 24$) 35,7 (29,5 – 40,8) mL (kg · min)⁻¹] e [(TMC; $n = 27$) 31,7 (26,0 – 39,9) mL (kg · min)⁻¹] $\beta = 1,95$; IC 95% [-2,27, 6,23]; $p = 0,37$. Resultados semelhantes foram observados para a FC pico (controle; $n = 24$) 187 (179,8 – 192) bpm e (TMC; $n = 27$) 181 (174 – 192,5) bpm; $\beta = 4,07$; IC 95% [-2,00, 10,15]; $p = 0,19$; e para o rMSSD pico (controle; $n = 24$) 4,2 (3,8 – 4,7) ms e (TMC; $n = 27$) 3,8 (3,0 – 4,6) ms; $\beta = 0,19$; IC 95% [-0,59, 0,99]; $p = 0,63$. Entretanto, observamos tendência a diferença significativa na razão FC/BF pico (controle; $n = 24$) 1660,5 (789,1 – 3015,2) e (TMC; $n = 27$) 983,1 (608,1 – 1819,2); $\beta = 965,49$; IC 95% [43,93, 2178,99]; $p = 0,06$.

Durante os dois primeiros minutos de recuperação não foram observadas diferenças nas respostas cronotrópicas e autonômicas entre os grupos controle e TMC, conforme o modelo simples do GLM ($p > 0,05$). Adicionalmente, observamos que tanto grupo controle quanto o grupo TMC apresentaram valores de FCR no 1° e 2° minuto de recuperação acima dos pontos de corte associados a maior risco cardiovascular e aumento de mortalidade por todas as causas (Cole *et al.*, 2000; Riani Costa; Prado; Neto, 2008). A tabela 3 apresenta os valores descritivos e estatísticos das variáveis analisadas ao longo da fase de recuperação.

TABELA 3: Mediana (25°, 75° percentil) das variáveis cronotrópicas e autonômicas ao longo da fase de recuperação.

	Controle (n=24)	TMC (n=27)	p
FCR1° min (bpm)	24,5 (21,0 - 31,0)	23,0 (20,0 - 28,5)	0,34
FCR2° min (bpm)	48,5 (41,5 - 55,3)	44,0 (38,5 - 50,0)	0,16
CRFC 1° min (%)	20,9 (16,5 - 25,3)	20,8 (17,9 - 22,9)	0,71
CRFC 2° min (%)	38,0 (30,8 - 45,9)	37,5 (33,7 - 42,7)	0,51
rMSSD 1° min (ms)	4,0 (3,4 - 4,3)	3,1 (2,7 - 3,8)	0,27
rMSSD 2° min (ms)	4,0 (3,4 - 4,3)	3,3 (2,7 - 4,4)	0,41
FC/BF 1° min	172,2 (58,4 - 425,8)	165,5 (79,4 - 352,3)	0,73
FC/BF 2° min	48,7 (20,7 - 87,3)	38,3 (20,2 - 86,5)	0,76

FCR: Frequência cardíaca de recuperação; CRFC: Coeficiente de recuperação da frequência cardíaca; rMSSD: Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes; FC/BF: Índice adimensional derivado da FC (bpm) / baixa potência LF (ms^2), usado comparativamente como um marcador simpático; TMC: Transtornos mentais comuns; p: p-valor para o Modelo Linear Generalizado.

Nos modelos múltiplos do GLM observamos os efeitos principais do grupo, do sexo e da ACR, bem como suas interações, sobre as respostas cronotrópicas e autonômicas ao longo do período de recuperação, conforme descrito na seção de Métodos.

Observamos efeitos diretos do sexo na FCR do 1° minuto $\beta = -6,38$; IC 95% BCa [-12,85, -1,19]; $p = 0,02$, bem como no CRFC do 1° minuto $\beta = -5,33$; IC 95% BCa [-10,86, -0,49]; $p = 0,01$ e do VO_2 pico sobre a FCR e CRFC no 1° e 2° minuto de recuperação $\beta = 0,70$; IC 95% BCa [0,32, 1,13]; $p < 0,01$ e $\beta = 0,87$; IC 95% BCa [0,27, 1,63]; $p < 0,01$ e $\beta = 0,49$; IC 95% BCa [0,18, 0,93]; $p < 0,01$ e $\beta = 0,62$; IC 95% BCa [0,06, 1,16]; $p = 0,01$, respectivamente. Em relação às interações, observamos que o grupo $\times \text{VO}_2$ pico apresentou efeito significativo no 1° minuto da FCR $\beta = -0,83$; IC 95% BCa [-1,61, -0,01]; $p = 0,04$ e no 1° minuto CRFC $\beta = -0,78$; IC 95% BCa [-1,50, -0,03]; $p = 0,02$. Tabela 4.

Tabela 4: Modelos lineares generalizados múltiplos para as respostas cronotrópicas durante a recuperação (FCR e coeficiente de recuperação da FC nos minutos 1 e 2), em função do grupo, sexo, VO_2 pico e suas interações.

Predita	Preditores	Estimate β	SE	IC 95% (BCa)	p*
FCR 1° min (bpm)	Grupo (TMC - Controle)	1,32	2,66	[-4,38, 7,75]	0,62
	Sexo (Masc - Fem)	-6,38	2,66	[-12,85, -1,19]	0,02*
	VO_2 pico [mL (kg · min) ⁻¹]	0,70	0,20	[0,32, 1,13]	<0,01*
	Grupo x Sexo	9,33	5,31	[-4,95, 18,44]	0,08
	Grupo x VO_2 pico	-0,83	0,41	[-1,61, -0,01]	0,04*
	Sexo x VO_2 pico	0,50	0,41	[-0,47, 1,20]	0,22
	Grupo x sexo x VO_2 pico	-0,53	0,82	[-2,36, 1,17]	0,52
FCR 2° min (bpm)	Grupo (TMC - Controle)	-1,64	4,14	[-10,93, 8,21]	0,69
	Sexo (Masc - Fem)	-5,77	4,14	[-14,68, 3,79]	0,16
	VO_2 pico [mL (kg · min) ⁻¹]	0,87	0,29	[0,27, 1,63]	<0,01*
	Grupo x Sexo	2,10	8,27	[-16,98, 17,85]	0,80
	Grupo x VO_2 pico	-0,34	0,57	[-1,61, 0,77]	0,55
	Sexo x VO_2 pico	0,66	0,57	[-0,76, 1,92]	0,25
	Grupo x sexo x VO_2 pico	-0,33	1,14	[-3,37, 2,40]	0,77
CRFC 1° min (%)	Grupo (TMC - Controle)	1,11	2,15	[-4,56, 6,34]	0,60
	Sexo (Masc - Fem)	-5,33	2,15	[-10,86, -0,49]	0,01*
	VO_2 pico [mL (kg · min) ⁻¹]	0,49	0,16	[0,18, 0,93]	<0,01*
	Grupo x Sexo	8,96	4,29	[-4,17, 16,96]	0,04
	Grupo x VO_2 pico	-0,78	0,33	[-1,50, -0,03]	0,02*
	Sexo x VO_2 pico	0,41	0,33	[-0,42, 1,02]	0,21
	Grupo x sexo x VO_2 pico	-0,10	0,66	[-1,78, 1,15]	0,88
CRFC 2° min (%)	Grupo (TMC - Controle)	-0,64	3,37	[-9,80, 6,18]	0,85
	Sexo (Masc - Fem)	-5,52	3,37	[-12,11, 3,26]	0,10
	VO_2 pico [mL (kg · min) ⁻¹]	0,62	0,23	[0,06, 1,16]	0,01*
	Grupo x Sexo	3,99	6,74	[-13,67, 17,09]	0,55
	Grupo x VO_2 pico	-0,42	0,47	[-1,60, 0,60]	0,37
	Sexo x VO_2 pico	0,56	0,47	[-0,65, 1,47]	0,23
	Grupo x sexo x VO_2 pico	0,18	0,93	[-1,94, 2,34]	0,85

FCR: Frequência cardíaca de recuperação; CRFC: Coeficiente de recuperação da frequência cardíaca; TMC: Transtornos mentais comuns; SE: Erro padrão; IC 95% BCa: Método Bootstrap com procedimento corrigido e acelerado por viés para calcular o intervalo de confiança de 95%; p: p-valor para o efeito das variáveis preditoras na variável predita pelo Modelo Linear Generalizado múltiplo; *: Nível de significância de $\leq 0,05$.

Para facilitar a interpretação dos efeitos interativos identificados no modelo múltiplo (tabela 4), apresentamos na Figura 5 as médias marginais estimadas para as interações significativas e de tendência observadas no 1º minuto de recuperação. Os painéis A e B ilustram a interação entre grupo e $\text{VO}_{2\text{ pico}}$ para a dinâmica da FCR e para o CRFC, respectivamente, demonstrando que o aumento da ACR está associado a maior recuperação cronotrópica, porém com menor magnitude no grupo TMC, onde a FCR variou de 21,5 a 25,8 bpm e o CRFC de 18,8% a 20,3%. Por outro lado, o grupo controle demonstrou maior sensibilidade à ACR, onde a FCR variou de 13,9 a 30,8 bpm e o CRFC1 de 11,7% a 25,1%.

Os painéis C e D apresentam a tendência de interação entre grupo e sexo para a dinâmica das variáveis (FCR e CRFC), mostrando o padrão direcional em que mulheres exibem valores superiores de FCR e CRFC, especialmente no grupo controle. As médias marginais estimadas indicam que, entre mulheres, a diferença entre os grupos é menor comparativamente aos homens. Mulheres controle apresentaram FCR de 27,9 bpm e CRFC de 23,4%, enquanto mulheres com TMC recuperaram 24,6 bpm e 20,0%. Entre os homens a diferença foi mais pronunciada, homens controle recuperaram 16,9 bpm e 13,6%, enquanto homens com TMC recuperaram 22,9 bpm e 19,7%. A figura 1 exibe o resultado graficamente da Tabela 5.

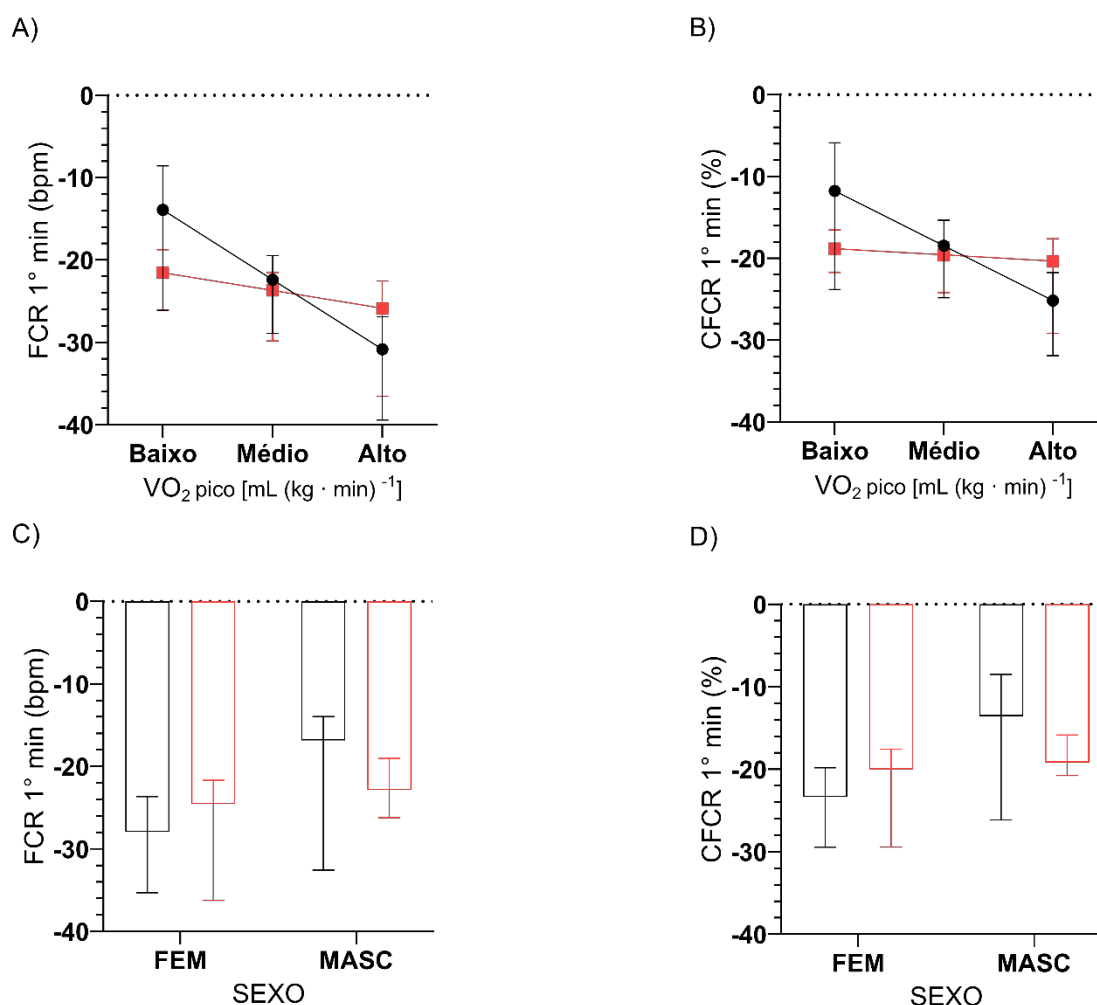


Figura 5: Médias marginais estimadas da recuperação cronotrópica do primeiro minuto estratificadas das interações grupo \times VO₂ pico (painéis A e B) e grupo \times sexo (painéis C e D). As categorias Baixo, Médio e Alto dos painéis A e B correspondem aos valores de VO₂ pico definidos em Média - 1 DP, Média e Média + 1 DP, respectivamente. Barreiras verticais indicam intervalo de confiança 95%. Controle (círculos, linhas/barras pretas); TMC (quadrados, linhas/barras vermelhas).

Em relação às respostas autonômicas durante a recuperação, a Tabela 4 apresenta os resultados do modelo múltiplo para a reativação cardiovascular (rMSSD). Observamos efeito significativo do grupo, com valores inferiores do grupo TMC, no 1º minuto $\beta = -1,22$; IC 95% BCa [-2,27, -0,54]; $p = 0,05$ e tendência significativa, com valores inferiores do grupo TMC, no 2º minuto $\beta = -1,12$; IC 95% BCa [-2,15, -0,33]; $p = 0,06$. Além disso, verificamos tendência do efeito da interação tripla do grupo \times sexo \times VO₂ pico no rMSSD do 1º $\beta = 0,29$; IC 95% BCa [0,05, 0,64]; $p = 0,1$ e 2º minuto $\beta = 0,32$; IC 95% BCa [0,03, 0,63]; $p = 0,06$.

Tabela 5: Resultados do modelo múltiplo do GLM para a reativação vagal (rMSSD) durante o período de recuperação pós-esforço.

Predita	Preditores	Estimate β	SE	IC 95% (BCa)	P
rMSSD 1° min (ms)	Grupo (TMC - Controle)	-1,22	0,61	[-2,27, -0,54]	0,05*
	Sexo (Masc - Fem)	-0,13	0,61	[-1,06, 0,68]	0,83
	VO ₂ pico [mL (Kg.min) ⁻¹]	0,00	0,04	[-0,07, 0,07]	0,94
	Grupo x Sexo	-0,09	1,21	[-1,85, 1,78]	0,94
	Grupo x VO ₂ pico	-0,03	0,09	[-0,17, 0,11]	0,75
	Sexo x VO ₂ pico	0,05	0,09	[-0,09, 0,18]	0,58
	Grupo x sexo x VO ₂ pico	0,29	0,17	[0,05, 0,64]	0,10
rMSSD 2° min (ms)	Grupo (TMC - Controle)	-1,12	0,59	[-2,15, -0,33]	0,06
	Sexo (Masc - Fem)	-0,47	0,59	[-1,56, 0,32]	0,43
	VO ₂ pico [mL (Kg.min) ⁻¹]	0,02	0,04	[-0,04, 0,10]	0,64
	Grupo x Sexo	0,26	1,19	[-1,93, 2,15]	0,83
	Grupo x VO ₂ pico	-0,03	0,09	[-0,18, 0,12]	0,69
	Sexo x VO ₂ pico	0,06	0,09	[-0,11, 0,20]	0,50
	Grupo x sexo x VO ₂ pico	0,32	0,17	[0,03, 0,63]	0,06

rMSSD: Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes; TMC: Transtornos mentais comuns; SE: Erro padrão; IC 95% BCa: Método Bootstrap com procedimento corrigido e acelerado por viés para calcular o intervalo de confiança de 95%; p: p-valor para o efeito das variáveis preditoras na variável predita pelo Modelo Linear Generalizado múltiplo; *: Nível de significância de $\leq 0,05$.

Para facilitar a interpretação visual da interação tripla observada no modelo múltiplo, a Figura 6 apresenta as médias marginais estimadas do rMSSD no 1° e no 2° minuto de recuperação, estratificadas simultaneamente por grupo, sexo e níveis de VO₂ pico (Baixo, Médio e Alto). Em ambos os tempos, observamos um padrão consistente no qual indivíduos do grupo TMC apresentam menor reativação cardiovagal, principalmente entre homens com menor ACR. No 1° minuto, as mulheres do grupo controle exibem aumento progressivo do rMSSD, de 3,8 a 4,8 ms, em função do aumento da ACR, enquanto as mulheres do grupo TMC reduziram níveis do rMSSD, de 3,9 a 2,3 ms, conforme a ACR aumenta. Homens do grupo controle apresentaram valores estáveis, de 4,4 a 4,0 ms, enquanto homens com TMC apresentaram um aumento nos valores de rMSSD, de 2,3 a 3,6ms.

No segundo minuto o padrão se manteve, mulheres do grupo controle aumentaram os valores de rMSSD com a ACR (de 3,8 a 5,2) ms. Mulheres do grupo TMC reduziram os valores de rMSSD frente ao aumento da ACR (de 4,1 a 2,5) ms. Os homens do grupo controle (de 4,0 a 3,8) ms exibiram respostas estáveis do rMSSD frente ao aumento da ACR, enquanto os

homens do grupo TMC exibiram aumento dos valores de rMSSD frente ao aumento da ACR (de 2,1 a 3,8) ms. Esses achados ilustram graficamente o padrão indicado pelos coeficientes de interação ($\beta = 0,29$; IC 95% BCa [0,05, 0,64] no 1º minuto e $\beta = 0,32$; IC 95% BCa [0,03, 0,63] no 2º minuto), mostrando que o aumento da ACR está associado a melhorias mais acentuadas da reativação cardiovagal em determinados subgrupos, especialmente mulheres do grupo controle, enquanto homens TMC de baixo ACR permanecem como o subgrupo de menor recuperação parassimpática no pós-esforço.

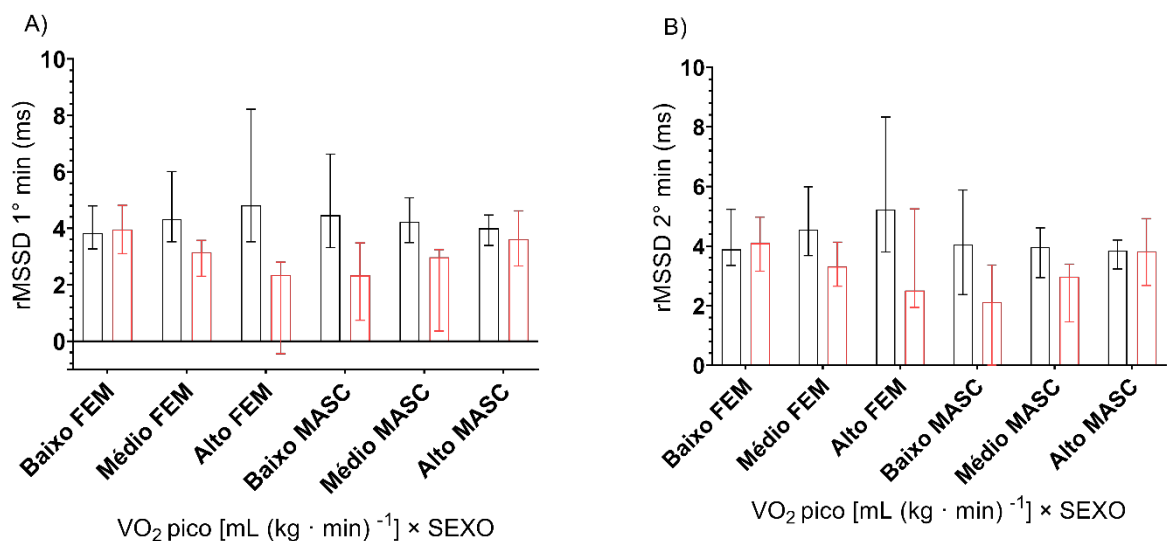


Figura 6: Médias marginais estimadas do rMSSD no primeiro (painel A) e segundo minuto (painel B) de recuperação, estratificadas pela interação tripla Grupo \times Sexo \times VO₂ pico. As categorias Baixo, Médio e Alto correspondem aos valores de VO₂ pico definidos em Média - 1 DP, Média e Média + 1 DP, respectivamente. Barras verticais indicam intervalo de confiança 95%. Controle (barras pretas); TMC (barras vermelhas).

A Tabela 5 apresenta os efeitos diretos e indiretos do modelo múltiplo para a atividade simpática (FC/BF) durante o 1º e 2º minuto de recuperação. Verificamos, ao longo da recuperação, uma tendência de moderação do ACR sobre o efeito do grupo na FC/BF, com valores de $\text{Exp}(B) = 1,14$; IC 95% [0,99, 1,33]; $p = 0,07$ no 1º minuto e $\text{Exp}(B) = 1,15$; IC 95% BCa [1,00, 1,49]; $p = 0,07$ no 2º minuto. Adicionalmente, no 2º minuto de recuperação, observamos um efeito direto significativo do sexo com valores de $\text{Exp}(B) = 4,16$; IC 95% BCa [1,48, 18,69]; $p = 0,01$ na FC/BF. Verificamos também um efeito direto do ACR, com $\text{Exp}(B) = 0,92$; IC 95% BCa [0,83, 1,00]; $p = 0,04$ na FC/BF do 2º minuto.

Tabela 6: Resultados do modelo múltiplo do GLM para os efeitos diretos e indiretos na retirada simpática (razão FC/LF) durante o período de recuperação pós-esforço.

Predita	Preditores	Estimate β	SE	Exp(B)	IC 95% Exp(B)	p*
FC/BF 1º min	Grupo (TMC - Controle)	-0,44	0,54	0,64	[0,22, 1,90]	0,41
	Sexo (Masc - Fem)	0,78	0,54	2,17	[0,73, 6,43]	0,15
	VO ₂ pico [mL (Kg.min) ⁻¹]	-0,02	0,04	0,98	[0,91, 1,06]	0,64
	Grupo x Sexo	-1,97	1,08	0,14	[0,02, 1,22]	0,07
	Grupo x VO ₂ pico	0,13	0,07	1,14	[0,99, 1,33]	0,07
	Sexo x VO ₂ pico	-0,07	0,07	0,93	[0,80, 1,08]	0,35
	Grupo x sexo x VO ₂ pico	0,11	0,15	1,12	[0,83, 1,51]	0,45
Predita	Preditores	Estimate β	SE	Exp(B)	IC 95% Exp(B) (BCa)	p*
FC/BF 2º min	Grupo (TMC - Controle)	-0,38	0,57	0,68	[0,38, 11,07]	0,51
	Sexo (Masc - Fem)	1,42	0,57	4,16	[1,48, 18,69]	0,01*
	VO ₂ pico [mL (Kg.min) ⁻¹]	-0,08	0,04	0,92	[0,83, 1,00]	0,04
	Grupo x Sexo	-1,85	1,15	0,16	[0,15, 70,44]	0,11
	Grupo x VO ₂ pico	0,14	0,08	1,15	[1,00, 1,49]	0,07
	Sexo x VO ₂ pico	-0,08	0,08	0,92	[0,77, 1,16]	0,31
	Grupo x sexo x VO ₂ pico	0,10	0,16	1,11	[0,82, 1,84]	0,53

FC/LF: Índice adimensional derivado da FC (bpm) / baixa potência BF (ms²), usado comparativamente como um marcador simpático; TMC: Transtornos mentais comuns; SE: Erro padrão; Exp(B): Coeficiente exponenciado do modelo GLM, indica efeito relativo do preditor sobre a variável dependente; IC 95% Exp(B): Intervalo de confiança de 95%; IC 95% Exp(B) (BCa): Método Bootstrap com procedimento corrigido e acelerado por viés para calcular o intervalo de confiança de 95% p: p-valor para o efeito das variáveis predictoras na variável predita pelo Modelo Linear Generalizado múltiplo; *: Nível de significância de $\leq 0,05$.

A Figura 7 apresenta as médias marginais estimadas da razão FC/BF de acordo com as interações observadas nos modelos múltiplos. No painel A (Grupo \times VO₂ pico – 1º minuto), observa-se que, o grupo TMC exibe o padrão invertido, o FC/BF aumenta, de 203,7 a 435,8, conforme a ACR aumenta. Por outro lado, o grupo controle demonstrou reduzir progressivamente a FC/BF conforme a ACR aumenta, de 885,2 a 243,8. No painel B (Grupo \times VO₂ pico – 2º minuto), nota-se padrão oposto ao do primeiro minuto: no grupo controle observamos queda expressiva do FC/BF com o aumento da ACR (de 405,9 a 40,1), o grupo TMC mostra uma variação mais discreta no mesmo sentido do grupo controle, de 94,1 a 80,2.

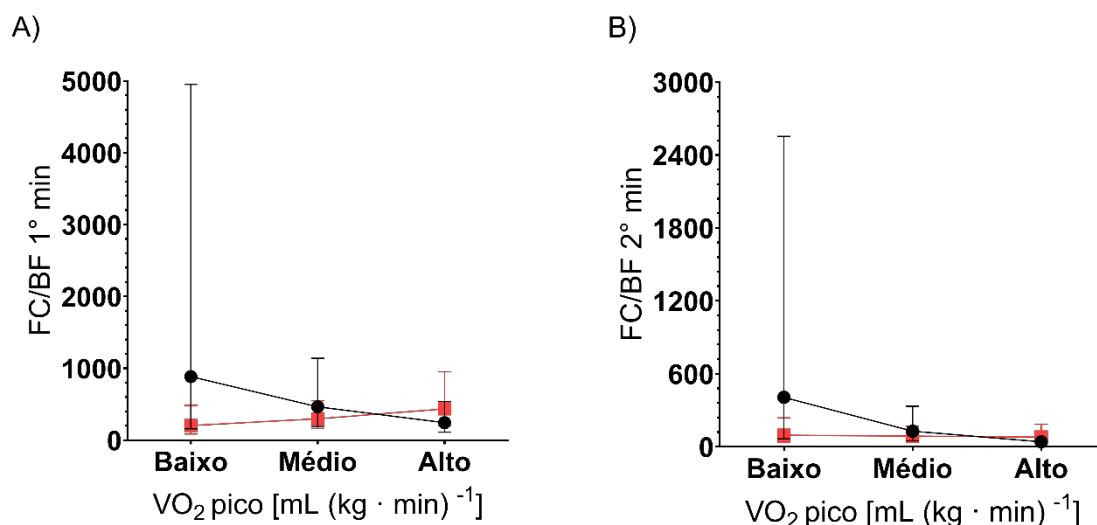


Figura 7: Médias marginais estimadas da razão FC/BF durante o primeiro e o segundo minuto de recuperação. (A) Interação Grupo \times VO_2 pico no 1º minuto; (B) Interação Grupo \times VO_2 pico no 2º minuto. Valores representam médias marginais estimadas estratificadas das interações realizadas. As categorias Baixo, Médio e Alto dos painéis A e C correspondem aos valores de VO_2 pico definidos em Média - 1 DP, Média e Média + 1 DP, respectivamente. Barras verticais indicam Intervalo de confiança 95%. Controle (círculos, linhas/barras pretas); TMC (quadrados, linhas/barras vermelhas).

Por fim, a Figura 8 apresenta as análises complementares realizadas para examinar o papel da ACR na recuperação cronotrópica. Nessa etapa, a amostra foi estratificada em tercís de VO_2 pico para comparar o primeiro tercil do grupo TMC com o terceiro tercil do grupo controle (Painel A), bem como as mesmas comparações realizadas separadamente para homens (Painel B) e mulheres (Painel C). Em todas as análises, os grupos partiram de uma condição fisiológica semelhante ao final do esforço máximo, sem diferenças significativas na FC máxima entre os grupos TMC e controle, tanto na amostra total ($\beta = -5,54$; SE = 4,65; IC 95% BCa [-13,90, 2,97]; $p = 0,23$), quanto nas análises contendo apenas homens ($\beta = -0,75$; SE = 6,98; IC 95% [-14,43, 12,93]; $p = 0,91$) e apenas mulheres ($\beta = -6,97$; SE = 6,64; IC 95% BCa [-17,96, 4,72]; $p = 0,29$).

Entretanto, verificamos diferença significativa na FCR durante o 1º e o 2º minuto de recuperação, com respostas menos acentuadas nos indivíduos com menor ACR (primeiro tercil – grupo TMC) em comparação àqueles com maior ACR (terceiro tercil – grupo controle). Na amostra total, a diferença foi significativa tanto no 1º ($\beta = -5,89$; SE = 2,47; IC 95% BCa [-10,12, -0,90]; $p = 0,02$) quanto no 2º minuto ($\beta = -11,18$; SE = 3,96; IC 95% BCa [-18,66, -3,31]; $p < 0,01$). Entre os homens, também foram observadas diferenças entre os grupos para a FCR do 1º ($\beta = -9,50$; SE = 2,72; IC 95% [-14,84, -4,16]; $p < 0,01$) e do 2º minuto ($\beta = -16,50$; SE = 4,9; IC 95% [-25,88, -7,12]; $p < 0,01$). De modo semelhante, entre as mulheres, o grupo com menor ACR apresentou menor FCR no 1º ($\beta = -9,53$; SE = 4,99; IC 95% BCa [-19,75, -

1,26,]; $p = 0,056$) e no 2º minuto de recuperação ($\beta = -14,77$; $SE = 5,40$; IC 95% [-25,35, -4,18]; $p = 0,01$).

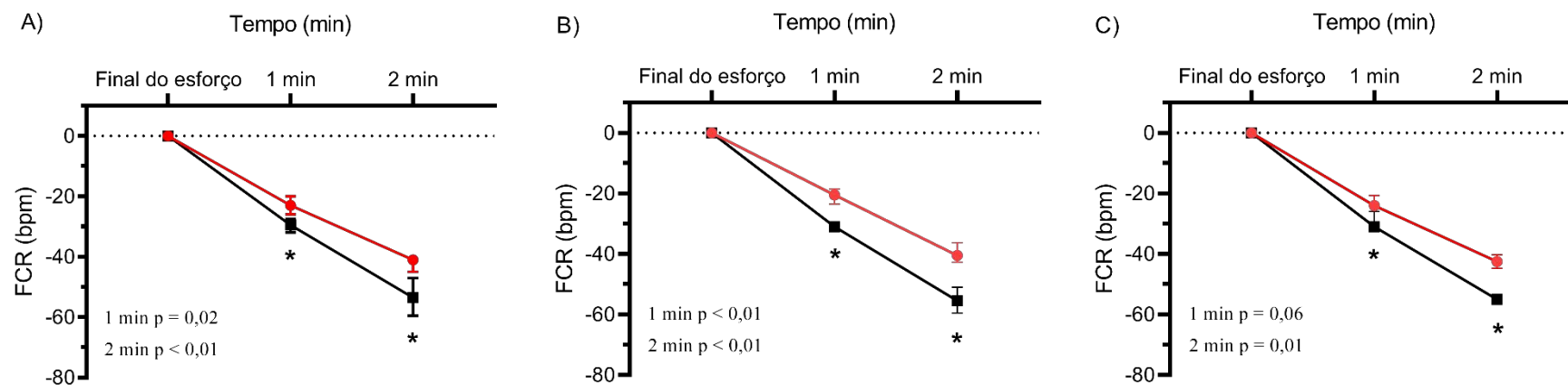


Figura 8: Mediana (25°, 75° percentil) das respostas cronotrópicas estratificadas por níveis de aptidão cardiorrespiratória ($VO_{2\text{ pico}}$) e sexo (masculino e feminino) no primeiro e segundo minutos de recuperação. Painel A: Comparação entre o primeiro tercil do $VO_{2\text{ pico}}$ do grupo TMC e o terceiro tercil do grupo controle (amostra total); painel B: Comparação entre o primeiro tercil do $VO_{2\text{ pico}}$ do grupo TMC e o terceiro tercil do grupo controle (sexo masculino); painel C: Comparação entre o primeiro tercil do $VO_{2\text{ pico}}$ do grupo TMC e o terceiro tercil do grupo controle (sexo feminino); linha contínua preta: Terceiro tercil do $VO_{2\text{ pico}}$ do grupo controle; linha contínua vermelha: Primeiro tercil do $VO_{2\text{ pico}}$ do grupo TMC; *: Diferenças estatisticamente significativas.

7. DISCUSSÃO

Novos e relevantes achados foram observados no presente estudo ao avaliar, de maneira integrada, o impacto do estado de saúde mental, da ACR e do sexo sobre a recuperação cronotrópica e autonômica após teste de esforço máximo em adultos jovens. No 1º minuto de recuperação, observamos que o aumento da ACR melhora a recuperação cronotrópica em ambos os grupos. Contudo, a interação grupo \times ACR revela que esse benefício é menos pronunciado nos indivíduos com TMC, indicando uma resposta atenuada a ACR, acompanhada por prejuízo autonômico caracterizado por menor atividade cardiovagal e retirada simpática menos sensível à ACR. Além disso, observamos um efeito robusto do sexo, no qual homens exibiram recuperação cronotrópica inferior à das mulheres, refletindo menor responsividade tanto na FCR quanto no CRFC. Entretanto, as interações significativas entre grupo, sexo e ACR revelaram que mulheres com TMC exibem o perfil mais desfavorável para a reativação cardiovagal.

No 2º minuto de recuperação, a ausência de diferenças cronotrópicas diretas e indiretas entre os grupos contrastou com a manutenção de alterações autonômicas, evidenciadas pela atividade cardiovagal reduzida e por uma retirada simpática menos sensível a ACR nos indivíduos com TMC. Nessa fase, observamos que a ACR possui efeito direto sobre a recuperação cronotrópica e sobre a razão FC/BF, sugerindo que níveis mais elevados de ACR favorecem uma maior FCR e retirada simpática mais eficiente, sinalizando uma transição autonômica mais equilibrada durante esse período de recuperação. A interação tripla entre grupo, sexo e ACR voltou a se destacar, indicando que mulheres com TMC continuam a apresentar o perfil mais desfavorável de reativação vagal, tal como observado no primeiro minuto de recuperação. Além disso, nossos achados sugerem que a menor responsividade autonômica - rigidez autonômica - dos TMC persiste ao longo da recuperação, manifestando-se tanto pela menor reatividade cardiovagal quanto pela menor responsividade simpática (redução) à ACR no 2º minuto.

As análises estratificadas por tercís de ACR e por sexo reforçaram que a ACR modula a recuperação cronotrópica. Indivíduos com TMC no primeiro tercil de ACR apresentaram recuperação significativamente inferior à do controle no terceiro tercil, tanto entre homens quanto entre mulheres, indicando que níveis reduzidos de ACR amplificam o impacto dos TMC

sobre a dinâmica cronotrópica após teste de esforço máximo. Esses resultados, aliados aos efeitos diretos da ACR observados nos modelos múltiplos, evidenciam que a ACR exerce papel duplo, atuando como determinante independente da recuperação cronotrópica e, simultaneamente, como modulador da interação entre saúde mental e resposta cardiovascular após teste de esforço máximo.

Adicionalmente, a resposta autonômica no pico do esforço contribui para contextualizar a fase de recuperação ativa imediatamente após o esforço. Observamos tendência a menor razão FC/BF no grupo TMC, sugerindo menor ativação simpática no momento de maior demanda metabólica. Como a razão FC/BF aumenta progressivamente durante o exercício e representa a predominância da atividade simpática (Tanoue *et al.*, 2021), esse padrão indica uma resposta simpática de menor amplitude, compatível com um estado de rigidez autonômica, no qual a variação (balanço) simpato-vagal está reduzida frente a mudanças rápidas do estado fisiológico. Esse comportamento corrobora com o modelo da carga alostática, que descreve o desgaste funcional dos sistemas de resposta ao estresse em indivíduos expostos a estressores emocionais crônicos, levando a menor capacidade de mobilização autonômica (McEwen, 1998).

Do ponto de vista neurofuncional, esses achados se alinham ao MIN, segundo o qual a flexibilidade autonômica depende da eficiência da rede autonômica central responsáveis por modular as respostas autonômicas descendentes (Thayer *et al.*, 2012; Thayer; Lane, 2000, 2009). Sob estresse emocional crônico, essa rede tende a operar de forma menos eficiente, reduzindo a capacidade de ajustar rapidamente a resposta autonômica (Thayer; Lane, 2000). Assim, o conjunto formado por menor FC/BF no pico e pelas alterações observadas nos dois primeiros minutos de recuperação reforça um padrão de menor flexibilidade autonômica – e/ou rigidez autonômica, nos indivíduos com TMC.

Os achados relativos ao 1º minuto de recuperação evidenciam, de forma clara e multifatorial, que indivíduos com TMC apresentam prejuízo autonômico na fase inicial de recuperação mesmo após ajuste para ACR e sexo. É consenso que o primeiro minuto de recuperação após teste de esforço máximo representa a fase dominada pela reativação cardiovagal (Imai *et al.*, 1994; Michael; Graham; Davis, 2017; Qiu *et al.*, 2017). Este processo é fortemente sensível ao estado emocional, ao estresse psicofisiológico e à integridade dos circuitos pré-frontais responsáveis pela modulação autonômica descendente (Okonogi *et al.*, 2024; Thayer; Lane, 2009).

Nesse contexto fisiológico já bem estabelecido, nossos resultados revelam que a ACR possui influência central sobre a recuperação cronotrópica, corroborando a literatura que descreve a ACR como determinante primário da capacidade de recuperar a FC após o esforço (Chaliki *et al.*, 2025; da Cruz; Molina; *et al.*, 2017; Facioli *et al.*, 2021). Contudo, nosso estudo avança significativamente ao demonstrar que o efeito da ACR não é uniforme entre indivíduos com e sem TMC: a interação grupo \times ACR observada no 1º minuto indica que, embora a ACR beneficie ambos os grupos, a magnitude desse benefício é reduzida nos indivíduos com TMC.

Esse achado é reforçado por evidências clássicas e contemporâneas sobre rigidez autonômica e adaptação fisiológica reduzida em contextos de sofrimento emocional (Lucini *et al.*, 2002; Ottaviani *et al.*, 2016; Thayer; Lane, 2000). A literatura demonstra que indivíduos com sintomas depressivos, ansiosos ou de estresse exibem menor variabilidade autonômica dinâmica e respostas menos eficientes a desafios fisiológicos agudos (Choi; Jeon, 2020; Hamilton; Alloy, 2016; Kontaxis *et al.*, 2018). Segundo o modelo da carga alostática, essa redução da sensibilidade aos efeitos protetores da ACR pode refletir mecanismos centrais de desgaste funcional dos sistemas de resposta ao estresse (McEwen, 1998)

Tais padrões decorrem, em grande parte, de disfunções nos eixos neurais que integram córtex pré-frontal, amígdala e tronco encefálico, comprometendo a capacidade de exercer modulação autonômica rápida diante de perturbações homeostáticas (Hultman *et al.*, 2016; Kenwood; Kalin; Barbas, 2022; Rolls, 2023). O presente estudo, alinha-se a essas evidências ao mostrar que os indivíduos com TMC com mesmo nível de ACR que o grupo controle, apresentam menor capacidade de traduzir ganhos de ACR em melhora proporcional da recuperação cronotrópica.

Além da interação grupo \times ACR, nossos resultados demonstram um ponto ainda mais complexo: a interação entre grupo e sexo para a recuperação cronotrópica do primeiro minuto. Essa interação indica que a resposta cronotrópica entre os grupos, observada na fase inicial da recuperação, varia conforme o sexo.

Mulheres apresentam, em condições basais, maior predominância cardiovagal e menor ativação simpática em comparação aos homens (Neves *et al.*, 2006; Philbois *et al.*, 2021). Esse padrão também se refletiu na recuperação após teste de esforço máximo. O modelo múltiplo mostrou efeito significativo do sexo no primeiro minuto para FCR e CRFC, indicando que homens apresentam recuperação cronotrópica mais lenta independentemente do grupo. As

interações indicaram que o efeito do grupo sobre a recuperação cronotrópica depende do sexo. A diferença entre TMC e controle foi mais pronunciada entre os homens do que entre as mulheres. Além disso, a análise revelou que mulheres com TMC apresentam recuperação cronotrópica inferior às mulheres controle, enquanto entre os homens essa diferença é invertida. Demonstrando que o sexo influencia diretamente a dinâmica da resposta cronotrópica na fase inicial da recuperação.

Apesar da influência reconhecida dos fatores sexuais e hormonais na modulação autonômica, com mulheres geralmente apresentando maior predominância vagal e maior sensibilidade às perturbações emocionais (Gardener *et al.*, 2013; Lorenz *et al.*, 2025; Philbois *et al.*, 2021). Nossos achados revelaram padrões que não seguem integralmente o esperado. Em especial, observamos que homens com TMC recuperaram mais a FC do que homens controle. Essa configuração, que à primeira vista parece paradoxal, deve ser interpretada com cautela.

No modelo múltiplo, a interação grupo \times sexo apresentou ampla variabilidade e intervalo de confiança que cruza o zero, sugerindo baixa precisão da estimativa e possível superinterpretação de um efeito estatisticamente marginal. Assim, a ausência de um padrão claro entre homens pode refletir mais a variabilidade estatística do que um fenômeno fisiológico consistente. Do ponto de vista fisiológico, também não há evidências na literatura de que homens com TMC tenham demonstrado melhor recuperação cronotrópica que homens saudáveis; portanto, interpretações causais devem ser evitadas.

Em conjunto, esses resultados sugerem que o efeito do sexo interage de maneira complexa com os estados emocionais, mas que parte das diferenças observadas, especialmente entre os homens, pode ser atribuída a limitações estatísticas, tamanho amostral reduzido e variabilidade intragrupo, devendo ser exploradas em estudos com maior poder amostral.

As análises múltiplas também indicaram que a reativação cardiovagal na fase inicial de recuperação é modulada por uma interação conjunta entre grupo, sexo e ACR. Essa interação revela que a capacidade de recuperar o tônus cardiovagal rapidamente após o esforço não depende apenas de saúde mental ou ACR de forma isolada, mas do modo como esses fatores interagem de forma diferencial entre homens e mulheres.

Especificamente, nossos resultados sugerem que as mulheres com TMC apresentam a combinação mais desfavorável: menor reatividade cardiovagal e menor capacidade de traduzir

a ACR em ganho de flexibilidade autonômica (maior responsividade). Esse padrão é coerente com evidências obtidas em repouso e durante estressores psicológicos repetidos, nas quais mulheres com sintomas ansiosos ou depressivos apresentam menores índices de VFC de curtíssimo prazo e maior sensibilidade a estímulos emocionais, mesmo em níveis subclínicos. (Schiweck *et al.*, 2022; Stone; McCormack; Bylsma, 2020). Entretanto, até onde sabemos, nenhum estudo havia demonstrado uma modulação conjunta entre estado de saúde mental, sexo e ACR na reativação cardiovagal após teste de esforço máximo, o que confere a este trabalho elevada originalidade e relevância fisiológica por considerar que a FCR nos dois primeiros minutos de recuperação após o teste de esforço máximo são considerados poderosos marcadores clínicos de morbimortalidade na população (Cole *et al.*, 2000, 1999; Qiu *et al.*, 2017)..

No que diz respeito aos indicadores autonômicos específicos, nossos resultados reforçam essa leitura integrada. O rMSSD do 1º minuto permaneceu reduzido nos indivíduos com TMC, conforme indicado pelo modelo múltiplo, evidenciando maior vulnerabilidade da modulação cardiovagal nessa população. Esses resultados convergem com achados prévios que demonstram menor reativação cardiovagal em indivíduos com pontuações elevadas de depressão e ansiedade quando comparados àqueles com baixos níveis desses sintomas (Santana *et al.*, 2020).

A razão FC/BF também exibiu interação significativa entre grupo e ACR, indicando que os indivíduos com TMC apresentaram valores 14% maiores de atividade simpática relativa que o grupo controle para o mesmo nível de ACR. Esse achado é particularmente relevante, pois sugere que a função autonômica cardíaca dos TMC encontra maior dificuldade em realizar a transição aguda do modo simpático de “ativação”, necessário para sustentar o esforço máximo, para o modo cardiovagal de “recuperação”.

Achados semelhantes demonstraram de forma consistente que indivíduos com depressão, ansiedade e estresse apresentam capacidade reduzida de modular o tônus simpático em tarefas cognitivas e estressores laboratoriais (Guimarães *et al.*, 2025; Kontaxis *et al.*, 2021; Morlin *et al.*, 2023; Vinkers *et al.*, 2021). Contudo, a literatura não havia demonstrado até o momento que esse padrão também ocorre na recuperação imediatamente após teste de esforço máximo, especialmente em adultos jovens e com ACR equivalente entre grupos.

Outro aspecto relevante para interpretar os achados do primeiro minuto é que os indivíduos com TMC apresentaram valores mais elevados de PAD tanto em repouso supino

(tendência), quanto na posição ortostática, indicando um padrão hemodinâmico compatível com maior tônus simpático basal (Hirai *et al.*, 2024; Ikeda *et al.*, 2024). Esse comportamento já foi descrito em populações com TMC (Amaike *et al.*, 2024; Astudillo *et al.*, 2024). Esse padrão pressórico também está associado com a redução da sensibilidade barorreflexa, o que poderia contribuir para a retirada simpática mais lenta e a reativação cardiovagal diminuída (Davydov *et al.*, 2007; Goldstein; Harris; Brady, 1977).

Adicionalmente, o grupo TMC apresentou maiores FR em ambas as posições, sugerindo maior drive ventilatório e menor eficiência respiratória, características observadas previamente (Masaoka; Homma, 1997, 1999). Como a modulação vagal é altamente dependente da mecânica respiratória, a respiração mais rápida pode ter limitado a amplitude das oscilações de alta frequência, reduzindo o rMSSD e contribuindo para a predominância simpática após o teste de esforço máximo (Malović *et al.*, 2024; Sevoz-Couche; Laborde, 2022).

Até onde sabemos, apenas um estudo demonstrou resultados divergentes em relação ao padrão geralmente descrito na literatura. Darling *et al.* (2024) observaram preservação da VFC e da sensibilidade barorreflexa em adultos jovens com depressão não medicada, quando comparados ao grupo controle, destacando que ambos os grupos apresentavam níveis semelhantes de atividade física habitual, avaliados por autorrelato. Entretanto, essa investigação foi conduzida exclusivamente em repouso, na posição supina (Darling *et al.*, 2024). Além disso, fatores como diferenças na gravidade dos sintomas e a ausência de tarefas fisiológicas de maior estresse podem ter contribuído para os achados atípicos. No presente estudo, esses potenciais confundidores foram minimizados por meio do emparelhamento da ACR, obtida pelo VO_2 pico, entre os grupos e da utilização de um protocolo incremental máximo, amplamente empregado em contextos clínico-laboratoriais (ACSM, 2014; Riebe *et al.*, 2018).

De forma integrada, os achados do 1º minuto de recuperação evidenciam que indivíduos com TMC apresentam comprometimento autonômico na fase inicial de recuperação após o esforço máximo, caracterizado por menor reativação cardiovagal. As interações grupo \times ACR, grupo \times sexo e grupo \times sexo \times ACR demonstram que esse prejuízo não é homogêneo, mas emerge da combinação entre estado emocional, ACR e diferenças sexuais na FAC. Observamos que a ACR exerce efeito protetor menos expressivo nos indivíduos com TMC, que a resposta cronotrópica masculina tende a ser menos responsiva que a feminina e que mulheres com TMC exibem a configuração mais vulnerável, com menor capacidade de traduzir a ACR em

recuperação autonômica eficaz. Assim, o conjunto de evidências aponta para uma rigidez autonômica na fase inicial de recuperação modulada por fatores biopsicossociais, indicando que a resposta ao estresse fisiológico é substancialmente influenciada pela interação entre saúde mental, sexo e ACR e não apenas por cada variável isoladamente.

Assim, este estudo oferece uma perspectiva fisiológica e psicobiológica integrada, contribuindo de forma inédita para a compreensão da recuperação cronotrópica e autonômica em TMC. Os dados sugerem que intervenções baseadas em exercício precisam aumentar a ACR, considerando as diferenças sexuais, características emocionais e possíveis adaptações do treinamento para otimizar a recuperação autonômica imediata, especialmente no que diz respeito ao 1º minuto, janela crítica de reativação cardiovagal.

Em conjunto, os achados do 1º minuto demonstram que os indivíduos com TMC apresentam rigidez autonômica agudo caracterizada por menor reativação cardiovagal e menor capacidade de traduzir a ACR em recuperação cronotrópica e retirada simpática eficiente, com modulações adicionais dependentes do sexo. Essa vulnerabilidade fisiológica da fase inicial da recuperação, que se manifesta durante a fase dominada pela reativação cardiovagal (Imai *et al.*, 1994; Michael; Graham; Davis, 2017), sugere que a organização autonômica após teste de esforço máximo em indivíduos com TMC é influenciada por processos neurobiológicos que limitam a adaptabilidade autonômica imediata (Hultman *et al.*, 2016; Kenwood; Kalin; Barbas, 2022; Rolls, 2023).

Contudo, a recuperação pós-exercício não é um fenômeno estático, mas um processo dinâmico composto por mecanismos temporais distintos (Alves *et al.*, 2024; Imai *et al.*, 1994; Romero; Minson; Halliwill, 2017). Assim, é fundamental examinar se os padrões observados no 1º minuto se perpetuam, se atenuam ou se reorganizam ao avançarmos para o 2º minuto, período em que os ajustes metabólicos, ventilatórios e hemodinâmicos passam a assumir papel mais dominante na cinética cronotrópica e autonômica (Laginestra *et al.*, 2023; Martinmäki; Rusko, 2008). A análise integrada desse 2º minuto permite compreender se o prejuízo autonômico dos TMC permanece restrito à reatividade cardiovagal rápida ou se também se estende para mecanismos mais lentos de recuperação.

Ao avançarmos para o 2º minuto de recuperação, observamos uma reorganização dos determinantes fisiológicos da recuperação pós-esforço que contrasta, mas ao mesmo tempo dialoga, com os padrões identificados no 1º minuto. Diferentemente do período inicial,

dominado pela reentrada cardiovagal rápida e fortemente influenciado pelo estado emocional, o 2º minuto é caracterizado por mecanismos de ajuste mais lentos, mediados pelo metabolismo, ventilação e hemodinâmica (Borrelli *et al.*, 2025; Martinmäki; Rusko, 2008; Mougín *et al.*, 2024).

Essa mudança no cenário fisiológico ajuda a explicar por que, mesmo com a manutenção de alguns padrões autonômicos característicos dos TMC, não observamos diferenças significativas entre grupos na recuperação cronotrópica (FCR e CRFC) nem interação entre grupo e ACR para essas variáveis. Assim, em termos estritamente cronotrópicos, a ACR atuou de forma relativamente uniforme entre grupos, reforçando seu papel robusto como determinante da recuperação tardia da FC (de Araújo *et al.*, 2017; Fan *et al.*, 2020; Mongin *et al.*, 2023).

Cabe destacar que as diferenças observadas entre os grupos na PAD e na FR em repouso possivelmente influenciaram não apenas a fase inicial da recuperação, mas também podem ter exercido efeitos residuais sobre o 2º minuto. A PAD mais elevada sugere maior vasoconstrição e menor complacência arterial, condições que reduzem a sensibilidade barorreflexa e podem retardar a transição para o predomínio cardiovagal na fase tardia de recuperação após teste de esforço máximo (Liu, W.-L. *et al.*, 2022; Melo *et al.*, 2025).

De modo semelhante, a maior FR observada nos indivíduos com TMC pode ter mantido um padrão ventilatório menos favorável à recuperação autonômica, reduzindo a amplitude vagal e contribuindo para o rMSSD persistentemente menor (Malović *et al.*, 2024; Sevoz-Couche; Laborde, 2022). Esses fatores hemodinâmicos e respiratórios ajudam a contextualizar a manutenção de diferenças autonômicas no 2º minuto, apesar da ausência de diferenças na resposta cronotrópica.

Apesar da semelhança observada na FCR, os marcadores autonômicos demonstraram que os indivíduos com TMC continuam apresentando sinais de menor flexibilidade autonômica mesmo no 2º minuto. O rMSSD permaneceu inferior nos TMC, indicando reativação cardiovagal mais lenta. Além disso, assim como observado no primeiro minuto, identificamos interação tripla entre grupo, sexo e ACR para o rMSSD do 2º minuto, o que reforça que a vulnerabilidade autonômica dos TMC não se limita ao 1º minuto, mas se estende à segunda fase da recuperação.

Especificamente, a interação sugere que as mulheres com TMC continuam apresentando a combinação mais desfavorável: menor reatividade cardiovascular e menor capacidade de traduzir ganhos de ACR em maior variabilidade autonômica, enquanto os homens com TMC continuam apresentando algum grau de compensação do efeito da ACR na reativação cardiovascular. Esse padrão é compatível com evidências de maior vulnerabilidade autonômica em mulheres com TMC (Fonkoue *et al.*, 2023; Jones *et al.*, 2020) e confirma o papel do sexo como moderador da resposta autonômica ao estresse fisiológico (Kappus *et al.*, 2015; Merchant; Champagne; Yan, 2019).

No componente simpático, a razão FC/BF do 2º minuto apresentou um perfil coerente com a reorganização fisiológica esperada para esse período. Identificamos efeito significativo do sexo, com homens exibindo maior predominância simpática, além de uma influência clara do ACR, que modulou a queda do FC/BF 2º minuto, indicando retirada simpática progressiva conforme maior ACR (Besnier *et al.*, 2019; O'Brien *et al.*, 2021; Paludo; Ferraz; Medeiros, 2024).

Entretanto, observamos interação significativa grupo \times ACR, sugerindo que os TMC apresentam retirada simpática mais lenta e menor sensibilidade do FC/BF a ACR. Esse padrão é consistente com evidências de hiperatividade simpática em indivíduos diagnosticados com depressão, ansiedade e/ou estresse (Herbsleb *et al.*, 2019; Pagès *et al.*, 2025) e reforça que o sistema simpático dos TMC responde de forma menos eficiente aos mecanismos tardios de recuperação, mesmo quando ajustado pela ACR.

Importante destacar que, embora a interação tripla tenha sido observada tanto no 1º quanto no 2º minuto, sua interpretação difere sutilmente entre as fases. No 1º minuto, ela representa sobretudo a vulnerabilidade autonômica das mulheres com TMC na reativação cardiovascular rápida. No 2º minuto, a mesma interação indica que essa vulnerabilidade se mantém, mas agora em um contexto no qual a ACR assume maior influência relativa e no qual a recuperação autonômica deveria, teoricamente, ser menos sensível ao estado emocional.

O fato de que indivíduos com TMC, especialmente mulheres, apresentem rMSSD persistentemente menor, mesmo em um momento fisiologicamente menos “emocionalmente dependente”, sugere que o prejuízo autonômico não está restrito a processos rápidos mediados pelo córtex pré-frontal, mas também pode envolver mecanismos autonômicos periféricos e

subcorticais que sustentam a adaptação cardiovagal na fase lenta de recuperação (Zhao *et al.*, 2020; Zhou *et al.*, 2020).

Nossos achados reforçam a noção de que a ACR exerce efeito benéfico sobre a recuperação cronotrópica e autonômica, mas que esse efeito é distribuído de forma desigual entre grupos e sexos. Em termos clínicos, isso indica que indivíduos com TMC, e particularmente mulheres, podem necessitar de volumes e intensidades de exercício mais estruturados para obter os mesmos ganhos autonômicos na fase lenta de recuperação que indivíduos saudáveis. Também sugere que intervenções associadas, como técnicas respiratórias, estratégias de regulação emocional e períodos maiores de recuperação ativa, podem potencializar a retirada simpática e a reativação cardiovagal durante a fase lenta de recuperação (Laborde *et al.*, 2022, 2024; You, M. *et al.*, 2021).

Finalmente, o conjunto dos achados do 2º minuto confirma que a recuperação autonômica em TMC é caracterizada por um perfil de rigidez autonômica persistente, que se manifesta tanto na fase rápida quanto na fase lenta da recuperação. Embora a FCR seja semelhante entre grupos na recuperação, a variabilidade autonômica continua revelando um sistema nervoso autônomo menos responsivo, menos flexível e menos sensível a ACR. Essa dissociação entre marcador cronotrópico e autonômico também foi observada anteriormente durante o repouso, na qual o TMC estava significativamente associado aos marcadores autonômicos, mas não ao marcador cronotrópico (Vinkers *et al.*, 2021). Esse achado é clinicamente relevante e sugere que intervenções baseadas em exercício devem monitorar não apenas a FCR, mas também indicadores de variabilidade no período pós-esforço, especialmente em populações com TMC.

Embora as diferenças basais observadas em PAD e FR sugiram que indivíduos com TMC já apresentam, em repouso, um perfil autonômico menos favorável, os achados de menor razão FC/BF no final do esforço reforçam a presença de rigidez autonômica ainda antes do início da recuperação. Assim, o padrão autonômico observado ao longo dos dois minutos pós-esforço pode refletir a combinação entre essa menor responsividade simpática terminal e mecanismos centrais de controle autonômico que modulam, de forma menos flexível, a transição entre retirada simpática e reativação vagal após o teste de esforço máximo. A integração desses elementos hemodinâmicos, respiratórios e centrais contribui para explicar o comportamento autonômico global observado durante a recuperação.

Considerando o conjunto dos achados dos dois primeiros minutos de recuperação, observamos rigidez autonômica associada aos TMC, enquanto nas respostas cronotrópicas brutas, não houve diferença média entre grupos. Por outro lado, a ACR mostrou efeito direto consistente sobre a recuperação cronotrópica em ambos os minutos e, no 1º minuto, interagiu com o grupo, sugerindo recuperação distinta nos TMC em relação ao controle. À luz disso, conduzimos análises adicionais estratificando por tercís de ACR, seguida pelo sexo, com o objetivo específico de testar se baixa ACR em indivíduos com TMC se associa a menor FCR.

As análises estratificadas por tercís de ACR reforçam e ampliam os achados prévios ao evidenciar que indivíduos com TMC no tercil mais baixo de ACR apresentam prejuízo na recuperação cronotrópica quando comparados aos participantes do grupo controle do tercil mais alto. A comparação entre categorias extremas evidenciou o efeito modulador da ACR sobre a FCR, revelando que a baixa ACR acentua o prejuízo cronotrópico nos TMC explicando diferenças que não se manifestam nos efeitos médios entre os grupos.

O mesmo padrão se manteve ao estratificar os participantes por sexo. Entre os homens, aqueles com TMC no primeiro tercil de ACR apresentaram recuperação cronotrópica significativamente menor do que os homens controles no terceiro tercil, indicando que o efeito combinado entre TMC e baixa ACR se mantém mesmo quando se isolam as diferenças sexuais. Esses achados reforçam que a ACR exerce papel central na modulação da FCR entre indivíduos com TMC.

Entre as mulheres, observamos o mesmo padrão: aquelas com TMC e baixa ACR apresentaram recuperação cronotrópica inferior em comparação às mulheres controles com alta ACR. Esses resultados reforçam que ACR modula de maneira consistente a FCR em ambos os sexos, evidenciando que a combinação entre TMC e baixa ACR representa um fator desfavorável para a recuperação cronotrópica.

Esses resultados convergem com evidências consolidadas na literatura mostrando que níveis reduzidos de ACR estão associados a uma recuperação cronotrópica mais lenta após o esforço. Estudos prévios indicam que indivíduos com menor ACR apresentam maior dificuldade de reduzir a FC no período imediato ao exercício intenso (da Cruz; Molina; *et al.*, 2017; Garcia *et al.*, 2022), o que reforça a importância da ACR como determinante da dinâmica de recuperação.

No entanto, trabalhos que investigaram populações com diagnóstico ou sintomas de TMC frequentemente foram limitados por diferenças de ACR entre grupos, o que dificultava isolar o impacto real do estado de saúde mental sobre a recuperação cardíaca pós-esforço (Herbsleb *et al.*, 2019; Santana *et al.*, 2020). No presente estudo, mesmo com ACR semelhante entre grupos no modelo geral, identificamos um subgrupo desfavorável: indivíduos com TMC que se situam nos níveis mais baixos de ACR, nos quais a recuperação cronotrópica ficou reduzida.

Do ponto de vista mecanístico, a combinação entre TMC e baixa ACR representa um contexto fisiológico menos favorável para a recuperação cronotrópica. Indivíduos com menor ACR apresentam limitação no tamponamento metabólico e hemodinâmico após o esforço, dificultando a FCR no período inicial da recuperação, conforme observado previamente (Bailey *et al.*, 2018). Esse cenário é compatível com evidências de que a ACR exerce papel determinante na FCR, conforme observado anteriormente em atletas recreacionais (Morlin *et al.*, 2023). Portanto, a baixa ACR pode amplificar o impacto dos TMC sobre a eficiência da recuperação após teste de esforço máximo.

Do ponto de vista clínico e prático, nossos resultados indicam que indivíduos com TMC e baixa ACR constituem um grupo prioritário para intervenções baseadas em exercício, uma vez que apresentam FCR reduzida nas análises estratificadas. À luz da literatura que evidencia o papel central da ACR na eficiência da FCR (Chiang *et al.*, 2023; Facioli *et al.*, 2021; Mongin *et al.*, 2023), nossos achados mostram que a baixa ACR atua como um amplificador fisiológico da limitação cronotrópica em indivíduos com TMC, independentemente do sexo. Esse padrão reforça a importância de programas estruturados de treinamento capazes de promover aumentos significativos do VO_2 pico, de modo a melhorar a FCR e otimizar a adaptação ao esforço físico em populações com diagnóstico ou sintomas de TMC.

Embora este trabalho apresente achados robustos, inovadores e metodologicamente consistentes, algumas limitações merecem destaque. Em primeiro lugar, embora tenha sido realizado um controle rigoroso da ACR e da experiência prévia com exercício, não foram avaliados marcadores neuroendócrinos como cortisol salivar, ACTH ou catecolaminas plasmáticas, que poderiam fornecer evidências mais diretas sobre mecanismos centrais e periféricos da desregulação autonômica. Estudos futuros devem integrar esses biomarcadores para avançar na compreensão das interações entre estresse, eixo HPA e recuperação

autônômica. Em segundo lugar, apesar de terem sido adotadas medidas para padronizar o ciclo menstrual, não houve controle hormonal preciso, como dosagem sérica de estrogênio e progesterona. Isso limita parcialmente a interpretação dos achados relacionados às diferenças específicas do sexo, especialmente considerando que oscilações hormonais influenciam fortemente a VFC e a reatividade autonômica (Yang; Mlček; Kittnar, 2013). Em terceiro lugar, o índice FC/BF, utilizado como marcador indireto de atividade simpática, ainda não foi validado por meio de bloqueio farmacológico pelos autores que o propuseram (Tanoue *et al.*, 2021), o que exige cautela em sua interpretação. Por outro lado, é atualmente uma das métricas mais acessíveis e operacionais para estimar responsividade simpática com base na VFC, o que justifica sua aplicação em estudos de campo e em contextos clínicos. Em quarto lugar, a amostra incluiu indivíduos com diferentes níveis de atividade física, variando de sedentários a fisicamente ativos. Essa heterogeneidade limita a generalização dos achados para populações mais homogêneas, como atletas ou pacientes com comorbidades específicas. Por outro lado, essa mesma característica pode ser interpretada como uma força metodológica, pois reduz o risco de que diferenças extremas de estilo de vida confundam as associações observadas entre estado de saúde mental, ACR e recuperação cronotrópica. Finalmente, outra limitação diz respeito ao uso de medicamentos de diferentes classes farmacológicas entre os participantes com TMC. Embora tenham sido excluídos os voluntários que utilizavam antidepressivos tricíclicos, indivíduos que faziam uso de ISRS e suas combinações com estabilizadores de humor, ansiolíticos ou psicoestimulantes foram incluídos na amostra. Como essas medicações podem modular a dinâmica autonômica por diferentes vias centrais e periféricas, seus efeitos potenciais não puderam ser isolados na interpretação dos achados. Por outro lado, a inclusão desses participantes reflete de maneira mais fiel o contexto clínico real de indivíduos com TMC, ampliando a validade externa do estudo e oferecendo uma perspectiva mais ecológica sobre a interação entre psicofármacos, ACR e recuperação autonômica.

Coletivamente, nossos achados mostram que a recuperação após o teste de esforço máximo em indivíduos com TMC apresenta uma dissociação clara entre seus componentes: enquanto as respostas cronotrópicas médias foram semelhantes às do grupo controle, os marcadores autonômicos revelaram rigidez autonômica persistente. A ACR emergiu como determinante robusto tanto da resposta cronotrópica quanto da modulação autonômica, exercendo efeito protetor mais expressivo nos controles do que nos indivíduos com TMC. A análise estratificada demonstrou ainda que, entre aqueles com menor ACR, a FCR foi reduzida,

independente do sexo, destacando que a baixa ACR amplifica o impacto fisiológico do sofrimento emocional.

Finalmente, ao integrar efeitos do estado de saúde mental, ACR e sexo por meio de modelos múltiplos e estratificações funcionais, este estudo oferece uma compreensão abrangente da recuperação pós-esforço em TMC e evidencia que intervenções de exercícios estruturados, direcionadas à elevação da ACR, podem mitigar tanto a limitação cronotrópica quanto a vulnerabilidade autonômica observadas nessa população.

7.1. Perspectivas futuras

Nossos achados abrem possibilidades para pesquisas futuras. Estudos longitudinais devem avaliar se intervenções, baseadas em exercícios aeróbicos, restauram a reativação cardiovagal na fase lenta da recuperação em indivíduos com TMC. Ensaios clínicos randomizados também são necessários para testar abordagens combinadas, como exercício físico, psicoterapia cognitivo-comportamental, capazes de melhorar de forma sinérgica a dinâmica autonômica. Além disso, o uso de tecnologias vestíveis e o monitoramento contínuo da VFC ao longo do ciclo sono-vigília representam uma linha promissora para identificar padrões de vulnerabilidade que não são detectados por medidas pontuais, como a FCR dos minutos iniciais de recuperação.

7.2. Avaliação das hipóteses do estudo

Para consolidar os principais achados, esta subseção retoma de forma sistemática as hipóteses inicialmente propostas, descrevendo aquelas que foram confirmadas, rejeitadas ou parcialmente confirmadas à luz das evidências produzidas.

H1: Indivíduos com TMC apresentariam menor responsividade cronotrópica e autonômica nos primeiros minutos de recuperação após teste de esforço máximo.

Essa hipótese foi parcialmente confirmada. Os resultados demonstraram que ambos os grupos, controle e TMC, apresentaram responsividade cronotrópica semelhante, enquanto o grupo TMC apresentou menor responsividade autonômica, evidenciada por menor reativação cardiovagal nos dois primeiros minutos de recuperação após teste de esforço máximo.

H2: Mulheres apresentariam maior reativação cardiovagal e recuperação cronotrópica quando comparadas aos homens nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo.

Essa hipótese foi parcialmente confirmada. As mulheres apresentaram maior recuperação cronotrópica no primeiro minuto. No entanto, não foi observada diferença estatística significativa entre os sexos na reativação cardiovagal ao longo dos dois minutos de recuperação após teste de esforço máximo.

H3: O efeito do estado emocional na responsividade cronotrópica e autonômica de recuperação seria moderado positivamente pela ACR.

Essa hipótese foi parcialmente confirmada. A ACR moderou o efeito do grupo na responsividade cronotrópica apenas durante o primeiro minuto de recuperação. Contudo, o grupo TMC demonstrou menor sensibilidade aos benefícios da ACR. Adicionalmente, a ACR moderou a relação entre grupo e responsividade autonômica, evidenciada por menor retirada simpática no grupo TMC ao longo dos dois primeiros minutos de recuperação após o teste de esforço máximo.

H4: Existiria associação positiva entre a ACR e a responsividade cronotrópica e autonômica após teste de esforço máximo.

Essa hipótese foi confirmada. A ACR foi o principal determinante da responsividade cronotrópica nos dois minutos de recuperação. Além de apresentar associação negativa com atividade simpática do segundo minuto.

H5: Níveis reduzidos de ACR estariam associados às menores respostas cronotrópicas, especialmente no grupo TMC.

Essa hipótese foi confirmada. A análise estratificada por tercís de ACR demonstrou que o grupo TMC posicionado no tercil inferior de ACR apresentou menor responsividade cronotrópica, evidenciada por menor decremento da FC, quando comparado ao grupo controle, independente do sexo, tanto no primeiro quanto no segundo minuto de recuperação.

8. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que indivíduos com transtornos mentais comuns apresentam recuperação cronotrópica média semelhante ao grupo controle, porém exibem menor reativação cardiovagal nos dois primeiros minutos após teste de esforço máximo, indicando rigidez autonômica persistente mesmo na ausência de diferenças na ACR.

Os modelos múltiplos revelaram que a ACR é um determinante robusto da FCR, modulando também aspectos autonômicos da recuperação. As interações observadas indicam que a ACR exerce efeitos mais consistentes sobre a recuperação nos indivíduos sem TMC, enquanto a resposta do grupo TMC é menos sensível ao aumento do ACR.

O sexo exerceu efeito significativo sobre a recuperação cronotrópica no primeiro minuto e sobre a atividade simpática no segundo minuto de recuperação, mas não influenciou a reativação cardiovagal. Dessa forma, as mulheres apresentaram uma recuperação cronotrópica mais eficiente no primeiro minuto e menores valores de FC/BF no segundo minuto quando comparadas aos homens.

As análises estratificadas demonstraram que participantes com TMC situados nos níveis mais baixos de ACR apresentam FCR reduzida quando comparados a controles com alta ACR, independentemente do sexo. Esses achados reforçam que a baixa ACR amplifica o impacto fisiológico do sofrimento emocional na recuperação pós-esforço, representando um perfil funcional desfavorável.

Em conjunto, os resultados evidenciam que a ACR atua como elemento central na modulação da recuperação cardíaca em indivíduos com TMC, afetando tanto a resposta cronotrópica quanto a responsividade autonômica. Assim, intervenções com exercícios estruturados voltados ao aumento da ACR despontam como estratégia eficaz para otimizar a recuperação pós-esforço e mitigar a vulnerabilidade fisiológica associada aos transtornos mentais comuns.

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACSM, A. C. of S. M. **Diretrizes do ACSM para prescrição os testes de esforço e sua prescrição**. [S. l.]: Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

AGBANGLA, N. F.; AUDIFFREN, M.; PYLOUSTER, J.; ALBINET, C. T.; AGBANGLA, N. F.; AUDIFFREN, M.; PYLOUSTER, J.; ALBINET, C. T. Working Memory, Cognitive Load and Cardiorespiratory Fitness: Testing the CRUNCH Model with Near-Infrared Spectroscopy. **Brain Sciences**, [S. l.], v. 9, n. 2, 8 fev. 2019. DOI: 10.3390/brainsci9020038. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3425/9/2/38>. Acesso em: 15 nov. 2025.

AL SAADI, T.; ZAHER ADDEEN, S.; TURK, T.; ABBAS, F.; ALKHATIB, M. Psychological distress among medical students in conflicts: a cross-sectional study from Syria. **BMC Medical Education**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 173, 20 set. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12909-017-1012-2>.

ALDAO, A. The Future of Emotion Regulation Research: Capturing Context. **Perspectives on Psychological Science: A Journal of the Association for Psychological Science**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 155–172, mar. 2013. <https://doi.org/10.1177/1745691612459518>.

ALVES, S. P.; ZIMERER, C.; LEITE, R. D.; NEVES, L. N. S.; MOREIRA, C.; CARLETTI, L. Cardiac autonomic responses to high-intensity kettlebell training in untrained young women: A pilot study. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, [S. l.], v. 40, p. 1326–1335, 1 out. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2022.12.001>.

AMAIKE, C.; SALAMI, O. F.; BAMIDELE, O. T.; OJO, A. M.; OTAIGBE, I.; ABIODUN, O.; ADESOLA, O.; ADEBIYI, A. O. Association of depression and anxiety with uncontrolled hypertension: A cross-sectional study in Southwest Nigeria. **Indian Journal of Psychiatry**, [S. l.], v. 66, n. 2, p. 157, fev. 2024. https://doi.org/10.4103/indianjpsychiatry.indianjpsychiatry_751_23.

AMEKRAN, Y.; HANGOUCHE, A. J. E.; AMEKARAN, Y.; HANGOUCHE, A. J. E. Effects of Exercise Training on Heart Rate Variability in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. **Cureus**, [S. l.], v. 16, n. 6, 16 jun. 2024. DOI: 10.7759/cureus.62465. Disponível em: <https://cureus.com/articles/258642-effects-of-exercise-training-on-heart-rate-variability-in-healthy-adults-a-systematic-review-and-meta-analysis-of-randomized-controlled-trials>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ASTUDILLO, Y.; KIBROM, S.; PEREIRA, T.; SOLOMON, S.; KRISHNAN, S.; SAMSONOV, D. Association between anxiety and elevated blood pressure in adolescent patients: a single-center cross-sectional study. **Journal of Hypertension**, [S. l.], v. 42, n. 4, p. 644, abr. 2024. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003652>.

BAILEY, C. S.; WOOSTER, L. T.; BUSWELL, M.; PATEL, S.; PAPPAGIANOPOULOS, P. P.; BAKKEN, K.; WHITE, C.; TANGUAY, M.; BLODGETT, J. B.; BAGGISH, A. L.; MALHOTRA, R.; LEWIS, G. D. Post-Exercise Oxygen Uptake Recovery Delay. **JACC: Heart Failure**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 329–339, abr. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2018.01.007>.

BARBOSA, M. P. da C. de R.; SILVA, N. T. da; DE AZEVEDO, F. M.; PASTRE, C. M.; VANDERLEI, L. C. M. Comparison of Polar® RS800G3™ heart rate monitor with Polar® S810i™ and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate

variability at rest. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 112–117, 2016. <https://doi.org/10.1111/cpf.12203>.

BESNIER, F.; LABRUNÉE, M.; RICHARD, L.; FAGGIANELLI, F.; KERROS, H.; SOUKARIÉ, L.; BOUSQUET, M.; GARCIA, J.-L.; PATHAK, A.; GALES, C.; GUIRAUD, T.; SÉNARD, J. M. Short-term effects of a 3-week interval training program on heart rate variability in chronic heart failure. A randomised controlled trial. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, [S. l.], v. 62, n. 5, p. 321–328, set. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.06.013>.

BORRELLI, M.; DORIA, C.; TONINELLI, N.; LONGO, S.; CORATELLA, G.; CÈ, E.; RAMPICHINI, S.; ESPOSITO, F. Cigarette Smoking Impairs Cardiorespiratory and Metabolic Response at Peak Incremental Exercise and during Recovery in Young, Physically Active Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 57, n. 4, p. 680, abr. 2025. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000003602>.

BRANDL, F.; WEISE, B.; MULEJ BRATEC, S.; JASSIM, N.; HOFFMANN AYALA, D.; BERTRAM, T.; PLONER, M.; SORG, C. Common and specific large-scale brain changes in major depressive disorder, anxiety disorders, and chronic pain: a transdiagnostic multimodal meta-analysis of structural and functional MRI studies. **Neuropsychopharmacology**, [S. l.], v. 47, n. 5, p. 1071–1080, abr. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41386-022-01271-y>.

BRITO, V. C. de A.; BELLO-CORASSA, R.; STOPA, S. R.; SARDINHA, L. M. V.; DAHL, C. M.; VIANA, M. C. Prevalência de depressão autorreferida no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde 2019 e 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [S. l.], v. 31, p. e2021384, 2022. <https://doi.org/10.1590/SS2237-9622202200006.especial>.

CABRAL, D. A. R.; DA COSTA, K. G.; TAVARES, V. D. de O.; RÊGO, M. L. de M.; FARO, H. K. C.; FONTES, E. B. Cardiorespiratory Fitness Predicts Greater Vagal Autonomic Activity in Drug Users Under Stress. **Substance Abuse: Research and Treatment**, [S. l.], v. 13, p. 1178221819862283, 1 jan. 2019. <https://doi.org/10.1177/1178221819862283>.

CAMARDA, S. R. de A.; TEBEXRENI, A. S.; PÁFARO, C. N.; SASAI, F. B.; TAMBEIRO, V. L.; JULIANO, Y.; BARROS NETO, T. L. de. Comparação da frequência cardíaca máxima medida com as fórmulas de predição propostas por Karvonen e Tanaka. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [S. l.], v. 91, p. 311–314, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2008001700005>.

CHALIKI, K.; SHARMA, A.; SHARMA, A.; YEE, C.; CHALIKI, H.; REDDY, S.; CHALIKI, K.; SHARMA, A.; SHARMA, A.; YEE, C.; CHALIKI, H.; REDDY, S. Key Resting Echocardiographic Parameters for the Estimation of Exercise Parameters of Peak VO₂, Heart Rate Recovery, and Ventilatory Efficiency. **Journal of Clinical Medicine**, [S. l.], v. 14, n. 9, 26 abr. 2025. DOI: 10.3390/jcm14093013. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0383/14/9/3013>. Acesso em: 9 nov. 2025.

CHAUDHARI, K. S.; DHAPKAS, M. P.; KUMAR, A.; INGLE, R. G. Mental Disorders – A Serious Global Concern that Needs to Address. **INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICAL QUALITY ASSURANCE**, [S. l.], v. 15, n. 02, p. 973–978, 25 jun. 2024. <https://doi.org/10.25258/ijpqa.15.2.66>.

CHEN, Z.; WANG, X.; WANG, Z.; ZHANG, L.; HAO, G.; DONG, Y.; ZHU, M.; GAO, R.; CHINA HYPERTENSION SURVEY GROUP. Assessing the validity of oscillometric device for blood pressure measurement in a large population-based epidemiologic study. **Journal of the American Society of Hypertension: JASH**, [S. l.], v. 11, n. 11, p. 730-736.e4, nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jash.2017.09.004>.

CHENG, Y.-C.; SU, M.-I.; LIU, C.-W.; HUANG, Y.-C.; HUANG, W.-L. Heart rate variability in patients with anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, [S. l.], v. 76, n. 7, p. 292–302, jul. 2022. <https://doi.org/10.1111/pcn.13356>.

CHIANG, S.-L.; SHEN, C.-L.; LEE, M.-S.; LIN, C.-H.; LIN, C.-H. Effectiveness of a 12-week tele-exercise training program on cardiorespiratory fitness and heart rate recovery in patients with cardiometabolic multimorbidity. **Worldviews on Evidence-Based Nursing**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 339–350, 2023. <https://doi.org/10.1111/wvn.12607>.

CHOI, K. W.; JEON, H. J. Heart Rate Variability for the Prediction of Treatment Response in Major Depressive Disorder. **Frontiers in Psychiatry**, [S. l.], v. 11, 30 jun. 2020. DOI: 10.3389/fpsyt.2020.00607. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2020.00607/full>. Acesso em: 7 nov. 2025.

COLE, C. R.; BLACKSTONE, E. H.; PASHKOW, F. J.; SNADER, C. E.; LAUER, M. S. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **The New England Journal of Medicine**, [S. l.], v. 341, n. 18, p. 1351–1357, 28 out. 1999. <https://doi.org/10.1056/NEJM199910283411804>.

COLE, C. R.; FOODY, J. M.; BLACKSTONE, E. H.; LAUER, M. S. Heart Rate Recovery after Submaximal Exercise Testing as a Predictor of Mortality in a Cardiovascularly Healthy Cohort. **Annals of Internal Medicine**, [S. l.], v. 132, n. 7, p. 552–555, 4 abr. 2000. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-132-7-200004040-00007>.

CRUZ, C. J. G. da; LABORATÓRIO DE FISILOGIA DO EXERCÍCIO PORTO, L. G. G.; PIRES, D. de S.; AMORIM, R. F. B. de; SANTANA, F. S. de; LABORATÓRIO DE FISILOGIA DO EXERCÍCIO MOLINA, G. E. Does the number of sets in a resistance exercise session affect the fast and slow phases of post-exercise cardiac autonomic recovery? **Motriz (Online)**, [S. l.], p. e10200028–e10200028, 2020.

CUI, J.; ZOU, L.; HEROLD, F.; YU, Q.; JIAO, C.; ZHANG, Y.; CHI, X.; MÜLLER, N. G.; PERREY, S.; LI, L.; WANG, C. Does Cardiorespiratory Fitness Influence the Effect of Acute Aerobic Exercise on Executive Function? **Frontiers in Human Neuroscience**, [S. l.], v. 14, 6 out. 2020. DOI: 10.3389/fnhum.2020.569010. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2020.569010/full>. Acesso em: 15 nov. 2025.

DA CRUZ, C. J. G.; MOLINA, G. E.; PORTO, L. G. G.; JUNQUEIRA, L. F. Resting Bradycardia, Enhanced Postexercise Heart Rate Recovery and Cardiorespiratory Fitness in Recreational Ballroom Dancers. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [S. l.], v. 88, n. 3, p. 371–376, set. 2017. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1318202>.

DA CRUZ, C. J. G.; PORTO, L. G. G.; DA SILVA ROLIM, P.; DE SOUZA PIRES, D.; GARCIA, G. L.; MOLINA, G. E. Impact of heart rate on reproducibility of heart rate variability analysis in the supine and standing positions in healthy men. **Clinics**, [S. l.], v. 74, p. e806, 1 jan. 2019. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e806>.

DA CRUZ, C. J. G.; PORTO, L. G. G.; MOLINA, G. E. Agreement between the Heart Rate Variability Threshold and Ventilatory Threshold in Young Women: Impact of Cardiac Parasympathetic Status and Cardiorespiratory Fitness. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 179–190, 3 jul. 2022. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2021.1979980>.

DA CRUZ, C. J. G.; ROLIM, P. da S.; PIRES, D. de S.; MENDES, C. M. O.; PAULA, G. M. de; PORTO, L. G. G.; GARCIA, G. L.; MOLINA, G. E. Reliability of heart rate variability threshold and parasympathetic reactivation after a submaximal exercise test. **Motriz: Revista de Educação Física**, [S. l.], v. 23, p. 65–70, mar. 2017. <https://doi.org/10.1590/s1980-6574201700010010>.

DARLING, A. M.; DOMINGUEZ, C. M.; SKOW, R. J.; MOGLE, J.; SAUNDERS, E. F. H.; FADEL, P. J.; GREANEY, J. L. Cardiac autonomic function is preserved in young adults with major depressive disorder. **American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology**, [S. l.], 12 jan. 2024. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00762.2023>.

DAVYDOV, D. M.; SHAPIRO, D.; COOK, I. A.; GOLDSTEIN, I. Baroreflex mechanisms in major depression. **Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 164–177, 30 jan. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2006.08.015>.

DE ARAÚJO, J. A.; QUEIROZ, M. G.; NOVELLI, F. I.; DE JESUS LIMA DE SOUSA, L. C.; TRICOT, G. K.; DIAS, A. R. L.; ARSA, G.; CAMBRI, L. T. Aerobic fitness influences rest and heart rate recovery on young men regardless of body mass index. **Sport Sciences for Health**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 217–223, 1 abr. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11332-017-0359-4>.

DE MELO, M. B.; DALDEGAN-BUENO, D.; MENEZES OLIVEIRA, M. G.; DE SOUZA, A. L. Beyond ANOVA and MANOVA for repeated measures: Advantages of generalized estimated equations and generalized linear mixed models and its use in neuroscience research. **European Journal of Neuroscience**, [S. l.], v. 56, n. 12, p. 6089–6098, 2022. <https://doi.org/10.1111/ejn.15858>.

DEWAR, A.; KASS, L.; STEPHENS, R. C. M.; TETLOW, N.; DESAI, T. Heart Rate Recovery Assessed by Cardiopulmonary Exercise Testing in Patients with Cardiovascular Disease: Relationship with Prognosis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 20, n. 6, p. 4678, 7 mar. 2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064678>.

FACIOLI, T. P.; PHILBOIS, S. V.; GASTALDI, A. C.; ALMEIDA, D. S.; MAIDA, K. D.; RODRIGUES, J. A. L.; SÁNCHEZ-DELGADO, J. C.; SOUZA, H. C. D. Study of heart rate recovery and cardiovascular autonomic modulation in healthy participants after submaximal exercise. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 11, p. 3620, 11 fev. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83071-w>.

FAN, L. M.; COLLINS, A.; GENG, L.; LI, J.-M. Impact of unhealthy lifestyle on cardiorespiratory fitness and heart rate recovery of medical science students. **BMC Public Health**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 1012, 26 jun. 2020. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09154-x>.

FARHANE-MEDINA, N. Z.; LUQUE, B.; TABERNERO, C.; CASTILLO-MAYÉN, R. Factors associated with gender and sex differences in anxiety prevalence and comorbidity: A systematic review. **Science Progress**, [S. l.], v. 105, n. 4, p. 00368504221135469, 1 out. 2022. <https://doi.org/10.1177/00368504221135469>.

FONKOUÉ, I. T.; TAHSIN, C. T.; JONES, T. N.; KING, K. N.; TAHMIN, C. I.; JEONG, J.; DIXON, D.; DACOSTA, D. R.; PARK, J. Sex differences in Black Veterans with PTSD: women versus men have higher sympathetic activity, inflammation, and blunted cardiovagal baroreflex sensitivity. **Clinical Autonomic Research**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 757–766, 1 dez. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10286-023-00995-1>.

FONSECA, R.; DA CRUZ, C.; SOARES, E.; LAGO GARCIA, G.; PORTO, L.; MOLINA, G. Post-exercise heart rate recovery and its speed are associated with resting-reactivity cardiovagal modulation in healthy women. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 14, 6 mar. 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51842-w>.

FONTES, A. M. G. G.; DE OLIVEIRA, L. S.; VANDERLEI, F. M.; GARNER, D. M.; VALENTI, V. E. Waist-Stature Ratio And Its Relationship With Autonomic Recovery From Aerobic Exercise In Healthy Men. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 16093, 31 out. 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34246-5>.

GARCIA, G. L.; DA CRUZ, C. J. G.; FONTANA, K. E.; MOLINA, G. E. Association between resting heart rate with cardiac autonomic modulation during and after a resistance exercise. **Sport Sciences for Health**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 1407–1417, 1 dez. 2024. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01220-w>.

GARCIA, G. L.; PORTO, L. G. G.; DA CRUZ, C. J. G.; MOLINA, G. E. Can resting heart rate explain the heart rate and parasympathetic responses during rest, exercise, and recovery? **PloS One**, [S. l.], v. 17, n. 12, p. e0277848, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277848>.

GARDENER, E. K. T.; CARR, A. R.; MACGREGOR, A.; FELMINGHAM, K. L. Sex Differences and Emotion Regulation: An Event-Related Potential Study. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 8, n. 10, p. e73475, 30 out. 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073475>.

GOLDBERGER, J. J.; ARORA, R.; BUCKLEY, U.; SHIVKUMAR, K. Autonomic Nervous System Dysfunction: JACC Focus Seminar. **Journal of the American College of Cardiology**, [S. l.], v. 73, n. 10, p. 1189–1206, 19 mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.12.064>.

GOLDBERGER, J. J.; LE, F. K.; LAHIRI, M.; KANNANKERIL, P. J.; NG, J.; KADISH, A. H. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, [S. l.], v. 290, n. 6, p. H2446–H2452, jun. 2006. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01118.2005>.

GOLDSTEIN, D. S.; HARRIS, A. H.; BRADY, J. V. Baroreflex sensitivity during operant blood pressure conditioning. **Biofeedback and Self-regulation**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 127–138, 1 jun. 1977. <https://doi.org/10.1007/BF00998663>.

GUIMARÃES, F. E. R.; MORLIN, M. T.; BARRETO, K. A.; PORTO, L. G. G.; MOLINA, G. E. Delayed heart rate recovery and its variability in fitness functional training compared to endurance athletes: a cross-sectional analysis. **PeerJ**, [S. l.], dez. 2025. <https://doi.org/10.7717/peerj.20335>.

HAMILTON, J. L.; ALLOY, L. B. Atypical reactivity of heart rate variability to stress and depression across development: Systematic review of the literature and directions for future research. **Clinical Psychology Review**, [S. l.], v. 50, p. 67–79, dez. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.09.003>.

HAMMOURI, H. M.; SABO, R. T.; ALSAADAWI, R.; KHEIRALLAH, K. A. Handling Skewed Data: A Comparison of Two Popular Methods. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 10, n. 18, p. 6247, jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/app10186247>.

HERBSLEB, M.; SCHUMANN, A.; LEHMANN, L.; GABRIEL, H. H. W.; BÄR, K.-J. Cardio-Respiratory Fitness and Autonomic Function in Patients with Major Depressive Disorder. **Frontiers in Psychiatry**, [S. l.], v. 10, p. 980, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2019.00980>.

HERNANDO, D.; GARATACHEA, N.; ALMEIDA, R.; CASAJÚS, J. A.; BAILÓN, R. Validation of Heart Rate Monitor Polar RS800 for Heart Rate Variability Analysis During Exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 716–725, mar. 2018. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001662>.

HIRAI, T.; IKEDA, T.; MURAI, H.; SUGIMOTO, H.; MUKAI, Y.; TOKUHISA, H.; KOBAYASHI, D.; TAKATA, S.; SAKATA, K.; USUI, S.; TAKAMURA, M. Comparative analysis of muscle sympathetic nerve activity in patients afflicted with orthostatic hypertension versus conventional hypertension. **European Heart Journal**, [S. l.], v. 45, n. Supplement_1, p. ehae666.2511, 28 out. 2024. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae666.2511>.

HNATKOVA, K.; ŠIŠÁKOVÁ, M.; SMETANA, P.; TOMAN, O.; HUSTER, K. M.; NOVOTNÝ, T.; SCHMIDT, G.; MALIK, M. Sex differences in heart rate responses to postural provocations. **International Journal of Cardiology**, [S. l.], v. 297, p. 126–134, 15 dez. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2019.09.044>.

HU, P.; LU, Y.; PAN, B.-X.; ZHANG, W.-H.; HU, P.; LU, Y.; PAN, B.-X.; ZHANG, W.-H. New Insights into the Pivotal Role of the Amygdala in Inflammation-Related Depression and Anxiety Disorder. **International Journal of Molecular Sciences**, [S. l.], v. 23, n. 19, 20 set. 2022. DOI: 10.3390/ijms231911076. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/19/11076>. Acesso em: 12 nov. 2025.

HULTMAN, R.; MAGUE, S. D.; LI, Q.; KATZ, B. M.; MICHEL, N.; LIN, L.; WANG, J.; DAVID, L. K.; BLOUNT, C.; CHANDY, R.; CARLSON, D.; ULRICH, K.; CARIN, L.; DUNSON, D.; KUMAR, S.; DEISSEROTH, K.; MOORE, S. D.; DZIRASA, K. Dysregulation of Prefrontal Cortex-Mediated Slow-Evolving Limbic Dynamics Drives Stress-Induced Emotional Pathology. **Neuron**, [S. l.], v. 91, n. 2, p. 439–452, 20 jul. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.05.038>.

IKEDA, T.; MURAI, H.; HIRAI, T.; SUGIMOTO, T.; TOKUHISA, H.; KOBAYASHI, D.; TAKATA, S.; FUJIMOTO, M.; SAKATA, K.; USUI, S.; TAKAMURA, M. Differences in resting sympathetic nervous activity between orthostatic hypertension, conventional

hypertension, and healthy individuals. **European Heart Journal**, [S. l.], v. 45, n. Supplement_1, p. ehac666.2565, 28 out. 2024. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac666.2565>.

IMAI, K.; SATO, H.; HORI, M.; KUSUOKA, H.; OZAKI, H.; YOKOYAMA, H.; TAKEDA, H.; INOUE, M.; KAMADA, T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. **Journal of the American College of Cardiology**, [S. l.], v. 24, n. 6, p. 1529–1535, 15 nov. 1994. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)90150-3](https://doi.org/10.1016/0735-1097(94)90150-3).

IYIT, N.; YONAR, H.; GENÇ, A. Generalized Linear Models for European Union Countries Energy Data. **Acta Physica Polonica A**, [S. l.], v. 130, p. 397–400, 1 jul. 2016. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.130.397>.

JONES, T. N.; FONKOUÉ, I. T.; VEMULAPALLI, M.; DACOSTA, D.; PARK, J. Autonomic Reactivity to Acute Mental Stress Differs Between Women and Men with Post Traumatic Stress Disorder (PTSD). **The FASEB Journal**, [S. l.], v. 34, n. S1, p. 1–1, 2020. <https://doi.org/10.1096/fasebj.2020.34.s1.01827>.

JOYNER, M. J.; BARNES, J. N.; HART, E. C.; WALLIN, B. G.; CHARKOUDIAN, N. Neural Control of the Circulation: How Sex and Age Differences Interact in Humans. **Comprehensive Physiology**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 193–215, 2015. <https://doi.org/10.1002/j.2040-4603.2015.tb00598.x>.

JUNQUEIRA, L. F. Considerações básicas sobre a organização estrutural e a fisiologia do aparelho cardiovascular. **Laboratório Cardiovascular da Universidade de Brasília**. Disponível em: <<http://www.unb.br/fs/clm/labcor/resfisio.htm>>. Acesso em, [S. l.], v. 10, n. 01, 2007.

KANDOLA, A.; OSBORN, D. P. J.; STUBBS, B.; CHOI, K. W.; HAYES, J. F. Individual and combined associations between cardiorespiratory fitness and grip strength with common mental disorders: a prospective cohort study in the UK Biobank. **BMC Medicine**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 303, 11 nov. 2020. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01782-9>.

KAPPUS, R. M.; RANADIVE, S. M.; YAN, H.; LANE-CORDOVA, A. D.; COOK, M. D.; SUN, P.; HARVEY, I. S.; WILUND, K. R.; WOODS, J. A.; FERNHALL, B. Sex differences in autonomic function following maximal exercise. **Biology of Sex Differences**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 28, 1 dez. 2015. <https://doi.org/10.1186/s13293-015-0046-6>.

KENWOOD, M. M.; KALIN, N. H.; BARBAS, H. The prefrontal cortex, pathological anxiety, and anxiety disorders. **Neuropsychopharmacology**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 260–275, jan. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01109-z>.

KIVINIEMI, A. M.; PERKIÖMÄKI, N.; AUVINEN, J.; NIEMELÄ, M.; TAMMELIN, T.; PUUKKA, K.; RUOKONEN, A.; KEINÄNEN-KIUKAANNIEMI, S.; TULPPONEN, M. P.; JÄRVELIN, M.-R.; JÄMSÄ, T.; HUIKURI, H. V.; KORPELAINEN, R. Fitness, Fatness, Physical Activity, and Autonomic Function in Midlife. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 49, n. 12, p. 2459, dez. 2017. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001387>.

KOCH, C.; WILHELM, M.; SALZMANN, S.; RIEF, W.; EUTENEUER, F. A meta-analysis of heart rate variability in major depression. **Psychological Medicine**, [S. l.], v. 49, n. 12, p. 1948–1957, set. 2019. <https://doi.org/10.1017/S0033291719001351>.

KONTAXIS, S.; GIL, E.; MAROZAS, V.; LAZARO, J.; GARCIA, E.; POSADAS-DE MIGUEL, M.; SIDDI, S.; BERNAL, M. L.; AGUILO, J.; HARO, J. M.; DE LA CAMARA, C.; LAGUNA, P.; BAILON, R. Photoplethysmographic Waveform Analysis for Autonomic Reactivity Assessment in Depression. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, [S. l.], v. 68, n. 4, p. 1273–1281, abr. 2021. <https://doi.org/10.1109/TBME.2020.3025908>.

KONTAXIS, S.; ORINI, M.; GIL, E.; POSADAS-DE MIGUEL, M.; LUISA BERNAL, M.; AGUILO, J.; DE LA CAMARA, C.; LAGUNA, P.; BAILÓN, R. Heart Rate Variability Analysis Guided by Respiration in Major Depressive Disorder. *In*: 2018 COMPUTING IN CARDIOLOGY CONFERENCE. 30 dez. 2018. [S. l.]: [S. n.], 30 dez. 2018. DOI: 10.22489/CinC.2018.319. Disponível em: <http://www.cinc.org/archives/2018/pdf/CinC2018-319.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2025.

KUNDAKOVIC, M.; ROCKS, D. Sex hormone fluctuation and increased female risk for depression and anxiety disorders: From clinical evidence to molecular mechanisms. **Frontiers in Neuroendocrinology**, [S. l.], v. 66, p. 101010, jul. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101010>.

LABORDE, S.; ALLEN, M. S.; BORGES, U.; DOSSEVILLE, F.; HOSANG, T. J.; ISKRA, M.; MOSLEY, E.; SALVOTTI, C.; SPOLVERATO, L.; ZAMMIT, N.; JAVELLE, F. Effects of voluntary slow breathing on heart rate and heart rate variability: A systematic review and a meta-analysis. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, [S. l.], v. 138, p. 104711, jul. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104711>.

LABORDE, S.; WANDERS, J.; MOSLEY, E.; JAVELLE, F. Influence of physical post-exercise recovery techniques on vagally-mediated heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 14–35, 2024. <https://doi.org/10.1111/cpf.12855>.

LAGINESTRA, F. G.; FAVARETTO, T.; GIURIATO, G.; MARTIGNON, C.; BARBI, C.; PEDRINOLLA, A.; CAVICCHIA, A.; VENTURELLI, M. Concurrent metaboreflex activation increases chronotropic and ventilatory responses to passive leg movement without sex-related differences. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 123, n. 8, p. 1751–1762, 1 ago. 2023. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05186-4>.

LANE, R. D.; MCRAE, K.; REIMAN, E. M.; CHEN, K.; AHERN, G. L.; THAYER, J. F. Neural correlates of heart rate variability during emotion. **NeuroImage**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 213–222, 1 jan. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.07.056>.

LIU, T.; WANG, L.; ZHU, Z.; WANG, B.; LU, Z.; PAN, Y.; SUN, L. Association of both depressive symptoms scores and specific depressive symptoms with all-cause and cardiovascular disease mortality. **Annals of General Psychiatry**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 25, 15 jul. 2024. <https://doi.org/10.1186/s12991-024-00509-x>.

LIU, W.-L.; LIN, Y.-Y.; MÜNDEL, T.; CHOU, C.-C.; LIAO, Y.-H. Effects of Acute Interval Exercise on Arterial Stiffness and Cardiovascular Autonomic Regulatory Responses: A

Narrative Review of Potential Impacts of Aging. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, [S. l.], v. 9, p. 864173, 2022. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.864173>.

LOKESH; KHURANA, D. Heart Rate Variability and Blood Pressure: Insights into Autonomic Regulation and Cardiovascular Health. **Journal of Ayurveda and Integrated Medical Sciences**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 130–136, 3 jun. 2025. <https://doi.org/10.21760/jaims.10.4.18>.

LORENZ, T.; HARP, N.; PIERCE, J. E.; ANGELETTI, P.; NETA, M. Chronic Stress May Amplify Gender/Sex Differences in Amygdala Reactivity to Ambiguous Emotional Stimuli. **Stress and Health**, [S. l.], v. 41, n. 2, p. e70035, 2025. <https://doi.org/10.1002/smi.70035>.

LOVIBOND, P. F.; LOVIBOND, S. H. The structure of negative emotional states: comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories. **Behaviour Research and Therapy**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 335–343, mar. 1995. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(94\)00075-u](https://doi.org/10.1016/0005-7967(94)00075-u).

LUCINI, D.; NORBIATO, G.; CLERICI, M.; PAGANI, M. Hemodynamic and Autonomic Adjustments to Real Life Stress Conditions in Humans. **Hypertension**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 184–188, jan. 2002. <https://doi.org/10.1161/hy0102.100784>.

MALOVIĆ, I.; ZEKOVIĆ, M. M.; ZEKOVIĆ, J.; MAZIĆ, S.; PLATIŠA, M. M.; MALOVIĆ, I.; ZEKOVIĆ, M. M.; ZEKOVIĆ, J.; MAZIĆ, S.; PLATIŠA, M. M. Assessment of Cardio-Respiratory Relationship during and after Exercise in Healthy Recreative Male Subjects: A Pilot Study. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 14, n. 12, 13 jun. 2024. DOI: 10.3390/app14125170. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/12/5170>. Acesso em: 10 nov. 2025.

MANNING, D.; RIVERA, E. J.; SANTANA, L. F. The life cycle of a capillary: Mechanisms of angiogenesis and rarefaction in microvascular physiology and pathologies. **Vascular Pharmacology**, [S. l.], v. 156, p. 107393, 1 set. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.vph.2024.107393>.

MARTINMÄKI, K.; RUSKO, H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 102, n. 3, p. 353–360, 1 fev. 2008. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0594-5>.

MARTINS, B. G.; SILVA, W. R. da; MAROCO, J.; CAMPOS, J. A. D. B. Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse: propriedades psicométricas e prevalência das afetividades. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, [S. l.], v. 68, p. 32–41, 13 maio 2019. <https://doi.org/10.1590/0047-2085000000222>.

MASAOKA, Y.; HOMMA, I. Anxiety and respiratory patterns: their relationship during mental stress and physical load. **International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 153–159, set. 1997. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(97\)00052-4](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(97)00052-4).

MASAOKA, Y.; HOMMA, I. Expiratory time determined by individual anxiety levels in humans. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, [S. l.], v. 86, n. 4, p. 1329–1336, abr. 1999. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.4.1329>.

MCEWEN, B. S. Stress, adaptation, and disease. Allostasis and allostatic load. **Annals of the New York Academy of Sciences**, [S. l.], v. 840, p. 33–44, 1 maio 1998. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x>.

MELO, X.; LOPES, A.; COELHO, R.; SIMÃO, B.; OLIVEIRA, I.; MARÔCO, J. L.; LARANJO, S.; FERNHALL, B.; SANTA-CLARA, H. Acute effects of commercial group exercise classes on arterial stiffness and cardiovagal modulation in healthy young and middle-aged adults: A crossover randomized trial. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. e0319130, 13 mar. 2025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319130>.

MERCHANT, N.; CHAMPAGNE, J.; YAN, H. Sex Differences in Autonomic Function Following Aerobic Exercise: 960 Board #194 May 29 2:00 PM - 3:30 PM. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 51, n. 6S, p. 248, jun. 2019. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000561250.76730.a6>.

MICHAEL, S.; GRAHAM, K. S.; DAVIS, G. M. Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals—A Review. **Frontiers in Physiology**, [S. l.], v. 8, 29 maio 2017. DOI: 10.3389/fphys.2017.00301. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5447093/>. Acesso em: 27 jun. 2020.

MOLINA, G. E.; DA CRUZ, C. J. G.; FONTANA, K. E.; SOARES, E. M. K. V. K.; PORTO, L. G. G.; JUNQUEIRA, L. F. Post-exercise heart rate recovery and its speed are associated with cardiac autonomic responsiveness following orthostatic stress test in men. **Scandinavian cardiovascular journal: SCJ**, [S. l.], p. 1–13, 1 fev. 2021. <https://doi.org/10.1080/14017431.2021.1879394>.

MOLINA, G. E.; FONTANA, K. E.; PORTO, L. G. G.; JUNQUEIRA, L. F. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. **Clinical Autonomic Research**, [S. l.], v. 26, n. 6, p. 415–421, dez. 2016. <https://doi.org/10.1007/s10286-016-0378-2>.

MOLINA, G. E.; PORTO, L. G. G.; FONTANA, K. E.; JUNQUEIRA, L. F. Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. **Clinical Autonomic Research: Official Journal of the Clinical Autonomic Research Society**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 141–148, jun. 2013. <https://doi.org/10.1007/s10286-013-0196-8>.

MOLINA, G. E.; PORTO, L. G. G.; KOBAYASHI, L.; DIAS, J. L. J.; PORTO, T. M.; SOARES, E. M. K. V. K.; GARCIA, G. L.; DA CRUZ, C. J. G.; GUIMARÃES, F. E. R. The Effect Of Resting-reactivity Cardiovagal Modulation On Heart Rate Recovery In Individuals With A Common Mental Disorder: 1582. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 57, n. 10S, p. 493, out. 2025. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0001158956.36417.e3>.

MONGIN, D.; CHABERT, C.; COURVOISIER, D. S.; GARCÍA-ROMERO, J.; ALVERO-CRUZ, J. R. Heart rate recovery to assess fitness: comparison of different calculation methods in a large cross-sectional study. **Research in Sports Medicine (Print)**, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 157–170, 2023. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1954513>.

MORLIN, M. T.; DA CRUZ, C. J. G.; GUIMARÃES, F. E. R.; DA SILVA, R. A. S.; PORTO, L. G. G.; MOLINA, G. E. High-Intensity Interval Training Combined with Different Types of Exercises on Cardiac Autonomic Function. An Analytical Cross-Sectional Study in CrossFit®

Athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 634, n. 1, jan. 2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010634>.

MORRIS, M. C.; EVANS, L. D.; RAO, U.; GARBER, J. Executive function moderates the relation between coping and depressive symptoms. **Anxiety, Stress, and Coping**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 31–49, 2015. <https://doi.org/10.1080/10615806.2014.925545>.

MOSHE, I.; TERHORST, Y.; OPOKU ASARE, K.; SANDER, L. B.; FERREIRA, D.; BAUMEISTER, H.; MOHR, D. C.; PULKKI-RÄBACK, L. Predicting Symptoms of Depression and Anxiety Using Smartphone and Wearable Data. **Frontiers in Psychiatry**, [S. l.], v. 12, p. 625247, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.625247>.

MOUGIN, L.; RICCETTI, M.; MERLET, A. N.; BARTOLUCCI, P.; GELLEN, B.; BLERVAQUE, L.; D'HUMIÈRES, T.; GALACTÉROS, F.; EMHOFF, C.-A. W.; FÉASSON, L.; MESSONNIER, L. A. Endurance training improves oxygen uptake/demand mismatch, metabolic flexibility and recovery in patients with sickle cell disease. **Haematologica**, [S. l.], v. 109, n. 8, p. 2628–2638, 4 abr. 2024. <https://doi.org/10.3324/haematol.2023.284474>.

NECHO, M.; TSEHAY, M.; BIRKIE, M.; BISET, G.; TADESSE, E. Prevalence of anxiety, depression, and psychological distress among the general population during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. **International Journal of Social Psychiatry**, [S. l.], v. 67, n. 7, p. 892–906, 1 nov. 2021. <https://doi.org/10.1177/00207640211003121>.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, [S. l.], v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972. <https://doi.org/10.2307/2344614>.

NEVES, V. F. C.; PERPÉTUO, N. M.; SAKABE, D. I.; CATAI, A. M.; GALLO JR, L.; SILVA DE SÁ, M. F.; MARTINS, L. E. B.; SILVA, E. Análise dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca em homens de meia idade e mulheres na pós-menopausa. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, [S. l.], v. 10, p. 401–406, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552006000400007>.

O'BRIEN, M. W.; RAMSAY, D.; JOHNSTON, W.; KIMMERLY, D. S. Aerobic fitness and sympathetic responses to spontaneous muscle sympathetic nerve activity in young males. **Clinical Autonomic Research**, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 253–261, 1 abr. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10286-020-00734-w>.

OKONOGI, T.; KUGA, N.; YAMAKAWA, M.; KAYAMA, T.; IKEGAYA, Y.; SASAKI, T. Stress-induced vagal activity influences anxiety-relevant prefrontal and amygdala neuronal oscillations in male mice. **Nature Communications**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 183, 9 jan. 2024. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44205-y>.

OTTAVIANI, C.; WATSON, D. R.; MEETEN, F.; MAKOVAC, E.; GARFINKEL, S. N.; CRITCHLEY, H. D. Neurobiological substrates of cognitive rigidity and autonomic inflexibility in generalized anxiety disorder. **Biological Psychology**, [S. l.], v. 119, p. 31–41, set. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.06.009>.

PAGÈS, E. G.; KONTAXIS, S.; SIDDI, S.; MIGUEL, M. P.; DE LA CÁMARA, C.; BERNAL, M. L.; RIBEIRO, T. C.; LAGUNA, P.; BADIELLA, L.; BAILÓN, R.; HARO, J. M.; AGUILÓ,

J. Contribution of physiological dynamics in predicting major depressive disorder severity. **Psychophysiology**, [S. l.], v. 62, n. 2, p. e14729, 2025. <https://doi.org/10.1111/psyp.14729>.

PAHO, P. A. H. **The burden of mental disorders in the region of the Americas**. [S. l.]: Paho Washington, DC, [S. d.].

PAIS-RIBEIRO, J. L.; HONRADO, A.; LEAL, I. CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA ADAPTAÇÃO PORTUGUESA DAS ESCALAS DE ANSIEDADE, DEPRESSÃO E STRESS (EADS) DE 21 ITENS DE LOVIBOND E LOVIBOND. [S. l.], 2004.

PALUDO, R.; FERRAZ, L. G.; MEDEIROS, L. F. Modulatory effects of aerobic exercise on the autonomic nervous system in healthy subjects: A review. **CIPPUS - REVISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. e11660–e11660, 3 dez. 2024. <https://doi.org/10.18316/cippus.v12i2.11660>.

PASTORE, C. A.; PINHO, J. A.; PINHO, C.; SAMESIMA, N.; PEREIRA FILHO, H. G.; KRUSE, J. C. L.; PAIXÃO, A.; PÉREZ-RIERA, A. R.; RIBEIRO, A. L.; OLIVEIRA, C. a. R.; GOMES, C. I. G.; KAISER, E.; GALVÃO, F.; DARRIEUX, F. C. C.; FRANÇA, F. F. a. C.; FEITOSA FILHO, G.; GERMINIANI, H.; AZIZ, J. L.; LEAL, M. G.; MOLINA, M.; OLIVEIRA, N. M. T.; OLIVEIRA, P. A.; SANCHES, P. C. R.; ALMEIDA, R. M.; BARBOSA, R.; TEIXEIRA, R. A.; DOUGLAS, R. a. G.; GUNDIM, R. S.; ATANES, S. M. [Not Available]. **Arquivos Brasileiros De Cardiologia**, [S. l.], v. 106, n. 4 Suppl 1, p. 1–23, abr. 2016. <https://doi.org/10.5935/abc.20160054>.

PHILBOIS, S. V.; FACIOLI, T. P.; GASTALDI, A. C.; RODRIGUES, J. A. L.; TANK, J.; FARES, T. H.; RODRIGUES, K. P.; SOUZA, H. C. D. Important differences between hypertensive middle-aged women and men in cardiovascular autonomic control—a critical appraisal. **Biology of Sex Differences**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 11, 11 jan. 2021. <https://doi.org/10.1186/s13293-020-00355-y>.

QIU, S.; CAI, X.; SUN, Z.; LI, L.; ZUEGEL, M.; STEINACKER, J. M.; SCHUMANN, U. Heart Rate Recovery and Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. **Journal of the American Heart Association**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. e005505, 9 maio 2017. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.005505>.

QUIGLEY, K. S.; GIANAROS, P. J.; NORMAN, G. J.; JENNINGS, J. R.; BERNTSON, G. G.; DE GEUS, E. J. C. Publication guidelines for human heart rate and heart rate variability studies in psychophysiology—Part 1: Physiological underpinnings and foundations of measurement. **Psychophysiology**, [S. l.], v. 61, n. 9, p. e14604, set. 2024. <https://doi.org/10.1111/psyp.14604>.

RIANI COSTA, L. A.; PRADO, D. M.; NETO, A. M. Heart Rate Recovery after Maximal Exercise Test is related to Cardiovascular Health and Aerobic Fitness: 964: May 30 3:45 PM - 4:00 PM. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 40, n. 5, p. S103, maio 2008. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000321899.76507.f0>.

RIEBE, D.; EHRMAN, J. K.; LIGUORI, G.; MAGAL, M.; MEDICINE, A. C. of S. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Tenth Edition. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer, 2018.

RODDICK, C. M.; SEO, Y. S.; BARKOVICH, S.-L.; FORRESTER, L.; CHEN, F. S. Cardiac vagal recovery following acute psychological stress in human adults: A scoping review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, [S. l.], v. 176, p. 106268, 1 set. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2025.106268>.

ROLLS, E. T. Emotion, motivation, decision-making, the orbitofrontal cortex, anterior cingulate cortex, and the amygdala. **Brain Structure and Function**, [S. l.], v. 228, n. 5, p. 1201–1257, 1 jun. 2023. <https://doi.org/10.1007/s00429-023-02644-9>.

ROMERO, S. A.; MINSON, C. T.; HALLIWILL, J. R. The cardiovascular system after exercise. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 122, n. 4, p. 925–932, 1 abr. 2017. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00802.2016>.

SANTANA, M. D. R.; GARNER, D. M.; DE MORAES, Y. M.; MANGUEIRA, L. B.; ALCANTARA, G. C.; DA SILVA, J. R. A.; RAIMUNDO, R. D.; OLIVEIRA, F. R.; VALENTI, V. E. Association Between Hospital Anxiety Depression Scale and Autonomic Recovery Following Exercise. **Journal of Clinical Psychology in Medical Settings**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 295–304, jun. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10880-019-09683-7>.

SCHIWECK, C.; GHOLAMREZAEI, A.; HELLYN, M.; VAESSEN, T.; VRIEZE, E.; CLAES, S. Exhausted Heart Rate Responses to Repeated Psychological Stress in Women With Major Depressive Disorder. **Frontiers in Psychiatry**, [S. l.], v. 13, 18 abr. 2022. DOI: 10.3389/fpsyt.2022.869608. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2022.869608/full>. Acesso em: 9 nov. 2025.

SCHWEIZER-SCHUBERT, S.; GORDON, J. L.; EISENLOHR-MOUL, T. A.; MELTZER-BRODY, S.; SCHMALENBERGER, K. M.; SLOPIEN, R.; ZIETLOW, A.-L.; EHLERT, U.; DITZEN, B. Steroid Hormone Sensitivity in Reproductive Mood Disorders: On the Role of the GABAA Receptor Complex and Stress During Hormonal Transitions. **Frontiers in Medicine**, [S. l.], v. 7, 18 jan. 2021. DOI: 10.3389/fmed.2020.479646. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/medicine/articles/10.3389/fmed.2020.479646/full>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SENEY, M. L.; GLAUSIER, J.; SIBILLE, E. Large-Scale Transcriptomics Studies Provide Insight Into Sex Differences in Depression. **Biological Psychiatry**, [S. l.], v. 91, n. 1, p. 14–24, 1 jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2020.12.025>.

SEVOZ-COUCHE, C.; LABORDE, S. Heart rate variability and slow-paced breathing: when coherence meets resonance. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, [S. l.], v. 135, p. 104576, 1 abr. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104576>.

SINGH, B.; CADENAS-SANCHEZ, C.; DA COSTA, B. G. G.; CASTRO-PIÑERO, J.; CHAPUT, J.-P.; CUENCA-GARCÍA, M.; MAHER, C.; MARÍN-JIMÉNEZ, N.; MCGRATH, R.; MOLINA-GARCÍA, P.; MYERS, J.; GOWER, B.; ORTEGA, F. B.; LANG, J. J.; TOMKINSON, G. R. Comparison of objectively measured and estimated cardiorespiratory fitness to predict all-cause and cardiovascular disease mortality in adults: A systematic review and meta-analysis of 42 studies representing 35 cohorts and 3.8 million observations. **Journal of Sport and Health Science**, [S. l.], v. 14, p. 100986, 11 set. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.100986>.

SOUZA, H. C. D.; PHILBOIS, S. V.; VEIGA, A. C.; AGUILAR, B. A. <p>Heart Rate Variability and Cardiovascular Fitness: What We Know so Far</p>. **Vascular Health and Risk Management**, [S. l.], v. 17, p. 701–711, 13 nov. 2021. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S279322>.

STONE, L. B.; MCCORMACK, C. C.; BYLSMA, L. M. Cross system autonomic balance and regulation: Associations with depression and anxiety symptoms. **Psychophysiology**, [S. l.], v. 57, n. 10, p. e13636, 2020. <https://doi.org/10.1111/psyp.13636>.

SUSANTO, I.; IRIAWAN, N.; KUSWANTO, H. On the Bayesian Mixture of Generalized Linear Models with Gamma-Distributed Responses. **Econometrics**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 32, dez. 2022. <https://doi.org/10.3390/econometrics10040032>.

TANOUE, Y.; KOMATSU, T.; NAKASHIMA, S.; MATSUDA, T.; MICHISHITA, R.; HIGAKI, Y.; UEHARA, Y. The ratio of heart rate to heart rate variability reflects sympathetic activity during incremental cycling exercise. **European Journal of Sport Science**, [S. l.], p. 1–10, 21 nov. 2021. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1994652>.

TARVAINEN, M. P.; NISKANEN, J.-P.; LIPPONEN, J. A.; RANTA-AHO, P. O.; KARJALAINEN, P. A. Kubios HRV--heart rate variability analysis software. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, [S. l.], v. 113, n. 1, p. 210–220, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>.

THAYER, J. F.; AHS, F.; FREDRIKSON, M.; SOLLERS, J. J.; WAGER, T. D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 747–756, fev. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>.

THAYER, J. F.; HANSEN, A. L.; SAUS-ROSE, E.; JOHNSEN, B. H. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. **Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 141–153, abr. 2009. <https://doi.org/10.1007/s12160-009-9101-z>.

THAYER, J. F.; LANE, R. D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. **Journal of Affective Disorders**, [S. l.], v. 61, n. 3, p. 201–216, dez. 2000. [https://doi.org/10.1016/s0165-0327\(00\)00338-4](https://doi.org/10.1016/s0165-0327(00)00338-4).

THAYER, J. F.; LANE, R. D. Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 81–88, fev. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.08.004>.

THOMPSON, D. G.; KESLER, S. R.; SUDHEIMER, K.; MEHTA, K. M.; THOMPSON, L. W.; MARQUETT, R. M.; HOLLAND, J. M.; REISER, R.; RASGON, N.; SCHATZBERG, A.; O'HARA, R. M. fMRI activation during executive function predicts response to cognitive behavioral therapy in older, depressed adults. **The American Journal of Geriatric Psychiatry: Official Journal of the American Association for Geriatric Psychiatry**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 13–22, jan. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2014.02.001>.

TONHAJZEROVA, I.; FERENCOVA, N.; ONDREJKA, I.; HRTANEK, I.; FARSKY, I.; KUKUCKA, T.; VISNOVCOVA, Z.; TONHAJZEROVA, I.; FERENCOVA, N.; ONDREJKA, I.; HRTANEK, I.; FARSKY, I.; KUKUCKA, T.; VISNOVCOVA, Z. Cardiac Autonomic Balance Is Altered during the Acute Stress Response in Adolescent Major Depression—Effect of Sex. **Life**, [S. l.], v. 13, n. 11, 19 nov. 2023. DOI: 10.3390/life13112230. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-1729/13/11/2230>. Acesso em: 15 nov. 2025.

UMMAH, S.; RATNASARI, V.; PRASTYO, D. D. Interval Parameter Estimation of Quantile Regression Using Bca-Bootstrap Approach with Application to Open Unemployment Rate Study. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [S. l.], v. 546, n. 5, p. 052082, jun. 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/546/5/052082>.

VASILIADIS, H.-M.; DESJARDINS, F.; ROBERGE, P.; GRENIER, S. Sex Differences in Anxiety Disorders in Older Adults. **Current Psychiatry Reports**, [S. l.], v. 22, n. 12, p. 75, dez. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11920-020-01203-x>.

VIGNOLA, R. C. B.; TUCCI, A. M. Adaptation and validation of the depression, anxiety and stress scale (DASS) to Brazilian Portuguese. **Journal of Affective Disorders**, [S. l.], v. 155, p. 104–109, fev. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2013.10.031>.

VINKERS, C. H.; KUZMINSKAITE, E.; LAMERS, F.; GILTAY, E. J.; PENNINX, B. W. J. H. An integrated approach to understand biological stress system dysregulation across depressive and anxiety disorders. **Journal of Affective Disorders**, [S. l.], v. 283, p. 139–146, 15 mar. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.01.051>.

WANG, Z.; ZOU, Y.; LIU, J.; PENG, W.; LI, M.; ZOU, Z. Heart rate variability in mental disorders: an umbrella review of meta-analyses. **Translational Psychiatry**, [S. l.], v. 15, p. 104, 28 mar. 2025. <https://doi.org/10.1038/s41398-025-03339-x>.

WEBER, C. S.; THAYER, J. F.; RUDAT, M.; WIRTZ, P. H.; ZIMMERMANN-VIEHOFF, F.; THOMAS, A.; PERSCHEL, F. H.; ARCK, P. C.; DETER, H. C. Low vagal tone is associated with impaired post stress recovery of cardiovascular, endocrine, and immune markers. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 109, n. 2, p. 201–211, maio 2010. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1341-x>.

WHO. **Depression and other common mental disorders: global health estimates**. [S. l.]: World Health Organization, [S. d.].

WHO. World mental health report: Transforming mental health for all. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240049338>. Acesso em: 21 out. 2023.

WIKLUND, C. A.; LINDWALL, M.; EKBLOM, Ö.; NYBERG, J.; ÅBERG, M. I.; PAULSSON, S.; EKBLOM-BAK, E. Change in Cardiorespiratory Fitness and Risk of Depression, Anxiety, and Cerebrovascular Disease. **American Journal of Preventive Medicine**, [S. l.], v. 67, n. 6, p. 849–858, 1 dez. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2024.07.012>.

WILLIAMS, D. P.; JOSEPH, N.; GERARDO, G. M.; HILL, L. K.; KOENIG, J.; THAYER, J. F. Gender Differences in Cardiac Chronotropic Control: Implications for Heart Rate Variability Research. **Applied psychophysiology and biofeedback**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 65–75, 2022.

WUCHE, C. The cardiovascular system and associated disorders. **British Journal of Nursing**, [S. l.], v. 31, n. 17, p. 886–892, 22 set. 2022. <https://doi.org/10.12968/bjon.2022.31.17.886>.

YANG, S.-G.; MLČEK, M.; KITTNAR, O. Estrogen Can Modulate Menopausal Women's Heart Rate Variability. **Physiological Research**, [S. l.], p. S165–S171, 30 nov. 2013. <https://doi.org/10.33549/physiolres.932612>.

YOU, M.; LABORDE, S.; ZAMMIT, N.; ISKRA, M.; BORGES, U.; DOSSEVILLE, F.; VAUGHAN, R. S.; YOU, M.; LABORDE, S.; ZAMMIT, N.; ISKRA, M.; BORGES, U.; DOSSEVILLE, F.; VAUGHAN, R. S. Emotional Intelligence Training: Influence of a Brief Slow-Paced Breathing Exercise on Psychophysiological Variables Linked to Emotion Regulation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 18, n. 12, 19 jun. 2021. DOI: 10.3390/ijerph18126630. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/12/6630>. Acesso em: 11 nov. 2025.

YOU, S.; HE, W.-B.; LI, B.-Z.; CAI, Y.-W.; HUANG, Z.-G.; ZHANG, H.-F.; WU, Y.-B.; WU, X.-H.; LIU, Z.-Y.; WANG, J.-F.; ZHANG, S.-L.; GAO, J.-W.; LIU, P.-M. Combined impact of depressive and anxiety symptoms and cardiovascular health metrics on major adverse cardiovascular events: A prospective cohort study. **Journal of Affective Disorders**, [S. l.], v. 387, p. 119508, 15 out. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.119508>.


YU, Z.; GUINDANI, M.; GRIECO, S. F.; CHEN, L.; HOLMES, T. C.; XU, X. Beyond t test and ANOVA: applications of mixed-effects models for more rigorous statistical analysis in neuroscience research. **Neuron**, [S. l.], v. 110, n. 1, p. 21–35, 5 jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.10.030>.

ZENG, J.; QIU, Y.; YANG, C.; FAN, X.; ZHOU, X.; ZHANG, C.; ZHU, S.; LONG, Y.; HASHIMOTO, K.; CHANG, L.; WEI, Y. Cardiovascular diseases and depression: A meta-analysis and Mendelian randomization analysis. **Molecular Psychiatry**, [S. l.], v. 30, n. 9, p. 4234–4246, set. 2025. <https://doi.org/10.1038/s41380-025-03003-2>.

ZHAO, S.; CHI, A.; YAN, J.; YAO, C. Feature of Heart Rate Variability and Metabolic Mechanism in Female College Students with Depression. **BioMed Research International**, [S. l.], v. 2020, p. 5246350, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5246350>.

ZHOU, H.; DAI, Z.; HUA, L.; JIANG, H.; TIAN, S.; HAN, Y.; LIN, P.; WANG, H.; LU, Q.; YAO, Z. Decreased Task-Related HRV Is Associated With Inhibitory Dysfunction Through Functional Inter-Region Connectivity of PFC in Major Depressive Disorder. **Frontiers in Psychiatry**, [S. l.], v. 10, 22 jan. 2020. DOI: 10.3389/fpsy.2019.00989. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsy.2019.00989/full>. Acesso em: 11 nov. 2025.

10. APÊNDICE A: Comprovante de submissão do estudo realizado durante do período do doutoramento.



scientific reports

[Notifications](#) [Account](#)

Relationship Between Resting Heart Rate and Post-exercise Cardioagal Reactivation in Young Adults ...

CURRENT STATUS

You have an editor assessing your submission

Your submission has passed the technical checks and is with the editor that will review and assess your manuscript's suitability for the journal, and may look for peer reviewers.

The length of time this takes can depend on several factors, including finding the best peer reviewers for your submission.

Need help?

If you have any questions about this submission, you can [email the Editorial Office](#) (srep@nature.com).

For general enquiries, please look at our [support information](#).

How was your experience today?

✓

Thank you for your feedback.

[Tell us more \(opens in a new tab\)](#)

Progress so far

[Show history](#)

Submission received

Technical check

Editorial assignment

With editor

[Learn about our submission process](#)

Your submission

Title

Relationship Between Resting Heart Rate and Post-exercise Cardioagal Reactivation in Young Adults with Common Mental Disorders: An Exploratory Study

Type

Article

Journal

Scientific Reports

Submission ID

4aa57410-e37f-4a56-8e1b-dbb4d245ff15

Submission version

v.1.0

Manuscript File

[Main manuscript_TINVEX.docx](#) [Download](#)

91

SR

Scientific Reports <srep@nature.com>

Responder

Responder a todos

Encaminhar

Para: @ guilherme eckhardt molina

Sex, 26/09/2025 11:01

Esta mensagem está em Inglês

Traduzir para o Português (Brasil)

Nunca traduzir do Inglês

Ref: Submission ID 4aa57410-e37f-4a56-8e1b-dbb4d245ff15

Dear Dr Molina,

Thank you for submitting your manuscript to Scientific Reports.

Your manuscript is now at our initial Technical Check stage, where we look for adherence to the journal's submission guidelines, including any relevant editorial and publishing policies. If there are any points that need to be addressed prior to progressing we will send you a detailed email. Otherwise, your manuscript will proceed into peer review.

You can check on the status of your submission at any time by using the link below and logging in with the account you created for this submission:

https://submission.springernature.com/submission-details/4aa57410-e37f-4a56-8e1b-dbb4d245ff15?utm_source=submissions&utm_medium=email&utm_campaign=confirmation-email&journal_id=41598

Kind regards,

Peer Review Advisors
Scientific Reports

Springer Nature offers an open access support service to make it easier for our authors to discover and apply for APC funding. For further information please visit <http://www.springernature.com/gp/open-research/funding>

Responder

Encaminhar

11. APÊNDICE B: Trabalho aceito para publicação.



Q4

Delayed heart rate recovery and its variability in fitness functional training compared to endurance athletes: a cross-sectional analysis

Freddy Enrique Ramos Guimarães^{1,2,3}, Michelle Teles Morlin^{2,3,4}, Kevin Alves Barreto^{2,3}, Luiz Guilherme Grossi Porto^{2,3} and Guilherme Eckhardt Molina^{2,3}

¹ Campus Morrinhos, Goiano Federal Institute, Morrinhos, Goiás, Brazil

² Faculdade de Educação Física, Programa de Pós-graduação em Educação Física, Laboratório de Fisiologia do Exercício, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil

³ Grupo de Estudo em Fisiologia e Epidemiologia do Exercício e da Atividade Física (GEAFS), Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil

⁴ SARAH Network of Rehabilitation Hospitals, Brasília, Federal District, Brazil

These cannot be changed:

- Any authorship information including author order, co-first and corresponding authorships
- The content and order of the affiliations. None may be removed or added.

Please only ANNOTATE the proof. Do not edit the PDF. If multiple authors will review this PDF, please return one file containing all corrections.

Submitted 25 March 2025

Accepted 13 October 2025

Published TBD

Corresponding author
Guilherme Eckhardt Molina,
gmolina@unb.br

Academic editor
Lesley Anson

Additional Information and
Declarations can be found on
page 16

DOI 10.7717/peerj.20335

© Copyright
2025 Guimarães et al.

Distributed under
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

ABSTRACT

Introduction. The present study sought to expand upon prior investigations of the effect of different training modalities on post-exercise heart rate recovery (HRR) and heart rate variability (HRV).

Objective. To compare the HRR and HRV in physically active men with endurance and fitness functional training recreational athletes following maximal treadmill exercise testing.

Method. We conducted a cross-sectional study with 53 healthy men split into a control group (CG; $n = 15$; physically active men), endurance group (EG; $n = 16$; recreational triathlon athletes), and fitness functional training group (FFG; $n = 15$; recreational fitness functional training athletes). Short-term (5 min) HRR and HRV indexes (SD1, SD2, and HR/LF) were analyzed in 1-minute segments throughout 5 mins of recovery immediately following maximal treadmill exercise testing. Statistical analysis employed a Generalized Linear Model test with a p -value set at 5%.

Results. FFG showed slower HRR than EG at all post-exercise time points ($\beta = -13.74$ to -8.83 bpm; $p < 0.01-0.02$) and lower HRR than CG at the 1 st minute of recovery ($\beta = -10.47$ bpm; $p = 0.03$). The SD1 (cardiovagal reactivation) was lower in CG than EG at the 1 st ($\beta = -0.84$ ms; $p = 0.02$); however, no differences ($p > 0.05$) existed among all groups throughout the recovery period. The SD2 (overall cardiac autonomic modulation) was lower in FFG than EG at 2nd ($\beta = -2.51$ ms, $p = 0.02$) and 3rd ($\beta = -3.20$ ms, $p = 0.03$) minutes. FFG and EG showed higher values of HR/LF index (indicative of sympathetic activity) than CG at the 1 st minute ($\beta = 432.38$ to $1,104.49$; $p < 0.01$). FFG also showed higher HR/LF activity than CG and EG at the 2nd and 3rd minutes of recovery ($\beta = 60.48$ to 205.31 , $p < 0.01$ to 0.05), and at the 4th minute, than EG ($\beta = 29.33$; $p = 0.05$).

Conclusion. HRR was lower in FFG compared to EG throughout recovery. There were no differences in cardiovagal reactivation between the groups from the second to the fifth minute. FFG showed low cardiac overall modulation and high sympathetic activity throughout recovery compared to other groups. These findings may reflect that the

How to cite this article: Guimarães FER, Morlin MT, Barreto KA, Porto LGG, Molina GE. 2025. Delayed heart rate recovery and its variability in fitness functional training compared to endurance athletes: a cross-sectional analysis. *PeerJ* 13:e20335. <https://doi.org/10.7717/peerj.20335>

12. APÊNDICE C: Trabalhos publicados ao longo do período do doutoramento

726

Revista Brasileira de Futsal e Futebol

ISSN 1984-4956 versão eletrônica

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbff.com.br

AVALIAÇÃO DO PICO DE VELOCIDADE NO TESTE DE CARMINATTI (T-CAR) EM JOGADORES DE FUTEBOL DA SEGUNDA DIVISÃO, NO INÍCIO, E NO FIM DE UMA PRÉ-TEMPORADA

Thiago Marquez Lacombe Santos¹, Guilherme Eckhardt Molina^{1,2}

Freddy Enrique Ramos Guimarães^{2,3}, Carlos Janssen Gomes da Cruz^{1,2}, Lorival José Carminatti⁴

Edgard de Melo Keene von Koenig Soares^{1,2}

RESUMO

Introdução e objetivo: A pré-temporada é importante para o desenvolvimento das capacidades físicas dos atletas, sobretudo a potência aeróbia. Contudo, nem sempre se avaliam os resultados das intervenções realizadas neste período. Nosso objetivo foi avaliar o efeito da pré-temporada na potência aeróbia, analisada pelo pico de velocidade (PV) obtido em um teste incremental de campo. **Materiais e métodos:** Doze atletas homens (idade: $21,8 \pm 3,3$ anos; estatura: $178,5 \pm 7,1$ cm; massa corporal: $70,1 \pm 5,9$ kg; Índice de Massa Corporal: $22,0 \pm 1,8$ kg/m²) da categoria profissional (Segunda divisão brasileira) realizaram um teste progressivo intermitente (Teste de Carminatti) no início e no final da pré-temporada, para mensuração do PV. Os dados descritos em termos de média \pm desvio-padrão, o PV inicial e final foi comparado utilizando o Teste t pareado e o tamanho de efeito (TE) - d de Cohen. A menor diferença importante foi utilizada para analisar a melhora individual dos atletas. **Resultados:** Observou-se um aumento significativo do PV no final da pré-temporada, quando comparada ao início ($15,3 \pm 1,0$ km/h vs $14,7 \pm 0,8$ km/h; $p=0,002$; TE: 0,7). Individualmente, 25,0% dos atletas tiveram uma melhora considerada grande ($>0,91$ km/h), 16,7% tiveram uma melhora moderada ($>0,45$ km/h), 33,3% tiveram uma pequena melhora ($>0,15$ km/h) e 25,0% tiveram alterações pequenas demais para serem consideradas importantes ($\leq 0,15$ km/h). **Conclusão:** Ao final da pré-temporada o PV do time aumentou significativamente, contudo, houve muita heterogeneidade nas respostas. Uma parte dos atletas alcançaram melhoras expressivas, enquanto outros tiveram alterações insignificantes.

Palavras-chave: Desempenho atlético. Aptidão física. Treinamento intervalado de alta intensidade. Treinamento físico.

ABSTRACT

Evaluation of the peak velocity using carminatti's test (t-car) at the beginning and at the end of a pre-season in second division football players

Introduction and aim: The pre-season is essential for developing the athlete's physical capabilities, especially aerobic power. However, its results are not always measured. We aimed to evaluate the effect of the pre-season on the aerobic power, analyzed by the peak velocity (PV) obtained through an incremental field test. **Materials and methods:** Twelve male athletes (age: 21.8 ± 3.3 years old; height: 178.5 ± 7.1 cm; weight: 70.1 ± 5.9 kg; body mass index: 22.0 ± 1.8 kg/m²) from the professional category (2nd division of Brasília) performed a progressive intermittent test (Carminatti's test) in the beginning and at the end of the pre-season to measure the PV. Data are presented as mean \pm standard deviation. The initial and final PV were compared using the paired t Test and the effect size (ES) - Cohen's d. The smallest worthwhile change was used to analyze the athlete's improvement individually. **Results:** A significant moderate increase of the PV was observed at the end of pre-season, compared to the start of the pre-season (15.3 ± 1.0 km/h vs 14.7 ± 0.8 km/h; $p=0,002$; TE: 0,7). Individually, 25.0% of the athletes had an improvement considered large (>0.91 km/h), 16.7% had a moderate improvement (>0.45 km/h), 33.3% had a small improvement (>0.15 km/h), and 25.0% had changes that were too small to be considered meaningful (≤ 0.15 km/h). **Conclusion:** The PV significantly increased at the end of the pre-season; however, responses were very heterogeneous. A part of the athletes had meaningful improvement, while others had non-significant changes.

Key words: Athletic performance. Physical fitness. High-intensity interval training. Exercise training.



Article

High-Intensity Interval Training Combined with Different Types of Exercises on Cardiac Autonomic Function—An Analytical Cross-Sectional Study in CrossFit® Athletes

Michelle Teles Morlin ^{1,2,3,†}, Carlos Janssen Gomes da Cruz ^{1,3,4}, Freddy Enrique Ramos Guimarães ^{1,3,5}, Renato André Sousa da Silva ⁴, Luiz Guilherme Grossi Porto ^{1,3} and Guilherme Eckhardt Molina ^{1,3,*}

¹ Exercise Physiology Laboratory, Faculty of Physical Education, University of Brasília, Brasília 70910-900, DF, Brazil

² SARA Network of Rehabilitation Hospitals, Brasília 70910-900, DF, Brazil

³ GEAFS—Research Group on Physiology and Epidemiology of Exercise and Physical Activity, Brasília 70910-900, DF, Brazil

⁴ Laboratory of Physical Performance and Healthy, Faculty of Physical Education, Euro American University Center, Brasília 70200-001, DF, Brazil

⁵ Goiano Federal Institute, Campus Morrinhos, Morrinhos 75650-000, GO, Brazil

* Correspondence: gmolina@unb.br

† These authors contributed equally to this work.



Citation: Morlin, M.T.; da Cruz, C.J.G.; Guimarães, F.E.R.; da Silva, R.A.S.; Porto, L.G.G.; Molina, G.E. High-Intensity Interval Training Combined with Different Types of Exercises on Cardiac Autonomic Function—An Analytical Cross-Sectional Study in CrossFit® Athletes. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 634. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010634>

Academic Editor: Virginia Tancredi

Received: 27 October 2022

Revised: 19 November 2022

Accepted: 21 November 2022

Published: 30 December 2022

Abstract: It is well established that endurance exercise has positive effects on cardiac autonomic function (CAF). However, there is still a dearth of information about the effects of regular high-intensity interval training combined with different types of exercises (HIITCE) on CAF. Objective: The aim of this study is to compare CAF at rest, its reactivity, and reactivation following maximal exercise testing in HIITCE and endurance athletes. Methods: An observational study was conducted with 34 male athletes of HIITCE (i.e., CrossFit®) [HG: n = 18; 30.6 ± 4.8 years] and endurance athletes (i.e., triathlon) [TG: n = 16; 32.8 ± 3.6 years]. We analyzed 5 min of frequency-domain indices (TP, LF, HF, LFn, HFn, and LF/HF ratio) of heart rate variability (HRV) in both supine and orthostatic positions and its reactivity after the active orthostatic test. Post-exercise heart rate recovery (HRR) was assessed at 60, 180, and 300 s. Statistical analysis employed a non-parametric test with a p-value set at 5%. Results: The HG showed reduced HFn and increased LFn modulations at rest (supine). Overall cardiac autonomic modulation (TP) at supine and all indices of HRV at the orthostatic position were similar between groups. Following the orthostatic test, the HG showed low reactivity for all HRV indices compared to TG. After the exercise, HRR does not show a difference between groups at 60 s. However, at 180 and 300 s, an impairment of HRR was observed in HG than in TG. Conclusion: At rest (supine), the HG showed reduced parasympathetic and increased sympathetic modulation, low reactivity after postural change, and impaired HRR compared to TG.

Keywords: autonomic nervous system; parasympathetic; athletes; high-intensity interval training; exercise

13. APÊNDICE D: Trabalhos apresentados e publicados ao longo do período do doutoramento

Título do Trabalho

ASSOCIAÇÃO ENTRE A CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO APÓS ESFORÇO INCREMENTAL MÁXIMO E A REATIVIDADE CRONOTRÓPICA DO REPOUSO PARA O ESFORÇO EM PRATICANTES DE CROSSFIT®

Autores

- Hiury Caio Pinheiro Brandão
- MICHELLE TELES MORLIN
- Freddy Enrique Ramos Guimarães
- Guilherme Eckhardt Molina

Modalidade

TEMAS LIVRES

Área temática

Fisiologia do Exercício

Data de Publicação

22/11/2024

País da Publicação

Brasil

Idioma da Publicação

Português

Página do Trabalho

<https://www.even3.com.br/anais/47sice/925502-associacao-entre-a-capacidade-de-recuperacao-apos-esforco-incremental-maximo-e-a-reatividade-cronotropica-do-repo>

ISBN

978-65-272-0855-6

Título do Evento

47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Cidade do Evento

São Paulo

Título dos Anais do Evento

Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Nome da Editora

Even3

Meio de Divulgação

Meio Digital

Como citar

BRANDÃO, Hiury Caio Pinheiro et al.. ASSOCIAÇÃO ENTRE A CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO APÓS ESFORÇO INCREMENTAL MÁXIMO E A REATIVIDADE CRONOTRÓPICA DO REPOUSO PARA O ESFORÇO EM PRATICANTES DE CROSSFIT® .. In: Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS). Anais...Sao Paulo(SP) CELAFISCS, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/47sice/925502-ASSOCIACAO-ENTRE-A-CAPACIDADE-DE-RECUPERACAO-APOS-ESFORCO-INCREMENTAL-MAXIMO-E-A-REATIVIDADE-CRONOTROPICA-DO-REPO>. Acesso em: 05/12/2025

Título do Trabalho

ASSOCIAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA CARDÍACA DE REPOUSO COM AS RESPOSTAS CRONOTRÓPICAS DURANTE E APÓS TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR MÁXIMO

Autores

- Giliard Lago Garcia
- Freddy Enrique Ramos Guimarães
- Thamires da Motta Porto
- Lúcia Kobayashi
- Guilherme Eckhardt Molina

Modalidade

TEMAS LIVRES

Área temática

Fisiologia do Exercício

Data de Publicação

22/11/2024

País da Publicação

Brasil

Idioma da Publicação

Português

Página do Trabalho

<https://www.even3.com.br/anais/47sice/900255-associacao-entre-a-frequencia-cardiaca-de-reposou-com-as-respostas-cronotropicas-durante-e-apos-teste-de-esforco->

ISBN

978-65-272-0855-6

Título do Trabalho

COMPARISON OF CARDIOVAGAL RESPONSIVENESS IN WOMEN WITH COMMON MENTAL DISORDERS WITH DIFFERENT LEVELS OF PEAK OXYGEN UPTAKE

Autores

- Lúcia Kobayashi
- Giliard Lago Garcia
- Freddy E. R. Guimarães
- Thamires da Motta Porto
- Jair Júnior
- Guilherme Eckhardt Molina

Modalidade

TEMAS LIVRES

Área temática

Psicologia do Esporte, Saúde Mental e Comportamento

Data de Publicação

22/11/2024

País da Publicação

Brasil

Idioma da Publicação

Português

Página do Trabalho

<https://www.even3.com.br/anais/47sice/933384-comparison-of-cardiovagal-responsiveness-in-women-with-common-mental-disorders-with-different-levels-of-peak-oxyg>

ISBN

978-65-272-0855-6

Título do Evento

47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Cidade do Evento

São Paulo

Título dos Anais do Evento

Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Nome da Editora

Even3

Meio de Divulgação

Meio Digital

Como citar

GARCIA, Giliard Lago et al.. ASSOCIAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA CARDÍACA DE REPOUSO COM AS RESPOSTAS CRONOTRÓPICAS DURANTE E APÓS TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR MÁXIMO.. In: Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS). Anais...São Paulo(SP) CELAFISCS, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/47sice/900255-ASSOCIACAO-ENTRE-A-FREQUENCIA-CARDIACA-DE-REPOUSO-COM-AS-RESPOSTAS-CRONOTROPICAS-DURANTE-E-APOS-TESTE-DE-ESFORCO->. Acesso em: 05/12/2025

Título do Evento

47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Cidade do Evento

São Paulo

Título dos Anais do Evento

Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Nome da Editora

Even3

Meio de Divulgação

Meio Digital

Como citar

KOBAYASHI, Lúcia et al.. COMPARISON OF CARDIOVAGAL RESPONSIVENESS IN WOMEN WITH COMMON MENTAL DISORDERS WITH DIFFERENT LEVELS OF PEAK OXYGEN UPTAKE.. In: Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS). Anais...São Paulo(SP) CELAFISCS, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/47sice/933384-COMPARISON-OF-CARDIOVAGAL-RESPONSIVENESS-IN-WOMEN-WITH-COMMON-MENTAL-DISORDERS-WITH-DIFFERENT-LEVELS-OF-PEAK-OXYG>. Acesso em: 05/12/2025

Título do Trabalho

HEART RATE RECOVERY AFTER ACTIVE ORTHOSTATIC STRESS IN INDIVIDUALS WITH COMMON MENTAL DISORDERS

Autores

- Thamires da Motta Porto
- Freddy Enrique Ramos Guimarães
- Lúcia Kobayashi
- Jair Júnior
- Giliard Lago Garcia
- Guilherme Eckhardt Molina

Modalidade

TEMAS LIVRES

Área temática

Psicologia do Esporte, Saúde Mental e Comportamento

Data de Publicação

22/11/2024

País da Publicação

Brasil

Idioma da Publicação

Português

Página do Trabalho

<https://www.even3.com.br/anais/47sice/900855-heart-rate-recovery-after-active-orthostatic-stress-in-individuals-with-common-mental-disorders>

ISBN

978-65-272-0855-6

Título do Evento

47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Cidade do Evento

São Paulo

Título dos Anais do Evento

Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Nome da Editora

Even3

Meio de Divulgação

Meio Digital

Como citar

PORTO, Thamires da Motta et al.. HEART RATE RECOVERY AFTER ACTIVE ORTHOSTATIC STRESS IN INDIVIDUALS WITH COMMON MENTAL DISORDERS.. In: Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS). Anais...Sao Paulo(SP) CELAFISCS, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/47sice/900855-HEART-RATE-RECOVERY-AFTER-ACTIVE-ORTHOSTATIC-STRESS-IN-INDIVIDUALS-WITH-COMMON-MENTAL-DISORDERS>. Acesso em: 05/12/2025

Título do Trabalho

POST-EXERCISE HEART RATE RECOVERY IS ASSOCIATED WITH HEART RATE ACCELERATION IN RESPONSE TO ACTIVE STANDING AT REST IN HEALTHY MEN

Autores

- Guilherme Eckhardt Molina
- Freddy Enrique Ramos Guimarães
- Kevin Alves Barreto
- Giliard Lago Garcia
- Luiz Guilherme Grossi Porto

Modalidade

TEMAS LIVRES

Área temática

Fisiologia do Exercício

Data de Publicação

22/11/2024

País da Publicação

Brasil

Idioma da Publicação

Português

Página do Trabalho

<https://www.even3.com.br/anais/47sice/917070-post-exercise-heart-rate-recovery-is-associated-with-heart-rate-acceleration-in-response-to-active-standing-at-re>

ISBN

978-65-272-0855-6

Título do Evento

47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Cidade do Evento

São Paulo

Título dos Anais do Evento

Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Nome da Editora

Even3

Meio de Divulgação

Meio Digital

Como citar

MOLINA, Guilherme Eckhardt et al.. POST-EXERCISE HEART RATE RECOVERY IS ASSOCIATED WITH HEART RATE ACCELERATION IN RESPONSE TO ACTIVE STANDING AT REST IN HEALTHY MEN.. In: Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS). Anais...Sao Paulo(SP) CELAFISCS, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/47sice/917070-POST-EXERCISE-HEART-RATE-RECOVERY-IS-ASSOCIATED-WITH-HEART-RATE-ACCELERATION-IN-RESPONSE-TO-ACTIVE-STANDING-AT-RE>. Acesso em: 05/12/2025

Título do Trabalho

POST-EXERCISE HEART RATE RECOVERY AND CARDIOVAGAL REACTIVATION ARE ASSOCIATED WITH RESTING HEART RATE IN INDIVIDUALS WITH COMMON MENTAL DISORDERS

Autores

- Jair Júnior
- Freddy E. R. Guimarães
- Thamires da Motta Porto
- Lúcia Kobayashi
- Guilherme E. Molina

Modalidade

TEMAS LIVRES

Área temática

Psicologia do Esporte, Saúde Mental e Comportamento

Data de Publicação

22/11/2024

País da Publicação

Brasil

Idioma da Publicação

Português

Página do Trabalho

<https://www.even3.com.br/anais/47sice/903294-post-exercise-heart-rate-recovery-and-cardiovagal-reactivation-are-associated-with-resting-heart-rate-in-individu>

ISBN

978-65-272-0855-6

Título do Evento

47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Cidade do Evento

São Paulo

Título dos Anais do Evento

Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Nome da Editora

Even3

Meio de Divulgação

Meio Digital

Como citar

JÚNIOR, Jair et al.. POST-EXERCISE HEART RATE RECOVERY AND CARDIOVAGAL REACTIVATION ARE ASSOCIATED WITH RESTING HEART RATE IN INDIVIDUALS WITH COMMON MENTAL DISORDERS.. In: Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS). Anais...Sao Paulo(SP) CELAFISCS, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/47sice/903294-POST-EXERCISE-HEART-RATE-RECOVERY-AND-CARDIOVAGAL-REACTIVATION-ARE-ASSOCIATED-WITH-RESTING-HEART-RATE-IN-INDIVIDU>. Acesso em: 05/12/2025

Título do Trabalho

ASSOCIATION BETWEEN RESTING HEART RATE AND HEART RATE RECOVERY AFTER MAXIMAL CARDIOPULMONARY EXERCISE TEST IN INDIVIDUALS WITH COMMON MENTAL DISORDERS

Autores

- Freddy Enrique Ramos Guimarães
- Lúcia Kobayashi
- Jair Júnior
- Thamires da Motta Porto
- Guilherme Eckhardt Molina

Modalidade

TEMAS LIVRES

Área temática

Psicologia do Esporte, Saúde Mental e Comportamento

Data de Publicação

22/11/2024

País da Publicação

Brasil

Idioma da Publicação

Português

Página do Trabalho

<https://www.even3.com.br/anais/47sice/900508-association-between-resting-heart-rate-and-heart-rate-recovery-after-maximal-cardiopulmonary-exercise-test-in-ind>

ISBN

978-65-272-0855-6

Título do Evento

47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Cidade do Evento

São Paulo

Título dos Anais do Evento

Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS)

Nome da Editora

Even3

Meio de Divulgação

Meio Digital

Como citar

GUIMARÃES, Freddy Enrique Ramos et al.. ASSOCIATION BETWEEN RESTING HEART RATE AND HEART RATE RECOVERY AFTER MAXIMAL CARDIOPULMONARY EXERCISE TEST IN INDIVIDUALS WITH COMMON MENTAL DISORDERS.. In: Anais do 47º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte (CELAFISCS). Anais...Sao Paulo(SP) CELAFISCS, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/47sice/900508-ASSOCIATION-BETWEEN-RESTING-HEART-RATE-AND-HEART-RATE-RECOVERY-AFTER-MAXIMAL-CARDIOPULMONARY-EXERCISE-TEST-IN-IND>. Acesso em: 05/12/2025

 Log in or Register  Subscribe to journal  Get new issue alerts

Medicine & Science
IN
Sports & Exercise



Articles & Issues ▾ Collections ▾ For Authors ▾ Journal Info ▾ Videos

 Download

 Cite

 Share

 Favorites

 Permissions

E-35 FREE COMMUNICATION/POSTER – MENTAL HEALTH

The Effect Of Resting-reactivity Cardiovagal Modulation On Heart Rate Recovery In Individuals With A Common Mental Disorder

1582

Molina, Guilherme Eckhardt¹; Porto, Luiz Guilherme Grossi²; Kobayashi, Lúcia²; Dias, Jair L. Jr.²; Porto, Thamires M.²; Soares, Edgard M. K. V. K.³; Garcia, Giliard Lago⁴; da Cruz, Carlos Janssen Gomes⁵; Guimarães, Freddy Enrique R.⁶

[Author Information](#) 

Medicine & Science in Sports & Exercise 57(10S):p 493, October 2025. | DOI: 10.1249/01.mss.0001158956.36417.e3

FREE

14. APÊNDICE E: Trabalho de co-orientação em trabalho de conclusão do curso de graduação.

Jair Júnior Lopes Dias

**Efeito da frequência cardíaca de repouso na função autonômica cardíaca
pós-esforço em indivíduos com sintomas de transtornos mentais comuns**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Educação Física da
Universidade de Brasília, como requisito parcial para a conclusão do curso de
Bacharelado em Educação Física

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Eckhardt Molina
Co-Orientador: Prof Me. Freddy Enrique Guimarães

Brasília, 2025

15. ANEXO I

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTU-SENSU* EM EDUCAÇÃO FÍSICA

15.1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Convidamos o(a) Senhor(a) a participar do projeto de pesquisa “**Avaliação da função autonômica cardíaca em indivíduos portadores de transtornos mentais comuns com diferentes níveis de condicionamento físico**”, sob a responsabilidade do pesquisador Guilherme Eckhardt Molina. O projeto pretende analisar a função autonômica cardíaca em pessoas adultas de ambos os sexos, portadoras de transtorno mental comum, com diversos níveis de condicionamento físico, sob acompanhamento psicológico das instituições parceiras DASU/UnB e NAK. O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa. Asseguramos que seu nome será mantido em sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-la.

A sua participação será por preenchimento de questionários, exame físico, medida da frequência cardíaca e teste de esforço cardiopulmonar na esteira rolante.

Os questionários se referem a seus dados gerais, levantamentos de risco cardiovascular para testes de esforço cardiopulmonar, e avaliação do estado de tensão emocional por questionário próprio (DASS21).

Atendendo os critérios da pesquisa, passaremos para o exame físico, pela medida do peso corporal, altura e eletrocardiograma. Serão medidos na posição deitada e em pé a contagem das respirações em um minuto, pressão arterial e registro dos batimentos cardíacos.

Atendendo os critérios fisiológicos de normalidade para as medidas realizadas anteriormente, avançaremos para o teste incremental de esforço cardiopulmonar na esteira rolante, com máscara que cobre a boca e o nariz para coletar o ar respirado. Este teste vai até o máximo que você conseguir, que pode durar de 8 a 12 minutos, e será interrompido quando você solicitar ou for solicitado a parar. Será monitorada a sua sensação de esforço durante o teste. Assim que terminar o teste, iniciará a recuperação com esforço mínimo por mais 10 minutos.

Considerando o fato de que a pesquisa envolve jovens adultos sem comorbidades e sem doenças clínicas diagnosticadas, os riscos de eventos cardiovasculares negativos associados ao teste de esforço (morte súbita ou infarto agudo do miocárdio) são considerados baixos. De acordo com a literatura, a ocorrência é menor que 1% (6 eventos cardiovasculares para cada 10 mil testes). Os riscos serão ainda minimizados diante do monitoramento de variáveis fisiológicas durante o teste, como o eletrocardiograma, a fração expirada dos gases e os equivalentes ventilatórios, que permitem a identificação precoce de possíveis anormalidades fisiológicas e a consequente interrupção do teste. Em caso de intercorrências, O (a) Sr (a) será imediatamente conduzido (a) ao Hospital Universitário de Brasília pelo pesquisador responsável.

Em consonância com as recomendações do *American College of Sports Medicine* ACSM, apenas os voluntários que apresentarem baixo risco de evento cardiovascular negativo, observado por meio do questionário de estratificação de risco, serão submetidos ao teste incremental de esforço supervisionado por profissionais treinados conforme rotina do laboratório.

Todas as atividades serão realizadas no Laboratório da Faculdade de Educação Física, da Universidade de Brasília-UnB.

Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa estão relacionados ao incômodo da realização dos testes. Caso tenha dor muscular após os testes, estas são normais e sumirão em torno de 48 horas. Os procedimentos dos testes não são invasivos, ou seja, não rompem ou penetram a pele, e serão acompanhados pelos pesquisadores e alunos de graduação devidamente treinados. Se você aceitar participar, contribuirá para a produção do conhecimento científico e ao final receberá todas as informações da sua participação.

O(a) Senhor(a) pode se recusar a responder qualquer questão ou a participar de qualquer procedimento caso sinta-se constrangido, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Todas as despesas que você tiver com o projeto de pesquisa tais como, passagens, alimentação, exames e testes da pesquisa serão cobertos pelo pesquisador responsável. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você poderá ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil. Os resultados da pesquisa serão posteriormente publicados, reforçando que o seu anonimato será mantido. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Professor Doutor Guilherme Eckhardt Molina, na Faculdade de Educação Física, no telefone (61) 9202-3240 (a qualquer horário) ou recado no (61) 3107-2519 (das 8 às 12 horas e das 13 às 17 horas), podendo realizar chamadas a cobrar.

Este projeto foi APROVADO pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (CAAE: 66238722.1.0000.5558; Número de aprovação: 5.989.749; Data de aprovação: 7 de abril de 2023). O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 31071-7170 ou do e-mail cepfm@unb.br, horário de atendimento das 10h00 às 12h00 e das 13h30 às 15h30, de segunda a sexta-feira. O CEP/FM se localiza na Faculdade de Medicina, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o(a) Senhor(a).

Nome: _____

Assinatura: _____

Pesquisador responsável Prof. Dr. Guilherme Eckhardt Molina _____

Brasília, _____ de _____ de 2023.

16. ANEXO II

16.1. Ficha de Dados Demográficos

Nome: _____ - _____

Data: ____/____/____ Horário: _____ Data de nascimento: ____/____/____ Idade: ____ anos

Há quanto tempo você foi diagnosticado por um profissional da saúde mental? ____ meses

Consumo de bebida alcóolica: () nunca () raramente () socialmente () frequentemente

Consumo de bebidas estimulantes (Ex.: xarope de guaraná, chá, café, refrigerantes e guaraná em pó): () nunca () raramente () socialmente () frequentemente

Fuma? () sim () não Quantas unidades por dia? _____ Quantas unidades por semana? _____

Quantas horas costuma dormir em um dia livre? _____

Quantas horas de sono teve esta noite? _____ Se sente descansado hoje? () sim () não

Possui síndrome do “avental branco”? () sim () não

Só para mulheres: O 1º dia do ciclo menstrual é o 1º dia da menstruação.

Data da última menstruação: ____/____/____

Quantos dias tem seu ciclo menstrual? _____ () Não menstruo mais

() menstruação irregular

Usa anticoncepcional? () não () sim () injetável () oral

Qual? _____ Há quanto tempo faz uso? ____ anos ____ meses

17. ANEXO III

17.1. Questionário de Triagem Pré-participação

AHA / ACSM Health / Fitness Facility

Avalie seu estado de saúde marcando todas as afirmações verdadeiras.

Você teve:

1. ☐ um ataque cardíaco
2. ☐ cirurgia cardíaca
3. ☐ cateterismo cardíaco coronário
4. ☐ angioplastia (PTCA)
5. ☐ Marcapasso/desfibrilador cardíaco implantável
6. ☐ perturbação do ritmo
7. ☐ doença da válvula cardíaca
8. ☐ insuficiência cardíaca
9. ☐ transplante de coração
10. ☐ doença cardíaca congênita
11. ☐ nenhuma das alternativas

Sintomas:

1. Você sente desconforto no peito com esforço? ☐ sim ☐ não
2. Você sente falta de ar irracional? ☐ sim ☐ não
3. Tonturas, desmaios ou desmaios? ☐ sim ☐ não
4. Você toma medicamentos para o coração? ☐ sim ☐ não
5. Outros problemas de saúde? ☐ sim ☐ não
6. Você tem diabetes? ☐ sim ☐ não
7. Você tem asma ou outra doença pulmonar? ☐ sim ☐ não
8. Você tem uma sensação de queimação ou câibra nas pernas ao caminhar distâncias curtas?
☐ sim ☐ não
9. Você tem problemas músculo-esqueléticos que limitam sua atividade física? ☐ sim ☐ não
10. Você tem preocupações com a segurança do exercício? ☐ sim ☐ não
11. Você toma medicamentos prescritos? ☐ sim ☐ não
12. Você está grávida? ☐ sim ☐ não

Se você marcou alguma dessas afirmações nesta seção, consulte seu médico ou outro profissional de saúde antes de iniciar o exercício. Você pode usar uma instalação com uma equipe médica qualificada.

Fatores de risco cardiovascular

1. Você é um homem com mais de 45 anos? ☐ sim ☐ não
2. Você é uma mulher com mais de 55 anos, teve uma histerectomia ou está na pós-menopausa?
☐ sim ☐ não
3. Você fuma ou deixou de fumar nos últimos 6 meses? ☐ sim ☐ não

4. Sua pressão arterial é >140/190 mmHg? ()sim ()não
5. Você não conhece sua pressão arterial? ()sim ()não
6. Você toma remédio para pressão arterial? ()sim ()não
7. Seu nível de colesterol no sangue é >200 mg/dl? ()sim ()não
8. Você não sabe o seu nível de colesterol? ()sim ()não
9. Você tem um parente próximo que teve um ataque cardíaco ou cirurgia cardíaca antes dos 55 anos (pai ou irmão) ou 65 anos (mãe ou irmã)? ()sim ()não
10. Você é fisicamente inativo (ou seja, recebe menos de 30 minutos de atividade física em pelo menos três dias por semana)? ()sim ()não
11. Você tem > 20 libras (9,07 kg) de excesso de peso? ()sim ()não

Se você marcou duas ou mais das frases desta seção, consulte um médico ou outro profissional apropriado prestador de cuidados de saúde raros antes de praticar exercício.

Você pode se beneficiar do uso de uma instalação com uma equipe de exercícios profissionalmente qualificada para orientar seu programa de exercícios.

Nenhuma das acima

Você deve poder se exercitar com segurança sem consultar seu médico ou outro profissional de saúde apropriado em um programa autoguiado ou em quase qualquer estabelecimento que atenda às necessidades do programa de exercícios.

Modificado de American College of Sports Medicine and American Heart Association. Posição comum ACSM/AHA. Declaração: Recomendações para triagem cardiovascular, pessoal e políticas de emergência nas instalações de saúde/fitness. Medicina e Ciência no Esporte e Exercício 1998: 1018.
