

Mapeamento do desempenho físico de mulheres de ciclos ovarianos endógenos em diferentes fases do ciclo menstrual, e a respectiva influência da terapia por fotobiomodulação.



PPGRDF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
REABILITAÇÃO E DESEMPENHO FUNCIONAL
FMRP-USP

Gabriela de Carvalho Rotoly

TESE



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO
PRETO

GABRIELA DE CARVALHO ROTOLY

Mapeamento do desempenho físico de mulheres de ciclos ovarianos endógenos em
diferentes fases do ciclo menstrual, e a respectiva influência da terapia por
fotobiomodulação.

Ribeirão Preto - SP 2023

GABRIELA DE CARVALHO ROTOLY

Mapeamento do desempenho físico de mulheres de ciclos ovarianos endógenos em diferentes fases do ciclo menstrual, e a respectiva influência da terapia por fotobiomodulação.

Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

Área de concentração: Fisioterapia

Orientador: Prof. Doutor Rinaldo Roberto de Jesus Guirro

Ribeirão Preto - SP 2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Assinatura: _____ Data ____/____/____

Catálogo da Publicação

Serviço de Documentação da Faculdade de Medicina

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Gabriela de Carvalho Rotoly

Mapeamento do desempenho físico de mulheres de ciclos ovarianos endógenos em diferentes fases do ciclo menstrual, e a respectiva influência da terapia por fotobiomodulação.

Pág. 87

Orientador: Prof. Dr Rinaldo Roberto de Jesus Guirro

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
Área de concentração: Fisioterapia.

1. Fotobiomodulação 2. Ciclo Menstrual 3. Fisioterapia 4. Desempenho 5. Saúde da Mulher

Nome: Gabriela de Carvalho Rotoly

Título: Mapeamento do desempenho físico de mulheres de ciclos ovarianos endógenos em diferentes fases do ciclo menstrual, e a respectiva influência da terapia por fotobiomodulação.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Fisioterapia

Orientador: Prof. Doutor Rinaldo Roberto de Jesus Guirro

Aprovado em ____/____/____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Jamil e Renata, e minha irmã Beatriz por todo apoio durante a minha trajetória.

Ao meu marido Bruno, por todo suporte, carinho e incentivo durante o processo.

Ao meu filho Francisco, que participou de maneira indireta, porém importante na finalização desse trabalho.

E a todas as mulheres que puderem utilizar e desfrutar dos achados desse estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, a base do meu ser. Por todo apoio, incentivo e aprendizado durante toda a minha existência. Aos meus pais *Jamil e Renata*, por serem grandes incentivadores dos meus sonhos e projetos, sejam eles quais fossem. À minha irmã *Beatriz*, por ser meu refúgio nas horas difíceis e minha melhor companhia em todos os momentos. Ao meu marido *Bruno* e à família que estamos construindo: Obrigada por em nenhum momento soltar a minha mão e deixar de dizer “vai, você consegue, eu acredito em você”. E a todos os meus tios, tias, avós, primos e primas que torcem com entusiasmo pelo meu sucesso e felicidade.

Agradeço ao *Professor Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro*, por todos os aprendizados pessoais e profissionais durante todos esses anos, pela compreensão em momentos difíceis e por toda a confiança em meu trabalho. O senhor foi fundamental na minha formação, e com certeza levarei e repassarei adiante todos os aprendizados que tive com o senhor, muito obrigada!

À *Prof. Dra. Elaine de Caldeira Oliveira Guirro*, pelo auxílio na construção dessa tese, e pelas “dicas quentes”. Ao *Prof. Dr. Marcelo Papoti* da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP/USP), pela oportunidade de trabalharmos juntos e por toda a contribuição durante esse período. Estendo também os meus agradecimentos aos alunos do GECIFEX, principalmente ao *Yan Figueiredo* e *Carlos Dellavechia* pelo auxílio durante a coleta de dados, e por todo o divertimento durante esse período, sem dúvidas vocês tornaram esse momento mais leve.

Aos alunos de Iniciação Científica *Ignis Márcia Rodrigues* e *Mateus Rigonatti* e aos meus colegas de laboratório *Flavia Assunção*, *Carlos Girasol*, *Jocassia Pinheiro* e *Marina Magalhães*, pela troca sempre produtiva que tivemos durante esse período. À minha

amiga *Aline Gobbi*, que mesmo distante sempre me ajudou, clareando a minha mente em momentos escuros, ou auxiliando nos aprendizados sobre estatística, muito obrigada!

A todos os funcionários do Departamento da Saúde e aos professores do PPG-RDF, por toda dedicação e pelo auxílio durante todo o período de formação.

Agradeço ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, que tornou possível a realização de um projeto extenso e de muita dedicação.

E por último, mas não menos importante, à todas as mulheres que participaram, ou tentaram participar do estudo. Àquelas que mesmo não entrando nos critérios de inclusão, fizeram questão de me mandar mensagem e dizer o quanto achavam meu projeto legal e importante. Esse sem dúvidas foi um dos meus maiores incentivos. Muito obrigada à todas vocês, esse trabalho é nosso.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

Carvalho-Rotoly, G, Mapeamento do desempenho físico de mulheres de ciclos ovarianos endógenos em diferentes fases do ciclo menstrual, e a respectiva influência da terapia por fotobiomodulação. [Tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 2023. 85f.

RESUMO

A influência exercida pelo ciclo menstrual e seus sintomas no desempenho físico de mulheres de ciclo ovariano endógeno apresenta uma grande divergência de resultados na literatura. Tal fato reflete diretamente na representatividade do sexo feminino nas amostras de estudos de novas tecnologias e metodologias para melhora de desempenho físico. Diante desse cenário, atualmente há poucos estudos sobre os efeitos da fotobiomodulação – utilizado como recurso ergogênico- em mulheres fisicamente ativas e em idade reprodutiva. A presente tese foi dividida em três estudos com o objetivo de avaliar as diferenças do ciclo menstrual e a influência da fotobiomodulação no desempenho de mulheres. **Estudo I** – O objetivo do estudo foi analisar o desempenho físico, e os sintomas menstruais e temperatura cutânea de mulheres fisicamente ativas, eumenorreicas de ciclo ovariano endógeno em duas fases do ciclo menstrual. Os resultados demonstram que não houve diferença no desempenho físico e termorregulação entre Fase folicular inicial (FF) e Fase lútea média (FL). Porém, a intensidade do fluxo menstrual ($t=-2.530$; $p=0.01$; $r^2=0.32$) e a percepção sobre a interferência do ciclo ($t=2.554$; $p=0.01$, $r^2=0.45$) demonstraram interações negativas no desempenho. **Estudo II** - Avaliar a contribuição energética, por meio de protocolo de máximo déficit de oxigênio acumulado determinado por um único exercício exaustivo alternativo (MAOD_{ALT}) e variáveis de desempenho durante a FF e FL. As diferentes fases do ciclo menstrual não apresentam influência significativa nas demandas energéticas durante um esforço supramáximo ($p>0.05$). Porém há um aumento do consumo de oxigênio durante a fase lútea média quando comparada à fase folicular inicial (Diferença média [95%IC] = -1.76 [-2.97 , -0.56], $p=0.006$). **Estudo III**- Esse estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da fotobiomodulação (FBM) no desempenho físico de mulheres saudáveis em idade reprodutiva, considerando uma das fases do ciclo menstrual. Os resultados demonstram que a FBM não apresentou melhora em nenhuma das variáveis de desempenho muscular, resistência à fadiga, percepção subjetiva de esforço, e concentrações sanguíneas de lactato ($p>0.05$), em mulheres saudáveis durante a FF do ciclo menstrual.

Palavras-Chaves: Ciclo Menstrual, Metabolismo Energético, Desempenho Físico, Fotobiomodulação, Mulheres.

Carvalho-Rotoly, G, Mapping of the physical performance of women with endogenous ovarian cycles in different phases of the menstrual cycle, and the respective influence of photobiomodulation therapy. [Thesis]. Ribeirão Preto: University of São Paulo, Ribeirão Preto Medical School, 2023.85f.

ABSTRACT

The influence exerted by the menstrual cycle and its symptoms on the physical performance of women with an endogenous ovarian cycle presents a great divergence of results in the literature. This fact directly reflects on the representation of females in the samples of studies of new technologies and methodologies to improve physical performance. Given this scenario, there are currently few studies on the effects of photobiomodulation - used as an ergogenic resource - in physically active women of reproductive age. The present thesis was divided into three studies with the objective of evaluating the differences in the menstrual cycle and the influence of photobiomodulation on the performance of women. **Study I** – The aim of the study was to analyze the physical performance, menstrual symptoms and skin temperature of physically active eumenorrheic women with endogenous ovarian cycle in two phases of the menstrual cycle. The results demonstrate that there was no difference in physical performance and thermoregulation between Early Follicular Phase (FP) and Middle Luteal Phase (LP). However, menstrual flow intensity ($t=-2,530$; $p=0.01$; $r^2=0.32$) and the perception of cycle interference ($t=2,554$; $p=0.01$, $r^2=0.45$) showed negative interactions in performance. **Study II** - To evaluate the energetic contribution, through a protocol of maximum accumulated oxygen deficit determined by a single alternative exhaustive exercise (MAODALT) and performance variables during FP and LP. The different phases of the menstrual cycle do not have a significant influence on energy demands during a supramaximal effort ($p>0.05$). However, there is an increase in oxygen consumption during the mid luteal phase when compared to the early follicular phase (Mean difference [95%CI] = -1.76 [-2.97 , -0.56], $p=0.006$). **Study III**- This study aimed to evaluate the effects of photobiomodulation (PBM) on the physical performance of healthy women of reproductive age, considering one of the phases of the menstrual cycle. The results demonstrate that PBM did not improve any of the variables of muscle performance, resistance to fatigue, perceived exertion, and blood lactate concentrations ($p>0.05$) in healthy women during the FP of the menstrual cycle.

Keywords: Menstrual Cycle, Energy Metabolism, Physical Performance, Photobiomodulation, Women.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CM – Ciclo Menstrual

FF – Fase folicular inicial

FL – Fase lútea média

ATP - adenosina-tri-fosfato

FBM – Terapia por fotobiomodulação

Cox - Citocromo-C-Oxidase

VO_{2MÁX} – Consumo máximo de oxigênio

MAOD_{ALT} - Máximo déficit de oxigênio acumulado determinado por um único exercício exaustivo alteranativo

EC - Estágios completos

VF – Velocidade final

TTE – Tempo total até exaustão

% - Porcentagem

STROBE - The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology

°C – Graus Celsius

Km/hr – quilômetros por hora

m – metros

Kg – Kilogramas

PICM - Percepção da Influência do Ciclo Menstrual no Exercício

s – Segundos

IC – Intervalo de confiança

DP – Desvio Padrão

iMF - Fluxo menstrual intenso

Tlim – Tempo limite até exaustão no teste supra máximo

LH – Hormônio luteinizante

[La]REST – Lactato em repouso

[La]_{PEAK} – Pico de lactato

VCO₂ – Produção de CO₂

VE – Ventilação pulmonar

SpO₂ – Saturação de oxigênio

E_{PCR} - Metabolismo de fosfagênio

(E[La]) - Metabolismo glicolítico/lático

E_{AER} - Contribuição do sistema aeróbio

Get - Gasto de energia total

μl – Microlitros

mL – Mililitros

NaF – Fluoreto de sódio

iVO_{2MAX} - Intensidade relacionada ao consumo máximo de oxigênio

FR – Frequência respiratória

J – Jaules

CVM - Contração voluntária máxima

CVIM - Contração voluntária isométrica máxima

N/m – Newton/metros

W – Watts

Nm – Nanômetros

ΔLA – Delta de lactato

ES – Tamanho de efeito

ÍNDICE DE TABELAS

Estudo I

Tabela 1. Média, desvio padrão e valores percentuais das características da amostra, características menstruais e variáveis de sintomas menstruais (n=26).

Tabela 2. Valores das variáveis do teste incremental expressos em média, desvio padrão e diferença entre as médias, em intervalo de confiança (IC) de 95%, entre as Fases Folicular (FF) e Lútea (FL).

Tabela 3. Valores de temperatura da pele por termografia infravermelha expressos como a diferença entre as médias, em um intervalo de confiança (IC) de 95%, entre as Fases Folicular (FF) e Lútea (FL).

Tabela 4. Valores da interação entre o tempo total de teste e as variáveis PICM e hMF nas diferentes fases do ciclo menstrual, dos coeficientes de regressão linear múltipla, com intervalo de confiança de 95%.

Estudo II

Tabela 1. Valores de Média, Desvio Padrão (DP), Intervalo de confiança (95%) das características da amostra, e dos dados do teste incremental.

Tabela 2. Valores de Média, Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, seguido do intervalo de confiança (95%) das variáveis do teste incremental nas fases folicular (FF) e lútea (FL) do ciclo menstrual.

Tabela 3. Valores de Média, Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, seguido do intervalo de confiança (95%) das variáveis do MAODALT nas fases folicular (FF) e lútea (FL) do ciclo menstrual.

Estudo III

Tabela 1. Valores de Média e Desvio Padrão (DP) das características da amostra (n=27).

Tabela 2. Valores de Média e Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, Intervalo de Confiança (IC95%) das variáveis do teste supramáximo dos Grupo Sham e Grupo Placebo (n=27).

Tabela 3. Valores de Média e Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, Intervalo de Confiança (IC95%) das variáveis de desempenho muscular dos Grupo Sham e Grupo Placebo (n=27).

ÍNDICE DE FIGURAS

Estudo I

Figura 1. Representação cronológica das avaliações.

Estudo II

Figura 1. A - Participante durante protocolo MAOD_{ALT}; B- Resposuo após MAOD_{ALT} para coleta de EPOC e amostras sanguíneas para posterior análise de lactato.

Estudo III

Figura 1. Representação cronológica das avaliações e intervenções realizadas.

Figura 2. Fluxograma do estudo.

Figura 3. Modelo de aplicação da fotobiomodulação na região anterior da coxa.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivos gerais	18
2.2 Objetivos específicos	18
3. ESTUDOS DESENVOLVIDOS	19
3.1 ESTUDO I	20
3.2 ESTUDO II.....	39
3.3 ESTUDO III.....	56
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
5. CONCLUSÃO FINAL.....	79
6. REFRÊNCIAS	79
7. ANEXOS.....	82
7.1 ANEXO I – Comprovante de aprovação do Comitê de Ética	82
7.2 ANEXO II – Comprovante de publicação artigo I.	85
7.3 ANEXO III – Comprovante de submissão do artigo III.....	86

1. INTRODUÇÃO

As flutuações hormonais presentes durante o ciclo ovariano, podem ter forte influência nos aspectos fisiológicos e psicológicos no desempenho físico em mulheres (Schaumberg et al., 2017; Julian et al., 2017). Lebrun (1993) conduziu uma revisão sistemática para elucidar estes efeitos em diferentes fases do ciclo e em diversos cenários da performance, onde concluiu que é possível haver variações fisiológicas quanto à termorregulação, dinâmica vascular, ventilação e metabolismo energético durante o exercício em mulheres de ciclos endógenos.

Estudos demonstram que o aumento do estrogênio circulante em mulheres, gera uma série de alterações, principalmente à níveis metabólicos (Boisseau e Isacco, 2021). Tais influências metabólicas são capazes de gerar um aumento do tempo até exaustão e diminuição dos níveis de lactato, respaldados pelo aumento da capacidade oxidativa, a qual diminui a dependência de produção de adenosina-tri-fosfato (ATP) por vias anaeróbicas (Oosthuyse e Bosch, 2010), além do aumento da glicogênese e maior captação de glicose a nível muscular (Campbell e Febbraio, 2002).

O aumento dos níveis de progesterona também está relacionado com alterações fisiológicas importantes, principalmente quando observada a influência dessas alterações no desempenho físico, sendo estes efeitos comumente conhecidos como efeitos antiandrogênicos (Oosthuyse e Bosch, 2010). As alterações fisiológicas mais importantes já relatadas em relação aos altos níveis de progesterona são o aumento da frequência cardíaca basal, aumento da temperatura central, diminuição da síntese de proteínas e diminuição do desempenho atlético. (Lamont et al., 1987; Charkoudian e Johnson, 2000; Sedlack et al., 2012; Janse de Jonge et al., 2012). Apesar da progesterona e do estrogênio apresentarem efeitos opostos, em determinado momento em que estão circulantes juntos

no organismo, a progesterona tende ainda a minimizar as ações do estrogênio (Campbell e Febbraio, 2002).

Novos métodos ergogênicos vem sendo estudados visando a melhora do cenário esportivo em diferentes populações (Paolilo et al., 2014). A terapia por fotobiomodulação (FBM) vem se destacando por se tratar de um recurso ergogênico capaz de gerar alterações a nível celular por meio do aumento do metabolismo mitocondrial (Ferraresi et al., 2015). Este aumento está relacionado à absorção de luz pelos cromóforos, que se concentram em sua maioria no Citocromo-C-Oxidase (COX), presente no complexo IV da cadeia transportadora de elétrons (Hamblin, 2018), resultando no aumento da síntese de adenosina-tri-fosfato (ATP) (Wong-Riley et al., 2005; Liang et al., 2008; Basha, 2016). Essa cascata de reações bioquímicas produz efeitos fisiológicos quanto ao aumento de força muscular (Ferraresi, Huang e Hamblin, 2016), aumento do tempo até exaustão, aumento da distância percorrida, aumento de $VO_{2MÁX}$ (De Almeida et al., 2012; Miranda et al., 2016; Lanferdini et al., 2018), e diminuição dos níveis de lactato sanguíneo (Leal Junior et al., 2015; Nampo et al., 2016).

Recentemente, estudos buscaram avaliar a terapia por fotobiomodulação associado ao treinamento em mulheres pós menopausa, para analisar o uso desse recurso também sob a influência de alterações hormonais (Paolilo et al., 2014). Resultados benéficos foram observados para o aumento do desempenho muscular, diminuição da fadiga periférica (Paolilo et al., 2014; Toma et al., 2016) e também, quando aplicada somente como pré-condicionamento muscular, pode-se observar uma diminuição nos níveis de fadiga muscular (Vassão et al., 2016).

Os aspectos que circundam a performance de mulheres nas diferentes fases do ciclo ainda são conflitantes (Constantini, Dubnov e Lebrun, 2005; Legerlotz et al., 2017 Sims et al., 2018). Por este motivo, há uma baixa representatividade feminina nos estudos

relacionados ao desempenho atlético, onde não se tem a inclusão de mulheres na participação de estudos, ou então há inclusão sem que se considere os hormônios ovarianos e suas influências na capacidade física (Sims et al., 2018). Porém, a prática de atividade física e o crescente aumento das mulheres dentro do cenário esportivo mundial, faz com que seja necessário o melhor entendimento do funcionamento do ciclo menstrual, seja pelas flutuações hormonais, ou pelos sintomas menstruais presentes dentro desse ciclo. Além de ser necessário um melhor respaldo científico em relação às intervenções propostas especificamente para esse público.

A investigação sobre o uso de recursos eletrofísicos ergogênicos, suas influências, modos de aplicação, fazendo com que mulheres possam usufruir desse recurso e melhorar seu desempenho físico ainda são escassos na literatura atual.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Avaliar o desempenho físico de mulheres durante diferentes fases do ciclo ovariano e a influência da terapia de fotobiomodulação nesse cenário.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar o desempenho físico, sintomas menstruais e temperatura cutânea de mulheres fisicamente ativas, eumenorreicas de ciclo ovariano endógeno em duas fases do ciclo menstrual;
- Avaliar a contribuição energética, por meio de protocolo de máximo déficit de oxigênio acumulado, determinado por um único exercício exaustivo alternativo (MAOD_{ALT}) e variáveis de desempenho durante a FF e FL;

- Avaliar os efeitos da terapia de fotobiomodulação no desempenho físico de mulheres saudáveis em idade reprodutiva, considerando a fase folicular do ciclo menstrual.

3. ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Os métodos, resultados e discussões da presente tese estão apresentados nos respectivos manuscritos incorporados abaixo.

Foram desenvolvidos três estudos:

Estudo I- Preditores de interação da autopercepção de sintomas menstruais e influência do ciclo menstrual no desempenho físico de mulheres fisicamente ativas.

Estudo II - Efeitos do ciclo menstrual no metabolismo energético de mulheres jovens saudáveis em um teste exaustivo.

Estudo III- Influência da terapia por fotobiomodulação no desempenho físico de mulheres durante a fase folicular do ciclo menstrual: Ensaio clínico randomizado placebo-controlado duplo cego.

3.1 ESTUDO I

Preditores de interação da autopercepção de sintomas menstruais e influência do ciclo menstrual no desempenho físico de mulheres fisicamente ativas

Autores:

Gabriela de Carvalho¹, Marcelo Papoti², Márcia Caroline Diniz Rodrigues¹, Yan Figueiredo Foresti², Elaine Caldeira de Oliveira Guirro¹, Rinaldo Roberto de Jesus Guirro¹.

¹Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional, Departamento de Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, SP, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Educação Física e Esporte, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

Artigo publicado no European Journal of Applied Physiology (DOI 10.1007/s00421-022-05086-z). FI 3.34

RESUMO

Objetivo: Analisar o desempenho físico, autopercepção de sintomas menstruais, de mulheres eumenorreicas fisicamente ativas com ciclo ovariano endógeno em duas fases do ciclo menstrual. **Métodos:** Participaram do estudo 26 mulheres (idade $25,8 \pm 3,9$ anos; altura $1,64 \pm 0,58$ metros; massa $64 \pm 12,32$ kg; menarca $11,69 \pm 1,28$ anos). As avaliações foram realizadas em duas fases do ciclo menstrual (CM), Fase Folicular Precoce (FF) e Fase Luteal Média (FL), o desempenho foi avaliado através do tempo total até a exaustão (TTE), estágios completos (EC) e velocidade final (VF), por meio de um Teste Incremental. Também foram coletadas informações sobre os sintomas menstruais das participantes e suas percepções da influência do CM em seu desempenho. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Análises pareadas foram realizadas (teste t ou Wilcoxon) para examinar as respostas entre as fases menstruais. A análise de interação dos preditores de sintomas foi realizada por regressão linear múltipla, com nível de significância de $p \leq 0,05$. **Resultados:** Não houve diferença significativa no desempenho físico entre as fases durante o teste incremental no TTE (diferença média 8,50; IC95% -11,99 a 42; $p=0,36$). Durante o FF, mulheres com fluxo intenso tiveram desempenho menor no teste incremental ($t=-2,5$; $p=0,01$), demonstrando um $r^2=0,32$. No FL, para as mulheres que relataram não ter a percepção da influência do ciclo menstrual no exercício, o tempo total do teste foi maior ($t=2,55$; $p=0,01$), com $r^2=0,45$. **Conclusão:** Não houve diferença no desempenho físico entre FF e FL. No entanto, a intensidade do fluxo menstrual e a percepção da interferência do ciclo demonstraram uma diminuição no tempo total até exaustão.

Palavras-chave: Ciclo menstrual; Performance atlética; Termografia; Dismenorreia; Sangramento menstrual intenso.

INTRODUÇÃO

O desempenho das mulheres durante o exercício físico pode ser comprometido devido ao seu ciclo menstrual endógeno - ciclos menstruais sem qualquer influência hormonal externa (Constantini, Dubnov e Lebrun, 2005). Fato que pode estar associado às flutuações hormonais presentes durante o ciclo ovariano, com influência significativa em aspectos fisiológicos e psicológicos (Schaumberg et al., 2017; Julian et al., 2017). Em diferentes fases do ciclo e diferentes cenários de desempenho, esses efeitos estão associados a variações fisiológicas na termorregulação, dinâmica vascular, ventilação e metabolismo energético durante o exercício em mulheres com ciclos endógenos (Lebrun, 1993).

As flutuações hormonais presentes no ciclo menstrual podem gerar alterações nas respostas fisiológicas e metabólicas, como observado na relação entre níveis elevados de estrogênio circulante com o aumento do tempo de exaustão e diminuição dos níveis de lactato. Isso é sustentado pelo aumento da capacidade oxidativa, onde há uma diminuição da dependência da produção de adenosina-tri-fosfato (ATP) por vias anaeróbicas (Oosthuysen e Bosch, 2010), além do aumento da glicogênese e maior captação de glicose no nível muscular (Campbell e Febrano, 2002). O aumento da frequência cardíaca basal, o aumento da temperatura central, a diminuição da síntese proteica e a diminuição do desempenho atlético são atribuídos a altos níveis de progesterona (Lamont et al., 1987; Charkoudian e Johnson, 2000; Sedlack et al., 2012; Janse de Jonge et al., 2012).

Embora as flutuações hormonais representem uma forte influência nas variáveis fisiológicas, o ciclo menstrual também apresenta vários sintomas que devem ser considerados quando se trata de desempenho esportivo (Martin et al., 2018). Um estudo realizado com atletas profissionais de rugby (Findlay et al., 2020) observou que 93% das atletas avaliadas apresentavam algum sintoma negativo relacionado ao ciclo menstrual. Na população geral, a dismenorreia, que é um dos sintomas mais prevalentes, varia de 15 a 93%, dependendo da idade, onde as mulheres mais jovens são as mais afetadas (Ju, Jones e Mishra, 2014).

Devido a esse cenário, há uma baixa representação feminina nos estudos de desempenho esportivo (Sims e Heather, 2018). Entre 5.261 manuscritos publicados entre 2014 e 2020 em revistas científicas do esporte, apenas 6% dos estudos foram realizados exclusivamente com mulheres (Cowley et al., 2021). Por outro lado, a participação das mulheres no cenário esportivo vem crescendo a cada dia, não sendo mais possível extrapolar os dados de estudos realizados com homens para mulheres, pois existem diferenças significativas entre os sexos, incluindo o ciclo menstrual e seus sintomas (Sheel, 2016). Embora o conhecimento atual não garanta uma boa compreensão do desempenho físico e do ciclo menstrual (McNulty et al., 2020). Mais estudos com qualidade metodológica, que possam fundamentar as interações entre flutuações hormonais, sintomas menstruais e desempenho físico, são essenciais para melhorar a disponibilidade de informações e aproveitar ao máximo a capacidade feminina no contexto clínico-esportivo.

O estudo teve como objetivo analisar a diferença no desempenho físico, por meio do tempo total até a exaustão, de mulheres eumenorreicas fisicamente ativas em duas fases do ciclo menstrual, quanto à alta e baixa taxa hormonal, e a influência das características e dos sintomas menstruais percebidos, na o desempenho por meio de regressão linear múltipla.

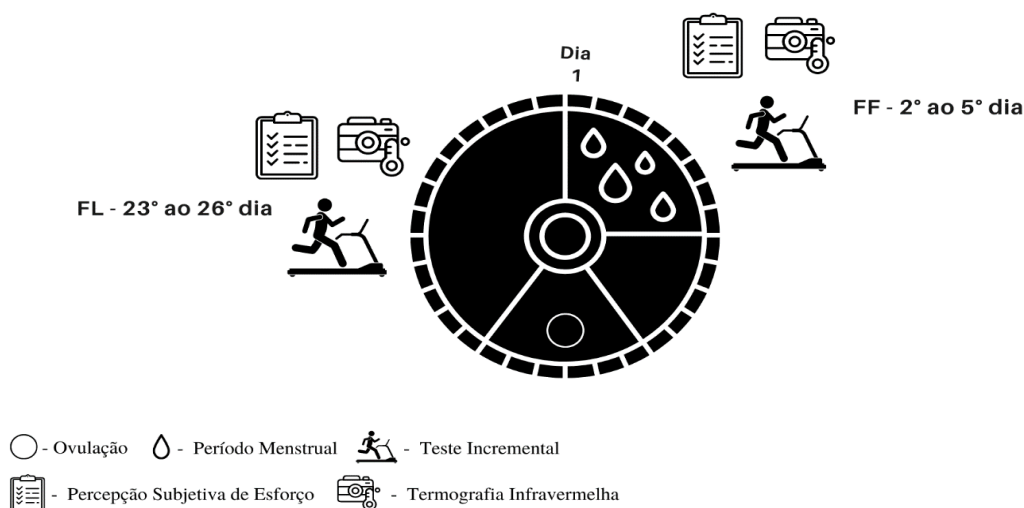
MATERIAL E MÉTODOS

Desenho do Estudo

Trata-se de um estudo observacional transversal para investigar parâmetros de desempenho físico e sintomas menstruais em diferentes fases do ciclo menstrual. O desfecho primário é o tempo total até a exaustão e os desfechos secundários são sintomas menstruais e percepção da influência do ciclo menstrual no desempenho. A metodologia do presente estudo inclui todas as diretrizes estabelecidas pelo *The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE)*.

As mulheres foram recrutadas por meio de redes sociais e e-mails, e foram avaliadas em duas fases do ciclo menstrual, relacionadas à baixa taxa hormonal – Fase Folicular inicial (FF –

2º ao 5º dia) e alta taxa hormonal – Fase Lútea Média (FL – 23º dia a 26) (Sims e Heather 2018). Elas realizaram um teste máximo em esteira, considerando tempo total até a exaustão, velocidade final, etapas completas (Figura 1). Todas as participantes foram orientadas a não praticar atividade física vigorosa 48 horas antes das avaliações e evitar a ingestão e uso de alimentos e bebidas estimulantes como café, refrigerantes, chocolates e chás. Elas também foram orientadas a manter o mesmo nível de atividade física e ingestão alimentar durante o período do estudo. Os procedimentos foram realizados no mesmo horário do dia para eliminar possíveis vieses em relação ao ciclo circadiano.



Amostra

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado por meio do software G*Power (versão 3.1), utilizando dados do projeto piloto do estudo. O tamanho da amostra foi calculado considerando a variável desfecho tempo total até a exaustão (segundos), com base na detecção da comparação entre grupos pareados, atingindo um efeito clínico de 0,92. Considerando o poder estatístico de 95% e alfa de 0,05, foram estimadas 15 participantes. Considerando uma perda amostral de 20%, pelo menos 18 participantes deveriam ser recrutadas.

Figura 1. Representação cronológica das avaliações.

Participantes

Para serem incluídas no estudo, as mulheres deveriam relatar um ciclo menstrual regular (21-35 dias), nos 3 meses anteriores à coleta de dados; ser fisicamente ativa (>150 minutos/semana) (Schaumberg et al., 2017); não usar nenhum anticoncepcional hormonal por pelo menos 3 meses antes do início do estudo, não ter distúrbios alimentares, distúrbios hormonais, amenorreia, gravidez, ovário policístico, endometriose (Elliot-Sale et al., 2021); tumores; lesão musculoesquelética nos últimos 6 meses; doença cardiorrespiratória e uso de álcool e drogas ilícitas durante o estudo. Todas as participantes foram informadas sobre todos os procedimentos antes de assinarem o consentimento por escrito para participar do estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação com Seres Humanos do Hospital das Clínicas – FMRP/USP (CAAE: 25805219.8.0000.5440) e está de acordo com os princípios éticos da Declaração de Helsinque de 2013.

Ciclo Menstrual

As participantes foram instruídas a preencher um diário menstrual por 3 meses antes do estudo usando um aplicativo de smartphone, preferido pela participante. Deveriam preencher informações como menarca, datas de início e término da menstruação, percepção do fluxo menstrual classificando-o como baixo, moderado ou intenso e sintomas percebidos relacionados ao ciclo menstrual ao longo dos dias de menstruação, sentindo-se à vontade para anotar o sintoma que elas queriam. Deveriam também informar a percepção da influência do ciclo menstrual no desempenho durante o exercício físico e, em caso afirmativo, a descrição dos sintomas.

Para coleta de dados, o primeiro dia do ciclo foi considerado o primeiro dia da menstruação; assim, a avaliação do FF foi realizada entre o 2º e o 5º dia (Sims e Heather, 2018). No início da pesquisa, foram distribuídos termômetros digitais rígidos (modelo T104, Bioland®, São Paulo, Brasil) para uso individual e tiras reativas de hormônio luteinizante (LH) (Famivita®,

Santo Amaro, Brasil) para determinar o período fértil (Elliot-Sale et al., 2021). As informações referentes à realização do teste foram abordadas individualmente para selecionar um plano específico por meio da curva de temperatura e linha de base do ciclo menstrual, entre o 23º e o 26º dia do ciclo, durante o FL. Vale ressaltar que os dias pré-determinados foram apenas orientativos; a avaliação de FF e FL foi individualizada, de acordo com o ciclo menstrual de cada participante e os demais métodos de avaliação do ciclo, como temperatura basal, teste de ovulação e duração do ciclo anterior com informações dos aplicativos conforme recomendado por Janse de Jonge (2003) e Sims e Heather (2018).

Exame Físico

Foram coletados dados pessoais, massa, altura, uso de medicamentos, doenças prévias, cirurgias prévias, uso de drogas ou álcool.

Termografia Infravermelha

A termografia infravermelha foi realizada na posição supina, com período de aclimação de 15 minutos, em ambiente com temperatura controlada a $22^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$, iluminação fluorescente, sem irradiação direta da luz solar ou presença de equipamentos geradores de calor.

Durante a captura das imagens infravermelhas, as mulheres permaneceram em posição ortostática, e o local a ser fotografado estava livre de roupas. Foi utilizada uma câmera térmica modelo T300 (FLIR® Systems, Danderyd, Suécia), com precisão de até $0,05^{\circ} \text{C}$ e emissividade de 0,98, e o instrumento foi estabilizado por 10 minutos antes do exame em ambiente controlado ($22^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e 50% de umidade) (Magalhães et al., 2015). Três imagens infravermelhas foram capturadas em sequência, a uma distância de 250 cm do voluntário, para permitir o enquadramento de todo o corpo na visão anterior. Para determinar o valor de temperatura cutânea, foi utilizado o software QuickReport, versão 1.2 (FLIR® Systems), onde foram coletados os valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), com imagens contornadas individualmente em cada segmento – membro superior direito, membro superior esquerdo, tronco, membro inferior direito, membro inferior esquerdo e corpo inteiro.

Teste Incremental

O teste incremental foi realizado em esteira profissional Progress-T5 (TRG Fitness, Blumenau, Santa Catarina, Brasil) até a exaustão voluntária (coeficiente respiratório $\geq 1,1$) analisado medindo respiração a respiração por um analisador de gases (QUARK, CPET, COSMED, Itália), conforme recomendado pela ATS/ERS CEPT (Ross, 2003), ou percepção subjetiva de esforço igual ou superior a 9 pontos, utilizando uma Escala de Borg Adaptada de 0 a 10 pontos (Borg, 1998; Scherr et al., 2013). As participantes realizaram um aquecimento a 7 km/h por 5 minutos, após o qual iniciaram o teste a 8 km/h e com inclinação fixa de 1%, com incremento de 1 km/h a cada 2 minutos. O teste foi interrompido quando a participante atingiu a exaustão. O tempo total até a exaustão, velocidade final e etapas completas foram coletados (Beltz et al., 2016).

Análise Estatística

O software R versão 4.1.1 (R Core Team, Viena, Áustria) foi utilizado para análise dos dados. As análises foram realizadas em dois momentos, primeiramente para testar a diferença de desempenho em diferentes momentos – fase folicular e fase lútea. Inicialmente foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos dados, seguido do teste t para dados paramétricos e teste de Wilcoxon para dados não paramétricos, considerando as respostas nas fases do ciclo para as variáveis de tempo total até exaustão, velocidade final e estágios completos, e também as médias das variáveis temperatura cutânea. Os dados foram expressos em média, desvio padrão, diferenças médias entre os momentos e intervalo de confiança de 95%. Para analisar a influência, por meio da interação entre as múltiplas variáveis relacionadas ao ciclo menstrual e desempenho, também nos dois diferentes momentos de avaliação (fase folicular e fase lútea), foi realizada uma regressão linear múltipla. Considerou-se a interação dos preditores de todos os sintomas menstruais relatados pelas participantes, intensidade do fluxo menstrual, dias de sangramento, dias do ciclo e percepção da influência do ciclo menstrual no desempenho físico, determinado pelo tempo total até a exaustão. As interações foram estimadas por stepwise e selecionados os

melhores modelos de regressão linear múltipla. Foi considerado um nível de significância de $p \leq 0,05$ para todas as análises.

RESULTADOS

Das trinta mulheres recrutadas, duas mulheres não atenderam aos critérios de inclusão (duração do ciclo > 35 dias), e duas foram excluídas durante o estudo por lesão muscular ($n=1$) e indisponibilidade para continuar o estudo ($n=1$). Vinte e seis mulheres eumenorreicas fisicamente ativas com ciclos ovarianos endógenos completaram o estudo.

Entre as vinte e seis participantes que completaram o estudo, 73% tiveram a percepção de que seu ciclo interferiu em seu desempenho durante a atividade física. Os sintomas influentes relatados pelos participantes foram: "indisposição" (31%), "cólica" (26%), "fadiga" (21%), "dor lombar" (6%), "baixo desempenho" (6%), "inchaço" (5%), "pernas pesadas" (5%). 54% das mulheres descreveram seu fluxo como "moderado", 23% como "pesado" e 23% como "leve". A tabela 1 apresenta as características do ciclo menstrual e os dados antropométricos da amostra.

Tabela 1. Média, desvio padrão e valores percentuais das características da amostra, características menstruais e variáveis de sintomas menstruais ($n=26$).

Características da amostra	Média \pm DP
Idade (anos)	25.88 \pm 3.98
Estatura (m)	1.64 \pm 0.06
Massa (kg)	64 \pm 12.32
Dados menstruais	
Menarca (anos)	11.69 \pm 1.28
Dias de sangramento	4.88 \pm 1.17
Duração do ciclo (dias)	28.16 \pm 1.89
Fluxo sangramento menstrual (%)	54% Moderado; 23% Intenso; 23% Leve
PICM (%)	73% tem influência, 27% não tem influência

PICM: Percepção da Influência do Ciclo Menstrual no Exercício.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no desempenho físico durante o teste incremental, entre as fases do ciclo menstrual (Tabela 2).

Tabela 2. Valores das variáveis do teste incremental expressos em média, desvio padrão e diferença entre as médias, em intervalo de confiança (IC) de 95%, entre as Fases Folicular (FF) e Lútea (FL).

Variáveis	FF	FL	FF-FL		
Teste Incremental	Média ± DP		Dif. Média	IC (95%)	p
Tempo total até exaustão (s)	604.92 ± 108.16	583.76 ± 112.17	8.50	-11.99, 42.00	0.36
Estágios completos	2.03 ± 0.99	1.96 ± 0.99	0.07	-0.99, 1.49	0.67
Velocidade final (km/h)	9.96 ± 0.95	10 ± 0.99	0.07	-0.99, 1.49	0.67

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na Temperatura da pele entre as fases do ciclo menstrual (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de temperatura da pele por termografia infravermelha expressos como a diferença entre as médias, em um intervalo de confiança (IC) de 95%, entre as Fases Folicular (FF) e Lútea (FL).

Variáveis	FF	FL	FF-FL		
Temperatura (°C)	Média ± DP		Dif. Média	IC (95%)	p
Membro Superior Direito	31.42 ± 1.52	31.60 ± 1.45	-0.17	-0.69, 0.34	0.49
Membro Superior Esquerdo	31.63 ± 4.47	31.87 ± 1.34	-0.24	-0.69, 0.20	0.27
Tronco	32.62 ± 1.44	32.97 ± 1.38	-0.35	-0.82, 0.11	0.13
Membro Inferior Direito	30.54 ± 1.60	30.70 ± 1.82	-0.16	-0.67, 0.35	0.52
Membro Inferior Esquerdo	30.63 ± 1.67	30.70 ± 1.88	-0.07	-0.63, 0.48	0.78
Corpo Inteiro	31.37 ± 1.48	31.57 ± 1.50	-0.20	-0.66, 0.25	0.37

Durante o FF, a regressão linear múltipla mostrou interação entre as mulheres que relataram fluxo intenso e o tempo total até a exaustão. As mulheres que relataram fluxo intenso tiveram menor permanência no teste incremental ($t = -2,53$; $p = 0,01$), demonstrando um $R^2 = 0,32$. Durante o FL, observou-se que a percepção da influência do ciclo menstrual no exercício afeta o tempo total do teste. Os resultados demonstram que para as mulheres que relataram não ter a percepção da

influência do ciclo menstrual no exercício, o tempo total de teste foi maior ($t=2,55$; $p=0,01$), com $R^2=0,45$. Os dados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores da interação entre o tempo total de teste e as variáveis PICM e hMF nas diferentes fases do ciclo menstrual, dos coeficientes de regressão linear múltipla, com intervalo de confiança de 95%.

Preditores	Coefficiente de Regressão	IC (95%)	t	p	r ²
Fase Folicular					
iMF	-109.92	-199.77, -20.05	-2.530	0.01*	0,32
Fase Lútea					
PICM	99.21	18.85, 179.58	2.55	0.01*	0,45

PICM: Percepção da Influência do Ciclo Menstrual no exercício; iMF: fluxo menstrual intenso. * $p<0,05$.

DISCUSSÃO

O objetivo principal do presente estudo foi investigar as influências das flutuações hormonais durante o CM e as interações dos sintomas menstruais no desempenho físico de mulheres jovens fisicamente ativas. Os achados mostraram interações significativas das variáveis de percepção das mulheres quanto ao seu ciclo e fluxo menstrual no desempenho físico.

Este é o primeiro estudo a avaliar o desempenho durante o CM, considerando os fatores de flutuações hormonais e sintomas menstruais. Os resultados demonstram não haver diferença significativa entre as fases folicular e lútea do CM para ambas as variáveis de desempenho e temperatura cutânea. Pereira et al., (2020) mostraram que de 46 estudos incluídos em sua revisão, apenas 16 puderam observar uma diferença na resistência à fadiga induzida pelo exercício entre as fases folicular e lútea. Apesar de muitas revisões sistemáticas sobre o tema (Janse de Jonge, 2003; Janse de Jonge Thompson e Han, 2019,

McNulty et al., 2020), os resultados ainda são inconclusivos. Muitas das inconclusões se devem à má qualidade dos estudos e a falta de padronização dos métodos (Sims e Heather, 2018; Elliot-Sale et al., 2021). Nosso estudo seguiu todas as diretrizes recomendadas (Elliot-Sale et al., 2021), e nossos resultados, apesar da metodologia padronizada, foram consistentes com a última revisão publicada (McNulty et al., 2020), não mostrando diferença nas variáveis de desempenho entre as duas fases do ciclo avaliadas.

Recentemente, segundo McNulty et al., (2020), não foi possível observar diferença significativa entre as fases do ciclo menstrual no que se refere ao desempenho físico. Embora as flutuações hormonais sejam constantemente questionadas na literatura, Elliot-Sale et al., (2020) não mostraram diferença entre o desempenho físico de mulheres usuárias de anticoncepcionais orais e mulheres com ciclo endógeno. Na prática, isso mostra que a influência do ciclo menstrual não é apenas das flutuações hormonais, pois as mulheres que fazem uso de hormônios exógenos não apresentam tais alterações hormonais durante o ciclo. Talvez a grande questão da influência do ciclo menstrual seja o efeito perceptivo juntamente com a magnitude dos sintomas hormonais e a experiência dos sintomas físicos em diferentes estágios do ciclo.

Embora não tenha sido observada diferença entre FF e FL nas variáveis de desempenho, quando aplicada a regressão linear múltipla, podemos observar que durante o FF o desempenho físico foi afetado para aquelas que relataram ter fluxo menstrual intenso, levando a um menor tempo total até a exaustão. Sabe-se que, na população em geral, o fluxo menstrual intenso pode impactar negativamente a qualidade de vida, tanto nos aspectos físicos, psicológicos e sociais, quanto na redução da capacidade de trabalho (Karlsson, Marions e Edlund, 2014; Fraser et al., 2015). O que também pode ser observado neste estudo com o desempenho físico durante o exercício. A importância desse resultado se justifica quando consideramos que o fluxo menstrual intenso está

presente em 54,1% das atletas amadoras e 36,7% das corredoras de elite (Bruinvels et al., 2016). Outro sintoma menstrual frequentemente relatado é a dismenorreia. Em estudo realizado com 15 atletas profissionais, 93% relataram sintomas negativos relacionados ao ciclo menstrual; a dismenorreia foi o sintoma mais relatado (Findlay et al., 2020). Em nosso estudo, 26% dos participantes relataram a presença de dismenorreia como fator de interferência significativo no desempenho. Tal interferência pode ser explicada pelo fato de que os sintomas menstruais também estão diretamente relacionados à qualidade do sono em mulheres (Rachel, Andersen e Bittencourt, 2010; Van Reen e Kiesner, 2016). Nesse contexto, Xianchen et al., (2017) observaram que meninas com sintomas relacionados à menstruação, como dismenorreia e fluxo menstrual longo, apresentam má qualidade do sono e sintomas de insônia. Sabe-se que a qualidade do sono é uma variável essencial para um melhor desempenho esportivo, podendo interferir diretamente no tempo de reação, precisão e resistência à fadiga (Watson, 2017). Assim, devemos considerar todos os aspectos interligados com o ciclo menstrual.

Em nosso estudo, 73% das mulheres relataram perceber que o ciclo menstrual influencia no próprio desempenho esportivo. Podemos observar que, durante a FL, as mulheres que relataram não ter a percepção da influência do ciclo menstrual no exercício permaneceram mais tempo durante o teste. Isso não aconteceu durante a FF, onde possivelmente alguns sintomas menstruais poderiam estar presentes, levando ao fato de que os mesmos resultados não foram observados. Embora estudos tenham demonstrado que os sintomas relacionados ao ciclo menstrual estão presentes tanto no período pré-menstrual (FL) quanto no período menstrual (FF), esses sintomas são mais frequentes e intensos durante a FF, independentemente do nível de atividade física da mulher (Lima - Trostdorf et al., 2021).

Para Rocha-Rodrigues et al., (2021), a relação entre CM e desempenho não é linear, mas bidirecional, variando entre as mulheres. Sabe-se que a duração, os tipos de sintomas e a sensibilidade aos sintomas podem variar de mulher para mulher (Mihm, Gangooly e Muttukrishna, 2011), e também de ciclo para ciclo, assim podemos ter a mesma mulher com respostas diferentes ao longo dos ciclos. Tais características podem ser influenciadas pelo ambiente e estilo de vida (Bae, Park e Kwon, 2018), bem como pela percepção que cada uma tem do seu ciclo e sintomas menstruais (Abreu-Sánchez et al., 2020). Embora não haja consenso sobre o assunto, os resultados apresentados nos mostram que a avaliação individual é fundamental, pois os sintomas presentes dentro da CM também podem influenciar o desempenho físico durante a atividade física.

Algumas limitações devem ser reconhecidas ao interpretar nossos achados. O presente estudo tem como limitações os respectivos níveis de atividade física e a falta de controle quantitativo da dieta e das condições psicológicas dos participantes. No entanto, os resultados deste estudo contribuem para uma melhor compreensão da interação de hormônios ou sintomas no desempenho físico, indicando a necessidade de monitorar e incluir esses aspectos na rotina de treinamento dessas mulheres.

CONCLUSÃO

Não houve diferença nas variáveis de desempenho físico durante o teste incremental entre as fases lútea e folicular de mulheres fisicamente ativas. No entanto, um maior volume de fluxo menstrual e a percepção da interferência do ciclo no desempenho físico mostraram uma diminuição no tempo de execução do teste.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência – HCFMRP (FAEPA).

Declaração de contribuição

A concepção e desenho do estudo foi realizado pelos autores Gabriela de Carvalho, Marcelo Papoti, Elaine Caldeira de Oliveira Guirro e Rinaldo Roberto de Jesus Guirro. A preparação do material, a coleta e a análise dos dados foram realizadas por Gabriela de Carvalho, Marcia Caroline Diniz Rodrigues e Yan Figueiredo Foresti. A primeira versão do manuscrito foi escrita por Gabriela de Carvalho e todos os autores comentaram as versões anteriores do manuscrito. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Aprovação ética

Todos os procedimentos realizados em estudos envolvendo participantes humanos estavam de acordo com os padrões éticos do comitê de pesquisa institucional e com a Declaração de Helsinque de 2013 e suas alterações posteriores ou padrões éticos comparáveis. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação com Seres Humanos do Hospital das Clínicas – FMRP/USP (CAAE: 25805219.8.0000.5440).

Consentimento para participar

O consentimento informado foi obtido de todos os participantes individuais incluídos no estudo.

REFERÊNCIAS

Abreu-Sánchez A, Parra-Fernández ML, Onieva-Zafra MD, Ramos-Pichardo JD, Fernández-Martínez E. Type of Dysmenorrhea, Menstrual Characteristics and Symptoms in Nursing Students in Southern Spain. *Healthcare*. 2020;8(3):302

Bae J, Park S, Kwon JW. Factors associated with menstrual cycle irregularity and menopause. *BMC Womens Health*. 2018 6;18(1):36.

Beltz NM, Gibson AL, Janot JM, Kravitz L, Mermier CM, Dalleck LC. Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂ max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *J Sports Med*. 2016;2016:3968393.

Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Stockholm: Human Kinetics, 1998.

Bruinvels G, Burden R, Brown N, Richards T, Pedlar C (2016) The Prevalence and Impact of Heavy Menstrual Bleeding (Menorrhagia) in Elite and Non-Elite Athletes. *PLoS ONE* 11(2): e0149881.

Campbell SE, Febbraio MA. Effect of the ovarian hormones on GLUT4 expression and contraction-stimulated glucose uptake. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002;282(5):E1139-46.

Constantini NW, Dubnov G, Lebrun CM. The menstrual cycle and sport performance. *Clin Sports Med*. 2005;24(2):51–82.

Cowley ES, Olenick AA, McNulty KL, Ross EZ. “Invisible Sportswomen”: The Sex Data Gap in Sport and Exercise Science Research. *Women in Sport and Physical Activity Journal*. 2021; 29:146-151.

Charkoudian N, Johnson JM. Female reproductive hormones and thermoregulatory control of skin blood flow. *Exerc Sport Sci Rev*. 2000;28(3):108-12.

Elliott-Sale KJ, Clare L Minahan, Xanne A K Janse de Jonge, Kathryn E Ackerman, Sarianna Sipilä, Naama W Constantini, Constance M Lebrun, Anthony C Hackney.

Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. *Sports Med.* 2021;51(5):843-861.

Elliott-Sale KJ, McNulty KL, Ansdell P, Goodall S, Hicks KM, Thomas K, Swinton PA, Dolan E. The Effects of Oral Contraceptives on Exercise Performance in Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2020;50(10):1785-1812.

Findlay RJ, Eilidh H R Macrae, Ian Y Whyte, Chris Easton, Laura J Forrest Née Whyte. How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: experiences and perceptions of elite female rugby players. *Br J Sports Med.* 2020;54(18):1108-1113.

Fraser IS, Mansour D, Breyman C, Hoffman C, Mezzacasa A, Petraglia F. Prevalence of heavy menstrual bleeding and experiences of affected women in a European patient survey. *Int J Gynaecol Obstet* 2015; 128: 196–200.

Janse de Jonge XA. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Med.* 2003;33(11):833-51.

Janse de Jonge XA, Thompson MW, Chuter VH, Silk LN, Thom JM. Exercise performance over the menstrual cycle in temperate and hot, humid conditions. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 ;44(11):2190-8.

Janse DE Jonge XAK, Belinda Thompsom, Ahreum Han. Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(12):2610-2617.

Ju H, Jones M, Mishra G . The prevalence and risk factors of dysmenorrhea. *Epidemiol Rev* 2014;36:104.

Julian R, Hecksteden A, Fullagar HH, Meyer T. The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173951.

Karlsson TS, Marions LB, Edlund MG. Heavy menstrual bleeding significantly affects quality of life. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2014; 93: 52–7.

Lamont LS, Lemon PW, Bruot BC. Menstrual cycle and exercise effects on protein catabolism. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(2):106-10.

Lebrun CM. Effect of the different phases of the menstrual cycle and oral contraceptives on athletic performance. *Sports Med.* 1993;16(6):400-30.

Lima-Trostdorf, Moreira, de Oliveira, Grotti, Zago, Macedo. Impact of Physical Activity and Sport on the Symptoms of Menstrual and Premenstrual Periods. *J Women's Health* 2021; 4 (4): 123-135.

Magalhães MF, Dibai-Filho AV, de Oliveira Guirro EC, Girasol CE, de Oliveira AK, Dias FR, Guirro RR. Evolution of Skin Temperature after the Application of Compressive Forces on Tendon, Muscle and Myofascial Trigger Point. *PLoS One.* 2015;10(6):e0129034.

Martin D, Sale C, Cooper SB, et al. Period prevalence and perceived side effects of hormonal contraceptive use and the menstrual cycle in elite athletes. *Int J Sports Physiol Perform* 2018;13:926.

McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrhoeic women: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2020;50(10):1813–27.

Mihm, M.; Gangooly, S.; Muttukrishna, S. The normal menstrual cycle in women. *Anim. Reprod. Sci.* 2011,124, 229–236.

Oosthuysen T, Bosch AN. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Med*. 2010;40(3):207-27.

Pereira H, Rebecca D Larson, Debra A Bembien. Menstrual Cycle Effects on Exercise-Induced Fatigability. *Front Physiol*. 2020;11:517.

Rachel H, Andersen ML, Bittencourt LR, et al. Does the reproductive cycle influence sleep patterns in women with sleep complaints? *Climacteric* 2010; 13(6):594–603.

Rocha-Rodrigues S, Mónica Sousa, Patrícia Lourenço Reis, César Leão, Beatriz Cardoso-Marinho, Marta Massada, José Afonso. Bidirectional Interactions between the Menstrual Cycle, Exercise Training, and Macronutrient Intake in Women: A Review. *Nutrients*. 2021;13(2):438.

Ross RM. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167(10):1451.

Sedlak T, Shufelt C, Iribarren C, Merz CNB. Sex hormones and the QT interval: a review. *J Womens Health (Larchmt)*. 2012;21(9):933-41.

Schaumberg MA, Jenkins DG, Janse de Jonge XAK, Emmerton LM, Skinner TL. Three-step method for menstrual and oral contraceptive cycle verification. *J Sci Med Sport*. 2017 ;20(11):965-969.

Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(1):147-55.

Sedlak T, Shufelt C, Iribarren C, Merz CNB. Sex hormones and the QT interval: a review. *J Womens Health*. 2012;21(9):933–941.

Sheel AW. Sex differences in the physiology of exercise: an integrative perspective. *Exp Physiol*. 2016;101(2):211–2.

Sims ST, Heather AK. Myths and Methodologies: Reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. *Exp Physiol*. 2018;103(10):1309-1317.

Van Reen E, Kiesner J. Individual differences in self reported difficulty sleeping across the menstrual cycle. *Arch Women's Ment Health* 2016;19(4):599–608.

Watson AM. Sleep and Athletic Performance. *Curr Sports Med Rep*. 2017;16(6):413-418.

World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013 Nov 27;310(20):2191-4.

Xianchen L, Hua C, Zhen-Zhen L, Fang F, Cun-Xian J. Early Menarche and Menstrual Problems Are Associated with Sleep Disturbance in a Large Sample of Chinese Adolescent Girls. *Sleep*. 2017; 40(9).

3.2 ESTUDO II

Efeitos do ciclo menstrual no metabolismo energético de mulheres jovens saudáveis em um teste exaustivo.

Autores:

Gabriela de Carvalho Rotoly¹, Marcelo Papoti², Yan Figueiredo Foresti², Elaine Caldeira de Oliveira Guirro¹, Rinaldo Roberto de Jesus Guirro¹.

¹Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional, Departamento de Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Educação Física e Esporte, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

Este estudo será submetido ao International Journal of Sports Medicine, FI 2.99

RESUMO

Objetivo: Avaliar a contribuição energética, por meio de protocolo de máximo déficit de oxigênio acumulado determinado por um único exercício exaustivo alternativo (MAOD_{ALT}) e variáveis de desempenho durante a fase folicular inicial (FF) e fase lútea média (FL) de mulheres de ciclo ovariano endógeno. **Métodos:** Vinte-quatro mulheres fisicamente ativas participaram do estudo (idade 26.23 ± 0.56 anos; massa 64.73 ± 2.04 Kg; estatura 165.09 ± 0.95 cm). As participantes realizaram um teste incremental em esteira ergométrica para determinação da intensidade relacionada ao consumo de oxigênio e um teste supra máximo por meio de MAOD_{ALT}, em dias consecutivos, em cada uma das fases do ciclo (FF e FL). Foram coletados dados de tempo total até exaustão (T_{lim}), variáveis ventilatórias e produção de lactato, bem como a análise para avaliação da contribuição energética durante o teste. Foram realizados os testes correspondentes às amostras dependentes para análise entre momentos, com nível de significância de 5%. **Resultados:** Não foram observadas diferenças significantes na contribuição energética de nenhum dos metabolismos avaliados ($p > 0.05$). Foi possível observar uma diferença apenas no consumo máximo de oxigênio VO_{2MAX} (Diferença média [95% IC] = -1.76 [-2.97, -0.56], $p = 0.006$). Não foi possível observar diferença em outras variáveis ventilatórias, T_{lim} e produção de lactato total. **Conclusão:** As diferentes fases do ciclo menstrual não apresentam influência significativa nas demandas energéticas durante um esforço supra máximo. Porém há um aumento do consumo de oxigênio durante a fase lútea média quando comparada à fase folicular inicial.

Palavras-Chaves: Capacidade anaeróbia, Ciclo menstrual, Desempenho Físico, MAOD, Metabolismo.

INTRODUÇÃO

O ciclo menstrual (CM) de mulheres de ciclo ovariano endógeno – sem utilização de hormônios exógenos – apresenta grandes variações hormonais em um período que dura entre 21-35 dias (Elliot-Sale et al., 2021). O CM é composto por 3 fases principais: Fase folicular (FF), Fase ovulatória (FO) e Fase lútea (FL) (Janse de Jonge, Thompson e Han, 2019), com destaque para a progesterona e o estrogênio como os principais hormônios que apresentam grandes flutuações dentro destas fases (Janse de Jonge, Thompson e Han, 2019; Elliot-Sale et al., 2021).

As flutuações hormonais podem gerar uma série de alterações fisiológicas e sintomatológicas, influenciando diretamente alguns aspectos importantes de vida nas mulheres (Fraser et al., 2015; Findlay et al., 2020, Schaumberg et al., 2017). A influência do CM e de suas flutuações hormonais no desempenho físico de mulheres, vem sendo estudado recentemente. Alguns estudos demonstram que o CM pode alterar aspectos importantes relacionados ao desempenho como a termorregulação, dinâmica vascular, ventilação e metabolismo energético durante o exercício em mulheres de ciclos endógenos (Lebrun 1993, Jense de Jonge et al., 2012, Boisseau e Isacoo, 2022).

Altos níveis de estrogênio circulantes puderam ser relacionados com um aumento da capacidade oxidativa, a qual diminui a dependência de produção de adenosina-trifosfato (ATP) por vias anaeróbicas (Oosthuyse e Bosch, 2010). Também foi possível observar um aumento da glicogênese e maior captação de glicose a nível muscular (Campbell e Febrano, 2002).

Já a progesterona é considerada um hormônio anti-androgênico, e pode antagonizar os efeitos positivos do estrogênio (Campbell e Febrano, 2002). Altos níveis de progesterona circulantes também estão relacionados à uma maior resistência à insulina

(Campbell e Febrano, 2002), maior acúmulo de lactato, e por implicações a um menor componente do metabolismo anaeróbio láctico (McCracken, Ainsworth e Hackney, 1994; Zderic, Coggan e Ruby, 2001).

As influências dos hormônios do CM nas vias metabólicas durante diferentes tipos de exercício são altamente complexos (Oosthuyse e Bosch, 2010). Ainda há uma inconsistência na literatura em relação as reais influências hormonais nos metabolismos energéticos, bem como em relação a diversas variáveis de desempenho (McNulty et al, 2020). Investigar a relação entre parâmetros metabólicos e de desempenho podem aumentar a sensibilidade dos estudos na área (Oosthuyse e Bosch, 2010). Portanto o objetivo do estudo foi avaliar a contribuição energética, por meio de protocolo de máximo déficit de oxigênio acumulado determinado por um único exercício exaustivo (MAODalt) e variáveis de desempenho durante a FF inicial e FL média de mulheres de ciclo ovariano endógeno.

MÉTODOS

População

Vinte-oito mulheres saudáveis e fisicamente ativas foram recrutadas no estudo. Os critérios de inclusão foram: a) não utilizar nenhum hormônio exógeno nos três meses antecedentes ao estudo, b) ter um ciclo regular (21-35 dias), c) ser fisicamente ativa (≥ 150 minutos de exercício por semana), d) não apresentar gravidez, obesidade, distúrbios alimentares, distúrbios hormonais, amenorreia, ovário policístico, endometriose, tumores, lesões musculoesqueléticas e doenças cardiorrespiratórias. Antes do início da pesquisa, as participantes foram esclarecidas quanto aos objetivos, riscos e benefícios do estudo e ao concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Todos os

procedimentos seguiram as recomendações éticas da declaração de 2013 de Helsinki, e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em experimentação com Seres Humanos do Hospital das Clínicas – FMRP/USP, por meio da Plataforma Brasil (CAAE: 25805219.8.0000.5440).

Design do Estudo

Trata-se de um estudo transversal observacional para investigar os efeitos das flutuações hormonais do ciclo menstrual no metabolismo energético e desempenho de mulheres jovens saudáveis de ciclo ovariano endógeno. O desfecho primário do estudo é a capacidade anaeróbia e aeróbia, e os desfechos secundários são o tempo total até exaustão, variáveis ventilatórias e lactato sanguíneo. Toda a metodologia do estudo seguiu o *Guideline* estabelecido pelo *The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE)*.

As participantes realizaram quatro dias de avaliações divididas em duas fases do ciclo menstrual. Dois dias seguidos durante a FF, e dois dias seguidos durante a FL. O ciclo de cada participante foi acompanhado por meio do aplicativo para Smartphone - a escolha pessoal de cada participante – pelos 3 meses antecedentes à coleta de dados. A FF foi definida como os 5 primeiros dias a partir da menstruação de cada participante. No primeiro dia de avaliação (FF), as participantes receberam um kit com termômetros digitais e fitas reativas de hormônio luteinizante (LH) (Famivita®, Santo Amaro, Brasil), e após o primeiro ciclo de avaliações foram instruídas a medirem a temperatura basal e realizarem os testes com as fitas de LH. Assim, com a curva de temperatura e a confirmação de LH presente na urina, foi determinada a fase ovulatória, e posteriormente, em conjunto com a análise do ciclo individual das participantes foi determinada a FL (Elliot-Sale et al., 2020, Sims e Heather et al., 2018).

No primeiro dia da FF foram coletados dados pessoais e antropométricos, e as participantes realizaram um teste incremental e análise de gases, para que pudesse ser determinado a intensidade relacionada ao consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}). No dia seguinte, ainda na FF as participantes realizaram um teste supramáximo, também com análise de gases e coleta de sangue para análise de lactato sanguíneo. Os mesmos procedimentos se repetiram em mesma ordem durante a FL de cada participante.

As participantes foram instruídas a evitarem exercícios físicos 48 horas antes das avaliações, e manter o mesmo nível de atividade física e ingestão alimentar durante todo o processo de coleta do estudo.

Teste Incremental

O teste foi realizado em esteira ergométrica (TRG Fitness, Blumenau, Santa Catarina, Brazil) até exaustão voluntária. O teste se iniciou com um aquecimento de 5 minutos em intensidade de 7 km/h. Após 2 minutos de descanso, o teste iniciava à 8 km/h, com 1% de inclinação fixa, e com incremento de 1 km/h a cada 2 minutos. Durante o teste as variáveis ventilatórias foram medidas por um analisador de gases (Quark, modelo CPET, COSMED, Itália). A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada durante cada estágio do teste por meio da escala modificada de BORG de 0 a 10 pontos (Borg, 1998; Scherr et al., 2013). Para que o teste fosse considerado máximo a relação de troca respiratória deveria ser maior que 1,10, e/ ou a PSE maior ou igual a 9 pontos.

Máximo déficit de oxigênio acumulado determinado por um único exercício exaustivo ($MAOD_{ALT}$)

O protocolo $MAOD_{ALT}$ foi realizado seguindo modelo descrito por Bertuzzi et al., (2010). Antes de iniciar o protocolo, as participantes permaneceram sentadas por 5 minutos para captação das variáveis ventilatórias em repouso, e coleta de 25 μ l de sangue

do lóbulo da orelha para determinação da concentração de lactato em repouso ([La]REST). Após esse período, as participantes realizaram um aquecimento de 7 minutos à 70% do iVO_{2MAX} , após o aquecimento foi realizado um esforço supramáximo a 110% do iVO_{2MAX} até exaustão (T_{lim}). Ao término do esforço, permaneceram sentadas por 7 minutos para determinação do Consumo Excessivo de Oxigênio Pós-exercício (EPOC). Durante esse período também foram coletados 25 μ l de amostras de sangue do lóbulo da orelha em 3,5 e 7 minutos para determinação dos maiores valores de [La] (Figura 1). O maior valor de lactato foi determinado como pico de lactato [La]_{PEAK}. Durante e após o teste, o VO_2 , produção de CO_2 (VCO_2), ventilação pulmonar (VE), e saturação de oxigênio (SpO_2) foram medidas respiração a respiração.

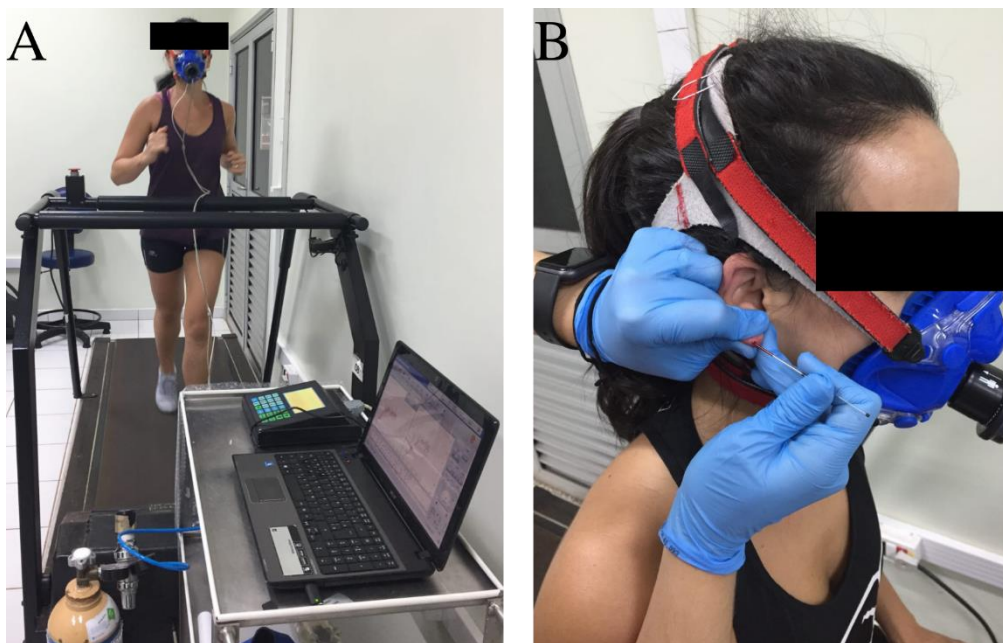


Figura 1. A - Participante durante protocolo $MAOD_{ALT}$; B- Repouso após $MAOD_{ALT}$ para coleta de EPOC e amostras sanguíneas para posterior análise de lactato.

Para determinação da capacidade anaeróbia, foram calculados a soma do oxigênio equivalente do metabolismo de fosfagênio (E_{PCR}) e do metabolismo glicolítico/lático ($E[La]$), como descrito por Foresti et al., (2022).

O valor de $MAOD_{ALT}$ foi considerado como valor de capacidade anaeróbia (CA), sendo calculado como a soma dos equivalentes de oxigênio provenientes do metabolismo dos fosfagênios (E_{PCR}) e do metabolismo da glicólise ($E[La]$). A área da fase rápida do Consumo Excessivo de Oxigênio Pós-Exercício ($EPOC_{FAST}$) foi considerada como valor referente a E_{PCR} , sendo determinada pela multiplicação da amplitude ($A1$) pela constante de tempo do componente rápido do $EPOC$ ($t1$), determinada por meio de um modelo bi-exponencial utilizando o software OriginPro (versão 8.5, OriginLab Corporation, Microcal, Massachusetts, USA) (Margaria, Edwards et al. 1933). Enquanto que o $E[La]$ foi determinado pela equação 1 (di Prampero e Ferretti 1999):

Equação 1

$$E[La](l) = (([\Delta La]) * 3 * BW) / 1000 \quad ELa(l) = [\Delta La] * 3 * BW / 1000$$

Onde: $[\Delta La]$ representa a $[La]_{PEAK}$ menos a $[La]_{REP}$, BW representa o peso total do avaliado.

O valor de $MAOD$ absoluto expresso em litros, foi relativizado pelo peso total do avaliado. A contribuição do sistema aeróbio (E_{AER}) foi determinada pela integral da área do consumo de oxigênio durante o esforço supramáximo, utilizando do método trapezoidal (Andersson and McGawley, 2018). O gasto de energia total (GEt) foi considerado como a somatória dos três sistemas.

Análises sanguíneas

As amostras sanguíneas foram coletadas no momento basal, 3, 5 e 7 minutos após o esforço supramáximo. Foram coletados 25 μ l de sangue arterializado do lóbulo da orelha, e armazenados em tubo de polietileno tipo ependorff (1,5 mL) contendo 50 μ l de fluoreto de sódio (NaF) a 1%, para determinar a concentração de lactato sanguíneo (Buccheit et al., 2012). Posteriormente, foram analisadas em lactímetro (Yellow Springs Instruments 2300, Ohio, USA). Os valores de lactato foram expressos em mmol/L.

Análise de gases

As variáveis ventilatórias foram monitoradas por meio de um analisador de gases Quark (modelo CPET, COSMED, Roma, Itália). A cada respiração, foram coletadas as variáveis de interesse correspondentes, e essas, foram expressas por meio da média dos últimos 30s. O VO_{2MAX} foi assumido como a média dos valores dos últimos 30 segundos do teste incremental.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados foi realizada por meio de software SPSS for Windows version 20 (SPSS, Inc., Chicago, IL). Todos os ajustes matemáticos e integrais realizados para determinar as contribuições de energia foram realizadas utilizando o software OriginPro (versão 8.5, OriginLab Corporation, Microcal, Massachusetts, EUA). A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para análise de comparação entre os momentos, foi utilizado o teste t não pareado para dados paramétricos, e para os dados não paramétricos foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras dependentes. As variáveis foram expressas como média, desvio padrão, diferença entre as médias, e intervalo de confiança de 95% (95% C.I.), com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Ao todo 24 mulheres jovens saudáveis participaram do estudo. Durante o processo de coletas, 4 mulheres foram excluídas: 2 por abandono e 1 por lesão musculoesquelética, e 1 por não conseguir completar os testes nos parâmetros estabelecidos. Os dados antropométricos, como idade, massa e estatura estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Valores de Média, Desvio Padrão (DP), Intervalo de confiança (95%) das características da amostra, e dos dados do teste incremental.

Variáveis	Média±DP	95%IC
Característica da amostra		
Idade (anos)	26.23 ± 0.56	[25.09, 27.36]
Massa (Kg)	64.73 ± 2.04	[60.61, 68.85]
Estatura (cm)	165.09 ± 0.95	[163.16, 167.01]

Os dados referentes ao teste incremental e as variáveis fisiológicas coletadas durante o teste, estão presentes na tabela 2. Foi possível observar uma diferença estatística somente para as variáveis de VO_{2MAX} ($p=0.002$; IC95% -0.20 a -0.50) e ($p=0.006$; IC95% -2.97 a -0.56) respectivamente, onde durante a FL as participantes tiveram um consumo maior de oxigênio durante o teste incremental. Não houve diferença significativa para as outras variáveis.

Tabela 2. Valores de Média, Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, seguido do intervalo de confiança (95%) das variáveis do teste incremental nas fases folicular (FF) e lútea (FL) do ciclo menstrual.

Variáveis	FF	FL	Dif. Média [95%IC]	p
	Média±DP	Média±DP		
TTE (s)	595.62 ± 95.79	578.69 ± 155.80	28.83 [-20.78, 74.44]	0.62
i VO_{2MAX} (km/hr)	9.53 ± 0.86	9.55 ± 0.91	-0.02 [-0.26, 0.22]	0.85
VO_{2MAX} (L.min)	2.13 ± 0.31	2.26 ± 0.37	-0.12 [-0.20, -0.50]	0.002*
VO_{2MAX} (ml.kg.min ⁻¹)	33.84 ± 5.38	35.60 ± 5.21	-1.76 [-2.97, -0.56]	0.006*
VCO ₂ PICO	2.39 ± 0.33	2.34 ± 0.43	0.04 [-0.26, 0.34]	0.78
FR (rpm)	48.39 ± 7.81	49.80 ± 6.19	-1.41 [-2.93, 0.11]	0.06
VE _{MAX} (L.min)	81.68 ± 14.66	85.73 ± 17.13	-4.05 [-8.00, -0.90]	0.04

TTE – Tempo total até exaustão; iVO_{2MAX} – intensidade relacionada ao consumo máximo de oxigênio; VO_{2MAX} – consumo máximo de oxigênio; FR – frequência respiratória; VE_{MAX} – máxima ventilação pulmonar ao final do teste; * $p < 0.05$.

A capacidade anaeróbia medida pelo $MAOD_{ALT}$ não demonstrou diferença estatística entre os momentos do ciclo menstrual avaliados, bem como as contribuições aeróbias e anaeróbias, desempenho durante o teste (T_{lim}), a produção de lactato [ΔLa] e o gasto energético total (GET). Os dados referentes ao $MAOD_{ALT}$ estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Valores de Média, Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, seguido do intervalo de confiança (95%) das variáveis do $MAOD_{ALT}$ nas fases folicular (FF) e lútea (FL) do ciclo menstrual.

Variáveis	Tlim (FF)	Tlim (FL)	Dif. Média [95%IC]	p
	Média±DP	Média±DP		
Tlim (s)	155.36 ± 51.14	146.36 ± 41.89	9.00 [-8.89, 26.89]	0.30
E_{AER} (L)	3.90 ± 1.60	3.94 ± 1.49	-0.03 [-0.47, 0.40]	0.66
$MAOD_{alt}$	2.66 ± 0.73	2.52 ± 0.73	0.11 [-0.11, 0.34]	0.31
E_{PCR} (L)	1.02 ± 0.28	1.08 ± 0.28	-0.05 [-0.18, 0.07]	0.21
$E[La]$ (L)	1.61 ± 0.66	1.44 ± 0.48	0.16 [-0.03, 0.36]	0.18
E_{AER} (%)	58.39 ± 7.52	60.02 ± 7.14	-1.62 [1.08, -3.85]	0.14
$MAOD_{alt}$ (%)	41.60 ± 7.52	39.97 ± 7.14	1.62 [-0.61, 3.85]	0.14
E_{PCR} (%)	16.69 ± 4.96	17.60 ± 4.95	-0.91 [-2.80, 0.97]	0.32
$E[La]$ (%)	24.91 ± 6.79	22.37 ± 5.88	2.53 [0.06, 5.01]	0.45
$[\Delta La]$ (mmol.L-1)	8.55 ± 3.57	7.75 ± 3.17	0.80 [-0.25, 1.86]	0.26
GET (Kcal)	6.54 ± 2.10	6.46 ± 2.02	0.07 [-0.53, 0.69]	0.79

T_{lim} – Tempo limite de teste até exaustão; E_{AER} – contribuição energética de metabolismo aeróbio; E_{PCR} – contribuição do metabolismo energético anaeróbio alático; $E[La]$ – contribuição do metabolismo energético anaeróbio láctico; $MAOD_{ALT}$ – Capacidade anaeróbia; $[\Delta La]$ – Diferença entre o pico de lactato e o lactato de repouso; GET – gasto energético total.

DISCUSSÃO

O principal objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do ciclo menstrual no metabolismo energético por meio do MAOD_{ALT} e em variáveis de desempenho físico de mulheres jovens saudáveis. Os principais achados do estudo demonstram que durante a FL houve maiores níveis de VO_{2MAX}, porém isso não se refletiu nas demais variáveis, demonstrando que não houve diferença nos metabolismos energéticos utilizados durante o MAOD_{ALT} entre as diferentes fases do ciclo menstrual.

Do que é de nosso conhecimento, apesar de muito estudos investigarem os efeitos das flutuações hormonais do ciclo menstrual em diversas demandas e utilização de substratos energéticos (Boisseau e Isacco, 2021), esse é o primeiro estudo que avaliou e quantificou a capacidade anaeróbia, e a contribuição de cada metabolismo energético durante um único teste supramáximo.

Estudos prévios demonstraram uma inconsistência em relação aos resultados obtidos na observação da influência do CM em diversas esferas do desempenho humano (McNulty et al., 2020; Elliot-Sale et al., 2021). Estudos anteriores, como o de Hackney, (1990) observaram que no estado de repouso, o nível de glicogênio muscular é maior durante a FL, do que quando comparada à FF, sugerindo assim uma reserva energética de glicogênio durante essa fase. Porém estudos mais recentes não puderam observar diferença entre os substratos energéticos durante o repouso entre a FF e FL (Boisseau e Isacco, 2021). Alguns estudos sugerem que o nível de estrogênio circulante, gera uma tendência ao armazenamento e preservação do glicogênio muscular também durante o exercício (Devries et al., 2006, Oosthuyse e Bosch et al., 2010). Em contrapartida, os achados do presente estudo não demonstram essa diferença na forma prática da utilização desse substrato, onde não foi possível observar nenhuma diferença em relação ao E_{AER},

E_{PCR} e $E[La]$, mostrando que durante um exercício intenso, o acúmulo de glicogênio dependente dos níveis de estrogênio, pode não ser tão representativo.

Embora não houve diferença nas variáveis dos metabolismos energéticos, foi possível observar um aumento de VO_{2MAX} durante a FL. Apesar desse aumento significativo, o mesmo não refletiu em outras variáveis de medições diretas de desempenho, como o tempo total até exaustão, onde não houve diferença entre as fases do ciclo. Evidências similares foram achadas no estudo de Bandyopadhyay e Dalui, (2012), onde foi possível observar uma diferença nos valores de VO_{2MAX} entre FF e FL, sendo os valores eram maiores durante a FL em mulheres fisicamente ativas. Porém outros estudos não puderam observar os mesmos ganhos em algumas variáveis ventilatórias, sugerindo que as alterações hormonais presentes no ciclo, representam um impacto pequeno, dependendo do tipo de exercício (Barba-Moreno et al., 2019, Rael et al., 2021).

As inconsistências dos resultados presentes na literatura envolvendo a influência do ciclo menstrual no desempenho podem estar relacionados a multifatores. Apesar das flutuações hormonais ocorrerem em todas as mulheres eumenorreicas, a magnitude dessas flutuações pode ser diferente entre cada mulher, e também entre cada ciclo, uma vez que se sabe que tais flutuações hormonais são as responsáveis em sua maior parte pelas alterações metabólicas e fisiológicas durante o exercício, a magnitude das flutuações deve ser levada em consideração (Boisseau e Isacco, 2021). Um dos fatores limitantes do presente estudo é justamente a falta de quantificação de cada hormônio feminino, apesar de a metodologia utilizada ser aceita e recomendada por diversos estudos para identificação das fases do ciclo menstrual (Sims e Heather., 2018, Elliot-Sale et al., 2021).

Além do exposto, o estado nutricional das mulheres pode influenciar na interação entre os hormônios ovarianos, intensidade do exercício e demanda energética (Oostheysse e Bosch, 2010). Durante o estudo as participantes receberam recomendação para que mantivessem a alimentação mais próxima possível durante todo o período de coletas. Pode-se dizer que esse não foi um fator determinante para os resultados obtidos, uma vez que não foi possível observar uma diferença na iVO_{2MAX} entre FF e FL. Além de que o MAOD e MAOD_{ALT} são consideradas ótimas ferramentas para mensurar as demandas energéticas (MedBo et al., 1988, Noordhof, De Koning e Foster, 2010, Bertuzzi et al., 2010).

Mais estudos com precisões metodológicas, diferentes tipos de testes e aptidões físicas são necessários para avaliar a magnitude dos efeitos das flutuações hormonais no desempenho e metabolismo energético de mulheres eumenorreicas.

CONCLUSÃO

As diferentes fases do ciclo menstrual não apresentam influência significativa nas demandas energéticas durante um esforço supramáximo. Porém há um aumento do consumo de oxigênio durante a fase lútea média quando comparada à fase folicular inicial.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência – HCFMRP (FAEPA).

Aprovação ética

Todos os procedimentos realizados em estudos envolvendo participantes humanos estavam de acordo com os padrões éticos do comitê de pesquisa institucional e com a Declaração de Helsinque de 2013 e suas alterações posteriores ou padrões éticos comparáveis. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação com Seres Humanos do Hospital das Clínicas – FMRP/USP (CAAE: 25805219.8.0000.5440).

REFERÊNCIAS

- Andersson EP, McGawley K. A Comparison between Different Methods of Estimating Anaerobic Energy Production. *Front Physiol.* 2018 8;9:82.
- Bandyopadhyay A, Dalui R. Endurance capacity and cardiorespiratory responses in sedentary females during different phases of menstrual cycle. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ).* 2012;10(40):25-9.
- Barba-Moreno L, Cupeiro R, Romero-Parra N, Janse de Jonge XA, Peinado AB. Cardiorespiratory Responses to Endurance Exercise Over the Menstrual Cycle and With Oral Contraceptive Use. *J Strength Cond Res.* 2022;36(2):392-399.
- Bertuzzi R, Franchini E, Ugrinowitsch C et al. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. *Int J Sports Med* 2010; 31: 477-481.
- Boisseau N, Isacco L. Substrate metabolism during exercise: Sexual dimorphism and women's specificities. *Eur J Sport Sci.* 2022;22(5):672-683.
- Boisseau N, Isacco L. Substrate metabolism during exercise: Sexual dimorphism and women's specificities. *Eur J Sport Sci.* 2022;22(5):672-683.
- Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Stockholm: Human Kinetics, 1998.
- Buchheit M, Abbiss CR, Peiffer JJ, Laursen PB. Performance and physiological responses during a sprint interval training session: Relationships with muscle oxygenation and pulmonary oxygen uptake kinetics. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(2):767–79.
- Campbell SE, Febbraio MA. Effect of the ovarian hormones on GLUT4 expression and contraction-stimulated glucose uptake. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002;282(5):E1139-46.
- Devries M, Hamadeh MJ, Phillips SM, Tarnopolsky MA. Menstrual cycle phase and sex influence muscle glycogen utilization and glucose turnover during moderate-intensity endurance exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2006;291(4):R1120-8.

di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respir Physiol* 1999; 118: 103-115.

Elliott-Sale KJ, Clare L Minahan, Xanne A K Janse de Jonge, Kathryn E Ackerman, Sarianna Sipilä, Naama W Constantini, Constance M Lebrun, Anthony C Hackney. Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. *Sports Med.* 2021;51(5):843-861.

Findlay RJ, Eilidh H R Macrae, Ian Y Whyte, Chris Easton, Laura J Forrest Née Whyte. How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: experiences and perceptions of elite female rugby players. *Br J Sports Med.* 2020;54(18):1108-1113.

Foresti YF, Higino WP, de Carvalho CD, Esequiel GH, Costa GP, Bertuzzi R, Papoti M. Can hypoxic alter the anaerobic capacity measured by a single exhaustive exercise? *Int J Sports Med.* 2022; Online ahead of print.

Fraser IS, Mansour D, Breymann C, Hoffman C, Mezzacasa A, Petraglia F. Prevalence of heavy menstrual bleeding and experiences of affected women in a European patient survey. *Int J Gynaecol Obstet* 2015; 128: 196–200.

Hackney AC. Effects of the menstrual cycle on resting muscle glycogen content. *Horm Metab Res.* 1990;22(12):647.

Janse de Jonge XA, Thompson MW, Chuter VH, Silk LN, Thom JM. Exercise performance over the menstrual cycle in temperate and hot, humid conditions. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 ;44(11):2190-8.

Janse DE Jonge XAK, Belinda Thompsom, Ahreum Han. Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(12):2610-2617.

Lebrun CM. Effect of the different phases of the menstrual cycle and oral contraceptives on athletic performance. *Sports Med.* 1993;16(6):400-30.

Margaria R, Edwards H, Dill et al. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *Amer J Physiol Leg Cont* 1933; 106: 689-715.

McCracken M, Ainsworth B, Hackney AC. Effects of the menstrual cycle phase on the blood lactate response to exercise. *Eur J Appl Physiol* 1994; 69: 174-5.

McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrhic women: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2020;50(10):1813–27.

Medbo JJ, Mohn AC, Tabata I et al. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J of Appl Physiol* 1988; 64: 50-60.

Noordhof DA, De Koning JJ, Foster C. The maximal accumulated oxygen deficit method. *Sports Med* 2010; 40: 285-302.

Oosthuysen T, Bosch AN. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Med*. 2010;40(3):207-27.

Rael B, Alfaro-Magallanes VM, Romero-Parra N, Castro EA, et al. Menstrual Cycle Phases Influence on Cardiorespiratory Response to Exercise in Endurance-Trained Females. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(3):860.

Schaumberg MA, Jenkins DG, Janse de Jonge XAK, Emmerton LM, Skinner TL. Three-step method for menstrual and oral contraceptive cycle verification. *J Sci Med Sport*. 2017 ;20(11):965-969.

Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(1):147-55.

Sims ST, Heather AK. Myths and Methodologies: Reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. *Exp Physiol*. 2018;103(10):1309-1317.

Zderic TW, Coggan AR, Ruby BC. Glucose kinetics and substrate oxidation during exercise in the follicular and luteal phases. *J Appl Physiol* 2001; 90: 447-53.

3.3 ESTUDO III

Influência da terapia por fotobiomodulação no desempenho físico de mulheres durante a fase folicular do ciclo menstrual: Ensaio clínico randomizado placebo-controlado duplo cego.

Autores:

Gabriela de Carvalho Rotoly¹, Marcelo Papoti², Yan Figueiredo Foresti², Elaine Caldeira de Oliveira Guirro¹, Rinaldo Roberto de Jesus Guirro¹.

¹Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional, Departamento de Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Educação Física e Esporte, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

Este estudo foi submetido para a revista Lasers in Medical Science, FI 2.55.

RESUMO

Objetivo: Avaliar os efeitos da fotobiomodulação no desempenho físico de mulheres saudáveis em idade reprodutiva, considerando a fase folicular do ciclo menstrual.

Métodos: 27 mulheres saudáveis fisicamente ativas (idade $25,68 \pm 3,99$ anos; massa $63,76 \pm 12,77$ Kg; altura $1,65 \pm 0,59$ cm; menarca $11,68 \pm 1,24$ anos; dias de sangramento $5,04 \pm 1,05$ dias), durante a fase folicular inicial (FF1 e FF2) de dois ciclos menstruais consecutivos realizaram avaliações de desempenho, por meio de um teste supramáximo, percepção subjetiva de esforço, lactato sanguíneo e avaliações no dinamômetro isocinético. Terapia de fotobiomodulação (FBM) (200J) e Sham (0J) foram aplicadas 10 minutos antes das avaliações de desempenho nos músculos do quadríceps femoral, posteriores de coxa e tríceps sural. Foi adotado um nível de significância de 5% e o tamanho de efeito foi calculado pelo Cohen's d. **Resultados:** Não foi possível observar diferença significativa ($p > 0,05$) em nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas na comparação entre os grupos. Apenas pequenos tamanhos de efeito para algumas variáveis do grupo FBM **Conclusão:** A FBM não apresentou melhora nas variáveis de desempenho muscular, resistência à fadiga, percepção subjetiva de esforço, e concentrações sanguíneas de lactato, em mulheres saudáveis durante a FF do ciclo menstrual.

Palavras-Chave: Diodo Emissor de Luz, Mulheres, Ciclo Menstrual, Performance, Fadiga.

INTRODUÇÃO

A fotobiomodulação (FBM) é um recurso de crescente utilização dentro do meio esportivo. Estudos na última década demonstram que a FBM por ser utilizada em duas principais estratégias, sendo elas o aumento de performance e a recuperação pós-exercício (Ferraresi, Huang e Hamblin, 2016; Vanin et al., 2018). Quando utilizada como um recurso ergogênico, a FBM é capaz de melhorar o desempenho muscular, por meio de aumento de força, pico de torque, contração voluntária máxima (CVM), contração voluntária isométrica máxima (CVIM) (De Paiva et al., 2016; Vanin et al., 2016; De Marchi et al., 2017), aumento da resistência à fadiga, por meio de aumento de tempo total até a exaustão e distância percorrida (Tomazzoni et al., 2019), aumento da capacidade aeróbica (Dellagrana et al., 2020) e prevenção ao dano muscular, com diminuição da produção de metabólitos após exercício, como lactato, creatina kinase e proteína C-reativa (Leal Junior et al., 2010; Tomazzoni et al., 2019).

Tais efeitos fisiológicos podem ser observados, pois a FBM é capaz de alterar o metabolismo mitocondrial (Ferraresi et al., 2015). A partir da aplicação da FBM em contato direto com o tecido biológico, há absorção dos fótons pelo citocromo c-oxidase, gerando uma cascata de efeitos bioquímicos capazes de aumentar a atividade mitocondrial, e como consequência há uma maior síntese de adenosina-trifosfato (ATP) (Hamblin, 2018).

Muitos estudos atuais visam entender melhor as doses-respostas da terapia por fotobiomodulação e os melhores momentos de aplicação (Vanin et al., 2018, De Carvalho et al., 2020). Apesar da grande quantidade de ensaios clínicos envolvendo a FBM e melhora de desempenho esportivo, ainda há uma limitação em relação às populações estudadas dentro desse contexto. A grande maioria dos estudos tem em sua amostra indivíduos do sexo masculino saudáveis ou atletas profissionais. Poucos são os estudos que incluíram mulheres

na amostra, e se o fizeram, não relataram o controle do ciclo menstrual, fator importante para eliminar possíveis vieses do estudo (Sims et al., 2018).

Diferente do que pode ser observado nos estudos já citados, os resultados da aplicação da FBM para melhora de desempenho em mulheres, demonstra resultados conflitantes. A fotobiomodulação quando aplicada em mulheres idosas pós-menopausa, foi capaz de diminuir o índice de fadiga eletromiográfica, percepção subjetiva de esforço, concentração de lactato (Vassao et al., 2016) e melhorar o desempenho muscular (Toma et al., 2013; Toma et al., 2016). Porém diante do mesmo cenário, outros estudos não observaram efeitos benéficos da FBM no desempenho muscular, capacidade funcional, qualidade de vida e biomarcadores inflamatórios (Vassao et al., 2016; Tucci et al., 2018; Almeida et al., 2019).

Em mulheres jovens saudáveis também há divergências em relação aos achados do estudo quanto à efetividade da FBM como recurso ergogênico. A fotobiomodulação demonstrou uma diminuição no índice da fadiga muscular, percepção subjetiva de esforço (Vieira et al., 2012), além de melhorar o desempenho muscular (Toma et al., 2018). Porém estudos mais recentes não observaram efeitos benéficos da fotobiomodulação quanto ao desempenho muscular, percepção subjetiva de esforço e na dor muscular de início tardio em mulheres jovens saudáveis (Azuma et al., 2021). Do mesmo modo, os resultados de mulheres atletas profissionais não indicaram melhora na capacidade funcional, percepção subjetiva de esforço, níveis sanguíneos de lactato, frequência cardíaca e oxigenação muscular (Santos et al., 2020).

É possível observar uma escassez de estudos em relação aos benefícios da fotobiomodulação em uma população de mulheres jovens saudáveis, fazendo com que estudos que possam avaliar esses efeitos sejam necessários. Destaca-se ainda, que não devemos extrapolar os achados de uma população específica para outra, principalmente em

relação ao sexo, pois há implicações fisiológicas importantes e que podem influenciar nos resultados finais (Sheel, 2016; Sims et al., 2018). Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da fotobiomodulação no desempenho físico de mulheres saudáveis e em idade reprodutiva, considerando a fase folicular do ciclo menstrual.

MÉTODOS

Desenho do estudo

Trata-se de um ensaio clínico randomizado placebo-controlado duplo cego. Foi realizado um acompanhamento do ciclo menstrual das participantes durante os 3 meses antecedentes à coleta de dados, no aplicativo para Smartphone, como linha de base do ciclo menstrual. As participantes foram avaliadas apenas durante a fase folicular inicial (FF) do ciclo menstrual, representada pelo intervalo do 2º ao 5º dia do ciclo a partir do primeiro dia de menstruação. Essa fase foi escolhida por apresentar uma baixa taxa hormonal de progesterona e estrogênio (Sims et al., 2018).

As participantes foram avaliadas em dois ciclos consecutivos, sendo que no primeiro ciclo (FF1) foram coletados dados pessoais e realizado um teste incremental para determinação dos limiares metabólicos de cada participante, e no segundo dia consecutivo, foi realizado uma familiarização com os todas as avaliações e testes que seriam realizados. No ciclo menstrual seguinte, também durante a fase folicular inicial (FF2) antes da realização das avaliações, foi aplicada a fotobiomodulação correspondente à randomização e alocação das participantes, onde foram aplicadas a terapia sham ou ativa nos músculos quadríceps femoral, isquiotibiais e tríceps sural bilateralmente. Após 10 minutos da aplicação, foram realizadas as respectivas avaliações da performance na mesma ordem que foram realizadas na familiarização em FF1 (Figura 1).

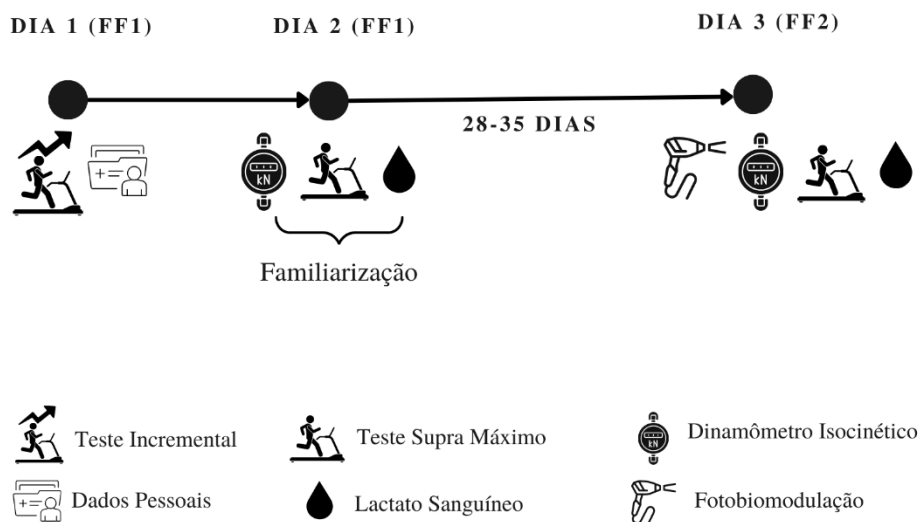


Figura 1. Representação cronológica das avaliações e intervenções realizadas.

A randomização e alocação das participantes foi realizada por um pesquisador que não teve acesso às avaliações e coleta de dados. Para isso, foi gerada uma tabela no software Excel com números aleatórios, que foram colocados em envelopes opacos e lacrados, abertos somente na presença da participante. As participantes foram divididas em dois grupos: Grupo fotobiomodulação (G-FBM) – (13 LEDs de 630 nm, 300 mW + 13 LEDs de 850 nm, 500 mW, 200J) e Grupo Sham (G-S) - (13 LEDs de 630 nm, 300 mW + 13 LEDs de 850 nm, 500 mW, 0J) (Figura2).

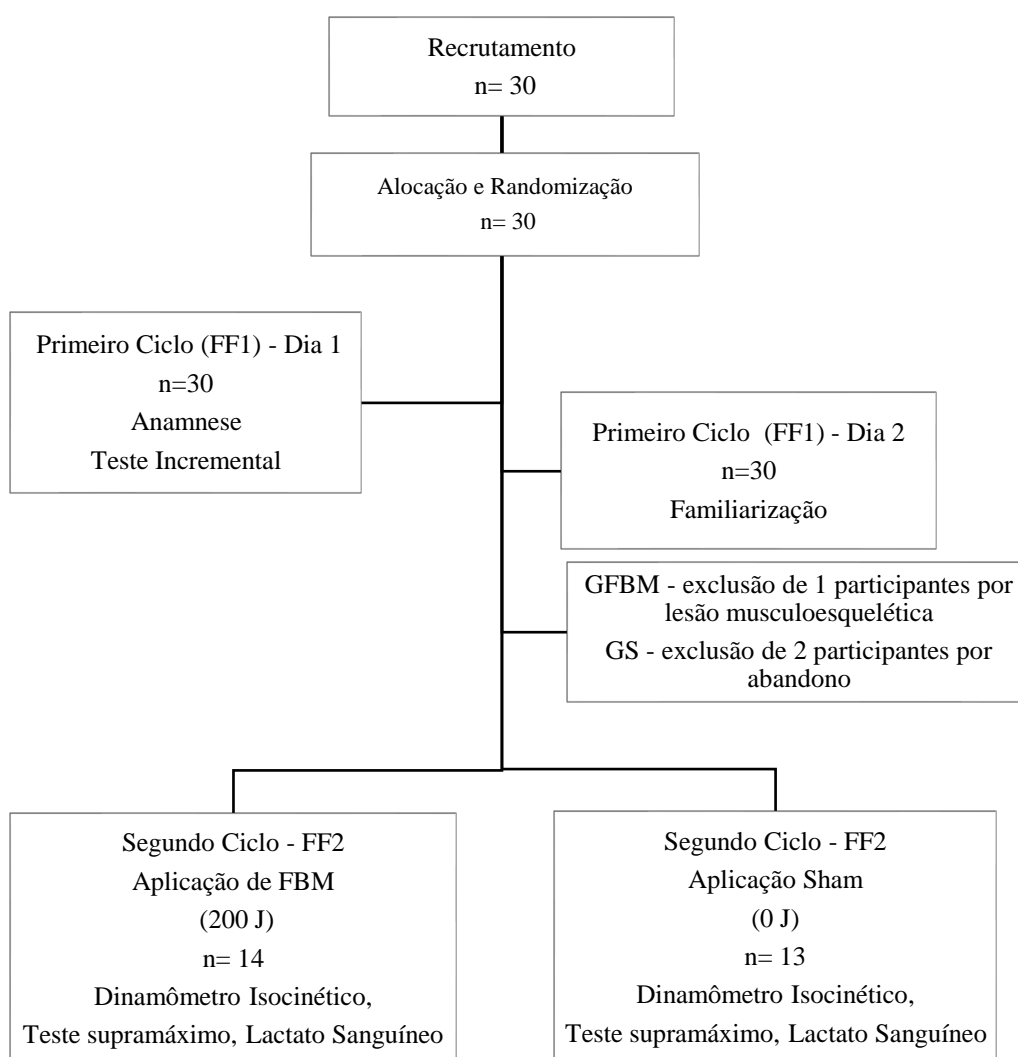


Figura 2. Fluxograma do estudo.

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética institucional (CAAE: 25805219.8.0000.5440), e está registrado como ensaio clínico no *ClinicalTrials.gov* (NCT04281446). As participantes foram devidamente esclarecidas a respeito do projeto de pesquisa, seus objetivos e características, e após concordarem assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo seguiu todas as normas estabelecidas pelo *Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT)*.

População

O estudo foi desenhado para detectar uma diferença no desempenho físico de mulheres em idade reprodutiva, tendo como desfecho principal a distância percorrida durante um teste incremental em esteira ergométrica. O cálculo amostral foi realizado no software Ene®, versão 3.0 (Barcelona – Espanha), com base no estudo de Miranda et al. (2016), onde foi considerado a média do grupo de referência de 1,84 km, média do grupo experimento de 1,96 km, diferença de desvio padrão de 0,10, poder de teste de 80% e um alfa de 0,05. Deste modo, foi determinado um mínimo de 12 mulheres por grupo. Considerando uma perda amostral de 20%, foram recrutadas 15 mulheres por grupo.

Todas as participantes eram do sexo feminino, com idade entre 18 a 35 anos, saudáveis e fisicamente ativas (≥ 150 minutos/ semana) (Schaumberg et al., 2017). Foram recrutadas apenas mulheres de ciclo ovariano endógeno. Caso fosse reportado: obesidade (IMC entre 30,0 a 34,9 Kg/m²); distúrbios alimentares; distúrbios hormonais; amenorreia; gravidez; ovário policístico; endometriose; tumores; lesão musculoesquelética nos últimos 6 meses e, doença cardiorrespiratória, a participante não era incluída no estudo.

Dinamômetro Isocinético

A avaliação quantitativa do desempenho muscular foi executada por meio do dinamômetro isocinético Biodex System 4 Pro (Biodex Medical Systems®, Nova Iorque, EUA) com o objetivo de avaliar a função muscular nas seguintes variáveis: pico de torque (N/m), potência média (W), índice de fadiga (%) e relação agonista/antagonista (%) do músculo quadríceps femoral. As participantes foram posicionadas na cadeira do dinamômetro e estabilizadas por cintos que fixaram o tronco, pelve e terço distal da coxa. A angulação do encosto foi de 80° e o eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi

alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur, sendo a plataforma de resistência fixada 5cm acima do maléolo lateral do tornozelo.

Inicialmente foram realizadas dez contrações isocinéticas a 60°/s para aquecimento. Em seguida, as participantes realizaram 5 contrações isocinéticas máximas concêntricas a uma velocidade angular de 60°/s, com amplitude de movimento total de 90°. A amplitude de extensão completa foi limitada para evitar o efeito de insuficiência passiva dos isquiotibiais. Para corrigir a influência da gravidade sobre os dados de torque gerados, o membro foi pesado antes de cada teste, de acordo com as instruções do manual do dinamômetro e, assim, os resultados do teste foram corrigidos automaticamente pelo software de aquisição de dados. Os testes foram realizados com estímulo verbal, a fim de motivar o esforço máximo das participantes durante a realização dos testes.

Teste de esforço máximo e supra máximo

Na primeira sessão (FF1) foi realizado um teste incremental para determinação dos limiares metabólicos e intensidade relacionada ao $VO_{2MÁX}$ ($iVO_{2MÁX}$), para posterior aplicação do teste supra máximo. O teste incremental foi realizado em uma esteira ergométrica profissional Progress-T5 (TRG Fitness, Blumenau, Santa Catarina, Brasil) até a exaustão volitiva (coeficiente respiratório ≥ 1.1), como recomendado pela ATS/ERS CEPT (Ross, 2003). As participantes realizaram um aquecimento à 7 km/h por 5 minutos, após esse tempo o teste incremental se iniciou à 8 km/h, com 1% de inclinação fixa, com um incremento de 1 km/h a cada 2 minutos. As participantes foram orientadas a acionar a parada da esteira quando chegassem ao seu esforço máximo, para que o teste fosse interrompido (Beltz et al., 2016).

No segundo dia da FF1 (familiarização) e na FF2 (avaliação após intervenção), as participantes realizaram um teste supra máximo. O teste iniciava com 7 minutos de

aquecimento em intensidade submáxima de 70% da iVO_{2MAX} individual de cada participante, após o aquecimento foi realizado uma pausa suficiente para a estabilização do consumo de oxigênio aos níveis de repouso, para posterior realização de esforço supra máximo a 110% da iVO_{2MAX} até a exaustão (T_{lim}), ao final do esforço a voluntária permaneceu sentada durante 7 minutos, onde foram coletadas amostras de sangue em 3, 5 e 7 minutos após o término do esforço, para determinação das concentrações de lactato sanguíneo ($[La]$), sendo o maior $[La]$ pós esforço considerado como a concentração de lactato pico ($[La]_{PEAK}$).

Percepção subjetiva de esforço

A percepção subjetiva de esforço foi monitorada no momento basal, após aquecimento e ao final do teste supra máximo, pela Escala Modificada de Borg de 10 pontos. As participantes foram questionadas de forma padronizada por um avaliador previamente treinado, com a seguinte pergunta: “De 0 a 10, qual o seu nível de esforço neste momento?” (Borg, 1998). A escala foi posicionada em frente às participantes e elas apontaram o número que as contemplavam naquele momento.

Análise lactato sanguíneo

Antes do teste de tempo limite, e após o término do mesmo, durante o repouso passivo em 3, 5 e 7 minutos, foram coletados em capilares heparinizados, 25 μ l de sangue arterializado do lóbulo da orelha, e armazenados em tubo de polietileno tipo ependorff (1,5 mL) contendo 50 μ l de fluoreto de sódio (NaF) a 1%, para determinar a concentração de lactato sanguíneo (Buccheit et al., 2012). Posteriormente, foram analisadas em lactímetro (Yellow Springs Instruments 2300, Ohio, USA). Os valores de lactato foram expressos em mmol/L.

Terapia por Fotobiomodulação

A aplicação da fotobiomodulação foi realizada 10 minutos antes da execução da avaliação do desempenho muscular e teste supramáximo. Para a intervenção foi utilizado o equipamento Antares® (IBRAMED, Amparo- SP, Brasil), por meio de cluster, com dois comprimentos de onda (13 LEDs de 630 nm, 300 mW + 13 LEDs de 850 nm, 500 mW), sendo sua área de contato de 20 cm² (Figura 3). No G-FBM, foi irradiado 200 J de energia, sendo este valor dentro da faixa de dosagem recomendada para aplicação da terapia por fotobiomodulação em grandes grupos musculares (60 a 300 J) (Leal-Junior, Lopes-Martins e Bjordal, 2019). Já no G-Sham, foi utilizado o mesmo equipamento, o qual permaneceu ligado, porém sem emissão de luz. As participantes receberam um estímulo audível, para que pudessem acreditar que estavam sendo irradiadas. A terapia foi aplicada por toda a extensão dos músculos quadríceps femoral, isquiotibiais e trícepssural bilateralmente, sendo aplicada em 10 pontos em cada coxa - 5 na região anterior e 5 na região posterior, além de 2 pontos no tríceps sural. Para garantir o duplo-cegamento das intervenções, o pesquisador responsável pela aplicação não participou das avaliações e análise de dados, bem como as voluntárias utilizaram uma venda escura durante a aplicação da intervenção.

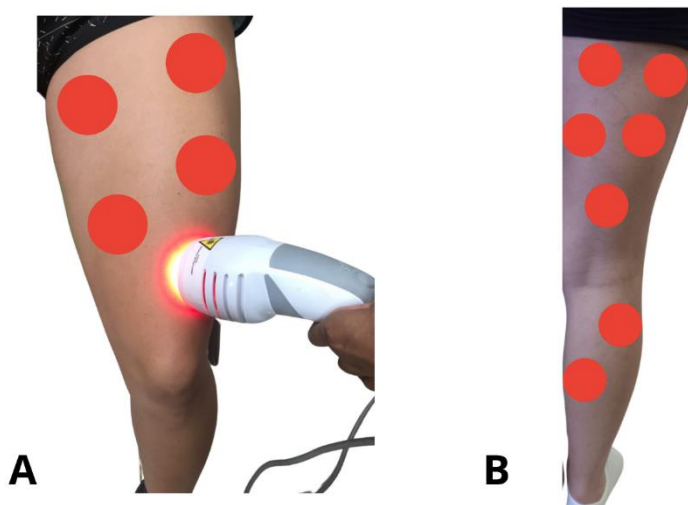


Figura 3. A Modelo de aplicação da fotobiomodulação na região anterior da coxa; B Modelo de aplicação da fotobiomodulação na região posterior da coxa e perna.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as análises estatísticas foi utilizando software SPSS for Windows version 20 (SPSS, Inc., Chicago, IL). A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de Kolmogorov–Smirnov. Foi utilizado o teste t para dados paramétricos, e o teste de Wilcoxon para os não paramétricos, para análises intragrupos. Foi considerado um nível de significância de 5%. Para se determinar o tamanho do efeito clínico das terapias propostas, foi utilizado o Cohen's d, sendo a interpretação dos valores baseada na classificação estabelecida por Cohen (1992): menor que 0,2 (pequeno efeito); em torno de 0,5 (moderado efeito); acima de 0,8 (grande efeito).

RESULTADOS

Um total de 27 mulheres participaram do estudo. Inicialmente foram recrutadas 30 mulheres, porém duas foram excluídas por desistência e uma por lesão musculoesquelética durante a FF2 do estudo. Os resultados não foram afetados pois a perda amostral está dentro do que foi previamente calculado. Não houve diferença significativa entre os grupos em nenhuma das variáveis analisadas no momento pré-intervenção ($p > 0,05$). As características da amostra participante do estudo estão presentes na tabela 1.

Tabela 1. Valores de Média e Desvio Padrão (DP) das características da amostra (n=27).

Variáveis	G-Sham (n=13)		G-FBM (n=14)	
	Média ± DP	IC (95%)	Média ± DP	IC (95%)
Massa (Kg)	64,14 ± 9,81	-10,31 a 9,17	63,57 ± 14,78	-10,31 a 9,17
Altura (cm)	166,21 ± 5,62	-6,50 a 2,93	164,21 ± 6,49	-6,50 a 2,93
Idade (anos)	25 ± 3,70	-1,38 a 4,67	26,64 ± 4,08	-1,38 a 4,67
IMC (Kg/cm ²)	23,20 ± 2,66	-2,55 a 2,93	23,39 ± 4,22	-2,55 a 2,93
Porcentagem de Gordura (%)	28,89 ± 7,60	-5,36 a 6,83	29,62 ± 8,09	-5,36 a 6,83
Massa muscular esquelética (Kg)	25,04 ± 3,95	-3,94 a 2,27	24,20 ± 4,04	-3,94 a 2,27
Menarca (anos)	11,92 ± 1,38	-1,39 a 0,68	11,57 ± 1,28	-1,39 a 0,68
Dias de sangramento	5,35 ± 1,39	-1,70 a 0,12	4,50 ± 0,65	-1,70 a 0,12

Não foi possível observar diferença significantes para nenhuma das variáveis do Tempo limite intergrupos no momento pós-intervenção ($p > 0,05$). Podendo ser observado apenas um pequeno tamanho de efeito para as variáveis de distância percorrida (0,21), percepção subjetiva de esforço final (0,45), $[La]_{PEAK}$ (0,36) e $[LA]$ (0,38) no G-FBM. A tabela 2 apresenta os resultados das variáveis do Tempo limite.

Tabela 2. Valores de Média e Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, Intervalo de Confiança (IC95%) das variáveis do teste supramáximo dos Grupo Sham e Grupo Fotobiomodulação (n=27).

Variáveis	G-Sham (n=13) G-FBM (n=14)		Dif. Med. (95%IC)	<i>p</i>	<i>ES</i>
	Média ± DP				
DP (m)	437,69±187,22	400,71±171,39	36,97 (-179,10 a 105,14)	0,99	0,21
TTE (s)	150,78 ± 56,25	143,14 ± 56,54	7,64 (-51,46 a 36,17)	0,64	0,14
PSEi	0,21 ± 0,57	0,53 ± 0,84	0,32 (-0,24 a 0,88)	0,24	-0,44
PSEm	4,14 ± 1,51	4,03 ± 2,42	0,10 (-1,67 a 1,46)	0,12	0,05
PSEf	9,14 ± 2,08	8,21 ± 2,08	0,92 (-2,30 a 0,45)	0,94	0,45
LApico	10,80 ± 3,77	9,31 ± 4,47	1,49 (-4,71 a 1,72)	0,90	0,36
ΔLA	9,38 ± 3,71	7,86 ± 4,21	1,52 (-4,61 a 1,56)	0,86	0,38

Dif. Médias – Diferença entre as médias; DP – distância percorrida; TTE – tempo total até exaustão; PSEi – percepção subjetiva de esforço inicial; PSEm- percepção subjetiva de esforço média; PSEf – percepção subjetiva de esforço final; LApico – pico de lactato; ΔLA – delta de lactato.

Não houve diferença significativa para as variáveis de desempenho muscular tanto no movimento de flexão, quanto no de extensão de joelho em ambos os membros ($p > 0,05$). Foi possível observar um tamanho de efeito moderado para a relação agonista/antagonista no movimento de extensão do MID (0,61) e pequeno tamanho de efeito para as variáveis de potência média na extensão de MIE (0,39), pico de torque flexão de MID (0,44), potência média na flexão de MID (0,26), pico de torque flexão de MIE (0,34) para o G-FBM. Também foi possível observar um pequeno tamanho de efeito para o % do índice de fadiga na flexão de MID (0,38) para o G-Sham. A tabela 3 apresenta os valores das variáveis de desempenho muscular.

Tabela 3. Valores de Média e Desvio Padrão (DP), Diferença entre as médias, Intervalo de Confiança (IC95%) das variáveis de desempenho muscular dos Grupo Sham e Grupo Fotobiomodulação (n=27).

Variáveis	GSham (n=13)		GFBM (n=14)		<i>p</i>	<i>ES</i>
	Média ± DP		Dif.Med. (95% IC)			
Extensão MID						
PT (N/m)	129,73 ± 24,14	128,97 ± 22,87	0,75 (-19,38 a 17,88)		0,53	0,03
IF (%)	12,15 ± 9,60	12,92 ± 3,79	-0,77 (-4,93 a 6,48)		0,72	0,11
PM (W)	91,66 ± 17,37	91,70 ± 16,97	-0,30 (-13,58 a 13,65)		0,93	0
I:Q (%)	50,54 ± 8,47	46,29 ± 5,20	4,25 (-9,78 a 1,27)		0,64	0,61
Extensão MIE						
PT (N/m)	124,67 ± 28,63	121,86 ± 24,87	2,81 (-24,02 a 18,40)		0,83	-0,02
IF (%)	9,28 ± 8,63	9,48 ± 12,54	0,19 (-8,68 a 8,28)		0,51	0,14
PM (W)	86,84 ± 20,71	84,02 ± 18,63	2,82 (-18,42 a 12,77)		0,76	0,39
I:Q (%)	49,39 ± 7,81	46,67 ± 7,92	2,71 (-8,95 a 3,53)		0,82	0,10
Flexão MID						
PT (N/m)	64,30 ± 10,38	58,77 ± 14,16	5,52 (-15,43 a 4,39)		0,36	0,44
IF (%)	17,08 ± 8,45	21,08 ± 12,14	-4,00 (-4,35 a 12,35)		0,24	-0,38
PM (W)	43,63 ± 9,68	41,00 ± 10,42	2,62 (-10,61 a 5,37)		0,92	0,26
Flexão MIE						
PT (N/m)	60,22 ± 9,49	56,25 ± 13,27	3,96 (-13,17 a 5,24)		0,21	0,34
IF (%)	17,83 ± 20,76	18,76 ± 12,10	-0,92 (-12,42 a 14,47)		0,65	-0,06
PM (W)	39,38 ± 8,64	39,59 ± 9,13	-0,20 (-6,85 a 7,27)		0,72	-0,02

Dif. Médias – Diferença entre as médias; PT – Pico de Torque; IF – Índice de fadiga; PM – Potência Média; I:Q – Relação agonista/antagonista; MIE – Membro superior esquerdo; MID – Membro inferior direito.

DISCUSSÃO

Do que é de nosso conhecimento esse é o primeiro estudo que investigou os efeitos da fotobiomodulação no desempenho de mulheres jovens saudáveis, levando em consideração o ciclo menstrual dessas participantes. A hipótese do estudo era de que a fotobiomodulação poderia aumentar o desempenho de mulheres fisicamente ativas, assim como já foi visto em estudos anteriores com homens. Porém os achados principais não sustentam a hipótese inicial, sugerindo que não é possível observar efeitos benéficos na fotobiomodulação no aumento de desempenho, nas variáveis analisadas, em mulheres saudáveis durante a fase folicular do ciclo menstrual.

Diferentes revisões sistemáticas demonstram evidências que suportam o uso da fotobiomodulação como um recurso ergogênico (Ferraresi, Huang e Hamblin, 2016; Vanin et al., 2018). Porém o presente estudo demonstra uma discrepância quanto aos resultados, evidenciando que há ressalvas em relação a aplicação dessa terapia em diferentes populações. Estudos mais recentes vêm encontrando uma série de divergências em relação aos resultados obtidos com FBM como recurso ergogênico. Medeiros et al., (2020) aplicaram uma única dose de FBM em ciclistas homens antes de um teste até a exaustão, em três grupos diferentes (260 J, 130 J e 0J) e, não foi possível observar diferença significativa em nenhum dos grupos na atividade eletromiográfica dos músculos avaliados, no tempo total até a exaustão e nas variáveis fisiológicas, sendo uma delas a concentração de lactato sanguíneo.

Azuma et al., (2021) também não observou efeitos benéficos da FBM (28J por biceps braquial) aplicada a mulheres jovens e saudáveis, no número de repetições máximas até exaustão, e na dor muscular de início tardio. Na mesma linha, De Carvalho et al., (2020) não observaram aumento no tempo total até exaustão, diminuição da percepção subjetiva de esforço, alteração dos limiares metabólicos e alteração no

desempenho muscular de atletas recreacionais de ciclismo do sexo masculino, após aplicação de FBM (180 J por quadríceps femoral) em três dias consecutivos, comparados ao placebo.

Muitas dessas divergências podem estar relacionadas ao modelo de aplicação, parâmetros, dispositivos utilizados, e tipo de população, como sugere os resultados do nosso estudo. Para que os efeitos ergogênicos sejam atingidos, é necessário que haja um rigor em relação ao modelo e parâmetros de aplicação (Ferraresi, 2020). Diante desse cenário a fotobiomodulação deve ser aplicada antes do esforço (5 minutos a 6 horas para uma única aplicação), com doses específicas para a área que receberá a irradiação (60 a 300 J para grandes grupos musculares), a potência do equipamento deve estar dentro de uma faixa específica (10 a 35 mW/diodo), além do tempo mínimo de irradiação por ponto (30 segundos/ponto) (Leal-Junior, Lopes-Matins, Bjordal, 2019).

Apesar de todas as recomendações de aplicação da fotobiomodulação terem sido seguidas em nosso estudo, ainda assim não foi possível observar ganhos significativos no desempenho da amostra avaliada. Esse resultado demonstra que possivelmente haja de fato uma diferença nos efeitos dessa terapia quando aplicada a populações diferentes.

Em uma amostra do sexo feminino, alguns fatores devem ser levados em consideração. As flutuações hormonais presentes em mulheres de ciclo ovarianos endógenos, podem gerar influências diretas e indiretas no desempenho (Schaumberg et al., 2017; Julian et al., 2017; De Carvalho et al., 2022). No presente estudo, tais variações foram minimizadas, pois as avaliações ocorreram em mesmo período do ciclo menstrual para ambos os grupos.

Outro fator a ser considerado para a intervenção proposta, é a composição corporal presente na amostra avaliada. Algumas alterações biológicas podem contribuir nos efeitos

esperados da FBM (Dutra et al., 2020). Uma vez que as janelas de dose terapêuticas estabelecidas na literatura levam em consideração na maior parte delas estudos realizados com pessoas saudáveis do sexo masculino e/ou atletas (Vanin et al., 2018), deve-se considerar que podem haver diferentes doses-respostas mais assertivas para a população do sexo feminino, uma vez que as diferenças nas composições corporais, principalmente relacionadas ao volume muscular e porcentagem de gordura, diferem entre as amostras e podem influenciar na absorção dos fótons e conseqüentemente nos efeitos esperados da FBM (Barbosa et al., 2020).

O tipo de exercício a ser realizado após a aplicação da FBM também parece ter implicações diretas na observação de resultados positivos desse recurso. A melhora da resistência à fadiga está descrita na literatura principalmente quando a FBM é aplicada em exercícios ou testes aeróbicos (Ferraresi, Huang e Hamblin, 2016; Vanin et al., 2018). Uma vez que neste estudo foi utilizado um teste supramáximo, o que configura uma participação predominante do metabolismo anaeróbio, pode-se dizer que talvez a aplicação da FBM como recurso ergogênico não apresente os mesmos resultados na capacidade anaeróbica.

Apenas mulheres saudáveis foram incluídas no estudo, não podendo extrapolar os resultados para uma população de atletas do sexo feminino. Mais estudos são necessários para estabelecer a eficácia da FBM aplicada em mulheres saudáveis para aumento de desempenho, bem como as melhores doses e modelos de aplicação. Também são necessários mais estudos que observem as respostas da FBM em diferentes fases do ciclo menstrual, e em mulheres que utilizam algum tipo de anticoncepcional hormonal.

CONCLUSÃO

A fotobiomodulação aplicada como recurso ergogênico em mulheres saudáveis durante a fase folicular do ciclo menstrual, não apresentou melhora nas variáveis de desempenho muscular, resistência à fadiga, percepção subjetiva de esforço, e concentrações sanguíneas de lactato.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência – HCFMRP (FAEPA).

Aprovação Ética

Todos os procedimentos realizados em estudos envolvendo participantes humanos estavam de acordo com os padrões éticos do comitê de pesquisa institucional e com a Declaração de Helsinque de 2013 e suas emendas subsequentes ou padrões éticos comparáveis. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética institucional. (CAAE: 25805219.8.0000.5440).

Conflito de Interesse

Os autores declaram não ter nenhum conflito de interesse

REFERÊNCIAS

Almeida JN, Prado WL, Terra CM, Oliveira MG, Garcia RA, Pinfildi CE, Botero JP. Effects of photobiomodulation on muscle strength in post-menopausal women submitted to a resistance training program. *Lasers Med Sci.* 2020;35(2):355-363.

Azuma RHE, Merlo JK, Jacinto JL, et al. Photobiomodulation Therapy at 808 nm Does Not Improve Biceps Brachii Performance to Exhaustion and Delayed-Onset Muscle Soreness in Young Adult Women: A Randomized, Controlled, Crossover Trial. *Front Physiol.* 2021 ;12:664582.

Barbosa RI, Guirro ECO, Bachmann L, Brandino HE, Guirro RRJ. Analysis of low-level laser transmission at wavelengths 660, 830 and 904 nm in biological tissue samples. *J Photochem Photobiol B*. 2020;209:111914.

Beltz NM, Gibson AL, Janot JM, Kravitz L, Mermier CM, Dalleck LC. Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂ max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *J Sports Med*. 2016;2016:3968393.

Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Stockholm: Human Kinetics, 1998.

Buchheit M, Abbiss CR, Peiffer JJ, Laursen PB. Performance and physiological responses during a sprint interval training session: Relationships with muscle oxygenation and pulmonary oxygen uptake kinetics. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(2):767–79.

De Carvalho G, Gobbi A, Gobbi RB, Alfredo DMN, et al. Photobiomodulation by light emitting diode applied sequentially does not alter performance in cycling athletes. *Lasers Med Sci*. 2020;35(8):1769-1779.

De Carvalho, Papoti M, Rodrigues MCD, Foresti YF, Guirro ECO, Guirro RRJ. Interaction predictors of self-perception menstrual symptoms and influence of the menstrual cycle on physical performance of physically active women. *Eur J Appl Physiol*. 2022 Online ahead of print.

De Marchi T, Schmitt VM, Machado GP, de Sene JS, de Col CD, Tairova O, et al. Does photobiomodulation therapy is better than cryotherapy in muscle recovery after a high-intensity exercise? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2017;429–3.

De Paiva PRV, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Machado C dos SM, et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution, what is better? A randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2016;31(9):1925–33

Dellagrana RA, Rossato M, Orssatto LBR, Sakugawa RL, Baroni BM, Diefenthaler F. Effect of Photobiomodulation Therapy in the 1500 m Run: An Analysis of Performance and Individual Responsiveness. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2020;38(12):734-742.

Dutra YM, Claus GM, Malta EDS, Brisola GMP, Esco MR, Ferraresi C, Zagatto AM. Acute Photobiomodulation by LED Does Not Alter Muscle Fatigue and Cycling Performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52(11):2448-2458.

Ferraresi C. Use of Photobiomodulation Therapy in Exercise Performance Enhancement and Postexercise Recovery: True or Myth? *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2020;38(12):705-707.

Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *J Biophotonics* 2016;9:1273–12. .

Ferraresi C, Parizotto NA, Pires de Sousa MV, et al. Light-emitting diode therapy in exercise-trained mice increases muscle performance, cytochrome c oxidase activity, ATP and cell proliferation. *J Biophotonics* 2015;8:740–754

Hamblin MR. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. *Photochem Photobiol.* 2018; 94(2):199-212. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1925–33.

Julian R, Hecksteden A, Fullagar HH, Meyer T. The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173951.

Leal Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, De Almeida P, Ramos L, Iversen V V., Bjordal JM. Effect of low-level laser therapy (GaAs 904 nm) in skeletal muscle fatigue and biochemical markers of muscle damage in rats. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(6):1083–8.

Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Bjordal JM. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(1):71-75.

Miranda EF, Vanin AA, Tomazoni SS, Dos Santos Grandinetti V, De Paiva PRV, Dos Santos Monteiro Machado C, et al. Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining superpulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. *J Athl Train.* 2016;51(2):129–35.

Ross RM. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167(10):1451.

Santos IA, Lemos MP, Coelho VHM, et al. Acute Photobiomodulation Does Not Influence Specific High-Intensity and Intermittent Performance in Female Futsal Players. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(19):7253.

Sheel AW. Sex differences in the physiology of exercise: an integrative perspective. *Exp Physiol.* 2016;101(2):211–2.

Schaumberg MA, Jenkins DG, Janse de Jonge XAK, Emmerton LM, Skinner TL. Three-step method for menstrual and oral contraceptive cycle verification. *J Sci Med Sport.* 2017 ;20(11):965-969.

Sims ST, Heather AK. Myths and Methodologies: Reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. *Exp Physiol.* 2018;103(10):1309-1317.

Toma RL, Oliveira MX, Renno ACM, Laakso E-L. Photobiomodulation (PBM) therapy at 904 nm mitigates effects of exercise-induced skeletal muscle fatigue in young women. *Lasers Med Sci.* 2018;33(6):1197-1205.

Toma RL, Tucci HT, Antunes HKM, Pedroni CR et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci.* 2013;28(5):1375-82.

Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HKM, Renno ACM. Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double. *Lasers Med Sci.* 2016;31(6):1219-29.

Tomazoni SS, Machado CSM, Thiago De Marchi 4, Casalechi HL, Bjordal JM, Carvalho PTC, Leal-Junior ECP. Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers-A Randomized Controlled Trial. *Oxid Med Cell Longev.* 2019; 2019:6239058.

Tucci HT, Figueiredo DS, Carvalho RP, Souza ACF, Vassão PG, Renno ACM, Ciol MA. Quadriceps femoris performance after resistance training with and without photobiomodulation in elderly women: a randomized clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2019;34(8):1583-1594.

Vanin AA, Miranda EF, Machado CSM, et al. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial: Phototherapy in association to strength training. *Lasers Med Sci.* 2016;31(8):1555-1564.

Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, LealJunior ECP. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2018;33:181–214

Vassão PG, Toma RL, Antunes HKM, Tucci HT, Renno ACM. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers Med Sci.* 2016;31(2):275-82.

Vieira WHB, Cleber Ferraresi, Perez SEA, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):497-504.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das muitas divergências presentes na literatura em relação a influência do ciclo menstrual e o desempenho físico de mulheres, assim como os efeitos de recursos ergogênicos nessa mesma população, a presente tese demonstrou resultados importantes para acrescentar informações, bem como apontar perspectivas futuras dentro do âmbito clínico-esportivo na atenção à saúde da mulher fisicamente ativa.

Os resultados obtidos nessa tese quanto às alterações do desempenho perante o ciclo menstrual mostram que apenas o rastreamento das flutuações hormonais não é suficiente, e talvez eles por si só não geram alterações significativas em diversas variáveis de desempenho – sejam elas metabólicas, fisiológicas ou biomecânicas. Os sintomas presentes dentro do ciclo menstrual, sendo esses consequência das flutuações hormonais, parecem apresentar um papel tão importante quanto as próprias flutuações nas alterações do desempenho físico. Sendo os sintomas menstruais, os principais responsáveis por uma diminuição da resistência à fadiga na presente tese.

As flutuações hormonais podem ser variáveis, e a magnitude dessas flutuações podem apresentar uma relação também com a magnitude dos sintomas menstruais e da alteração no desempenho. Na falta de oportunidade de se quantificar os níveis hormonais, é preciso realizar uma avaliação individualizada para cada mulher, dentro de cada ciclo.

Quanto à utilização de recursos ergogênicos nessa população, nosso estudo não apresentou resultados promissores. Esses fatores podem estar associados à fase do ciclo escolhida para aplicação da intervenção e avaliações, a qual se deu durante a FF. Sendo a mesma fase que encontramos maior frequência de sintomas menstruais, sendo esse um fator importante na avaliação de desempenho. Porém, outro dado que nos chama bastante à atenção, é a falta de estudos que analisam os efeitos da FBM em mulheres jovens, que podem necessitar de parâmetros que diferem daqueles recomendados para a população masculina, apresentados na literatura atual em maior proporção. Sendo esse um dos primeiros estudos a avaliar a influência da FBM durante o ciclo menstrual, acreditamos que mais estudos possam ser feitos para que haja um maior volume de resultados, o que possibilitaria a recomendação ou não do uso da FBM, seus parâmetros e métodos de aplicação, e a quantificação da influência do ciclo menstrual nos efeitos desse recurso.

5. CONCLUSÃO FINAL

As alterações hormonais presentes durante o ciclo menstrual, quando avaliados isoladamente não apresentam diferença no desempenho e no metabolismo energético de mulheres fisicamente ativas, porém os sintomas menstruais como fluxo menstrual e a percepção subjetiva da influência do ciclo menstrual no desempenho demonstram uma diminuição na resistência à fadiga. A utilização da fotobiomodulação como recurso ergogênico, durante a fase folicular do ciclo menstrual, para melhora de resistência à fadiga e força não apresentou resultados benéficos para essa mesma população.

6. REFERÊNCIAS

- Basha AAMDC. SR. Lasers in Medical Science Effect of LED photobiomodulation on fluorescent light induced changes in cellular ATPases and Cytochrome c oxidase activity in Wistar rat Effect of LED photobiomodulation on fluorescent light induced changes in cellular ATPases a. *Lasers Med Sci.* 2016;31:1:1957–70.
- Boisseau N, Isacco L. Substrate metabolism during exercise: Sexual dimorphism and women's specificities. *Eur J Sport Sci.* 2022;22(5):672-683.
- Campbell SE, Febbraio MA. Effect of the ovarian hormones on GLUT4 expression and contraction-stimulated glucose uptake. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002;282(5):E1139-46.
- Charkoudian N, Johnson JM. Female reproductive hormones and thermoregulatory control of skin blood flow. *Exerc Sport Sci Rev.* 2000;28(3):108-12.
- Constantini NW, Dubnov G, Lebrun CM. The menstrual cycle and sport performance. *Clin Sports Med.* 2005;24(2):e51-82.
- De Almeida P, Lopes-Martins RÁB, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Corrêa JCF, et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: What is better? *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):453–8.
- Ferraresi C, Huang Y-Y, Hamblin MR. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *J Biophotonics.* 2016;1299(11):1273–99.
- Ferraresi C, Victor M, Sousa P De, Huang Y, Bagnato VS, Parizotto NA, et al. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. *Lasers Med Sci.* 2015;30(4):1259-67.
- Hamblin MR. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. *Photochem Photobiol.* 2018; 94(2):199-212.

Janse DE Jonge XA, Thompson MW, Chuter VH, Silk LN, Thom JM. Exercise performance over the menstrual cycle in temperate and hot, humid conditions. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 ;44(11):2190-8.

Julian R, Hecksteden A, Fullagar HH, Meyer T. The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173951.

Lamont LS, Lemon PW, Bruot BC. Menstrual cycle and exercise effects on protein catabolism. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(2):106-10.

Lanferdini FJ, Bini RR, Baroni BM, Klein KD, Carpes FP, Vaz MA. Improvement of Performance and Reduction of Fatigue With Low-Level Laser Therapy in Competitive Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(1):14-22.

Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho P de TC, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):925–39.

Lebrun CM. Effect of the different phases of the menstrual cycle and oral contraceptives on athletic performance. *Sports Med.* 1993;16(6):400-30.

Legerlotz K, Bey ME, Götz S, Böhlke N. Constant performance in balance and proprioception tests across the menstrual cycle - a pilot study in well trained female ice hockey players on hormonal contraception. *Health Sci Rep.* 2017;1(1):e18.

Liang HL, Whelan HT, Eells JT, Wong-Riley MTT. Near-infrared light via light-emitting diode treatment is therapeutic against rotenone- and 1-methyl-4-phenylpyridinium ion-induced neurotoxicity. *Neuroscience.* 2008;153(4):963–74.

Miranda EF, Vanin AA, Tomazoni SS, Dos Santos Grandinetti V, De Paiva PRV, Dos Santos Monteiro Machado C, et al. Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining superpulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. *J Athl Train.* 2016;51(2):129–35.

Nampo FK, Cavalheri V, dos Santos Soares F, de Paula Ramos S, Camargo EA. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1957–70.

Oosthuyse T, Bosch AN. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Med.* 2010;40(3):207-27.

Paolillo FR, Corazza AV, Paolillo AR, Borghi-Silva A, Arena R, Kurachi C, Bagnato VS. Phototherapy during treadmill training improves quadriceps performance in postmenopausal women. *Climacteric.* 2014;17(3):285-93.

Paolillo FR, Corazza AV, Paolillo AR, Borghi-Silva A, Arena R, Kurachi C, Bagnato VS. Phototherapy during treadmill training improves quadriceps performance in postmenopausal women. *Climacteric.* 2014 Jun;17(3):285-93.

Schaumberg MA, Jenkins DG, Janse de Jonge XAK, Emmerton LM, Skinner TL. Three-step method for menstrual and oral contraceptive cycle verification. *J Sci Med Sport*. 2017 ;20(11):965-969.

Sedlak T, Shufelt C, Iribarren C, Merz CN. Sex hormones and the QT interval: a review. *J Womens Health (Larchmt)*. 2012;21(9):933-41.

Sims ST, Heather AK. Myths and Methodologies: Reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. *Exp Physiol*. 2018;103(10):1309-1317.

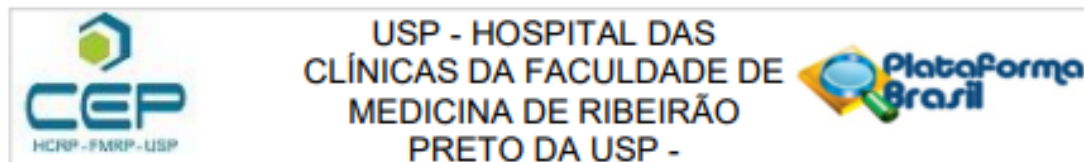
Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HK, Renno AC. Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double blind control study. *Lasers Med Sci*. 2016;31(6):1219-29.

Vassão PG, Toma RL, Antunes HK, Tucci HT, Renno AC. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers Med Sci*. 2016;31(2):275-82.

Wong-Riley MT, Liang HL, Eells JT, Chance B, Henry MM, Buchmann E, Kane M, Whelan HT. Photobiomodulation directly benefits primary neurons functionally inactivated by toxins: role of cytochrome c oxidase. *J Biol Chem*. 2005;280(6):4761-71.

7. ANEXOS

7.1 ANEXO I – Comprovante de aprovação do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Mapeamento do desempenho físico de mulheres de ciclos ovarianos endógenos e exógenos em diferentes fases do ciclo menstrual, e a respectiva influência da terapia por fotobiomodulação: Ensaio clínico randomizado placebo-controlado duplo cego.

Pesquisador: Rinaldo Roberto de Jesus Guirro

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 25805219.8.0000.5440

Instituição Proponente: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP -

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.026.093

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP, para processo seletivo– Fluxo Contínuo/2019, curso de Doutorado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Departamento de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional.

Equipe de Pesquisa:

Pesquisador Responsável:

Prof. Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto /USP

Pesquisadores Colaboradores:

Profa. Dra. Elaine Caldeira de Oliveira Guirro

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto /USP

Prof. Dr. Marcelo Papoti

Faculdade de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto /USP

Aluna de Pós Graduação: Gabriela de Carvalho

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

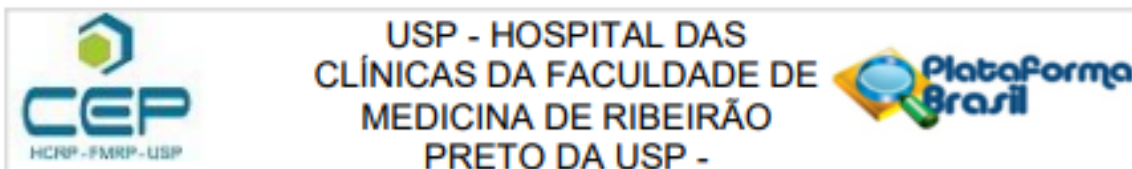
UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3602-2228

Fax: (16)3633-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br



Continuação do Parecer: 4.026.093

Distúrbios hormonais;
 Amenorreia;
 Gravidez;
 Ovário policístico;
 Endometriose;
 Tumores;
 Lesão musculoesquelética nos últimos 6 meses;
 Doença cardiorrespiratória;
 Uso de álcool e drogas ilícitas durante a execução do estudo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos foram corrigidos de acordo com o parecer do CEP.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto e à luz da Resolução CNS 466/2012, o projeto de pesquisa 18/02/2020 – Versão III – Projeto de Pesquisa, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 13/01/2020 – Versão III, podem ser enquadrados na categoria APROVADO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto Aprovado: Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP, relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP em nova versão, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1431831.pdf	09/03/2020 10:50:18		Aceito
Outros	Autorizacao_Gabriela_de_Carvalho.pdf	09/03/2020 10:49:45	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	09/03/2020 10:48:31	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	Projeto_Doutorado_Versao_III.pdf	09/03/2020 10:47:23	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Aceito

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3602-2228

Fax: (16)3633-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br



**USP - HOSPITAL DAS
CLÍNICAS DA FACULDADE DE
MEDICINA DE RIBEIRÃO
PRETO DA USP -**



Continuação do Parecer: 4.026.093

Investigador	Projeto_Doutorado_Versao_III.pdf	09/03/2020 10:47:23	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_VERSAOIII_DOUTORADO.pdf	14/01/2020 16:01:24	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Acelto
Outros	Folha_UPC_correta.pdf	11/12/2019 11:02:57	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Acelto
Folha de Rosto	folha_de_rosto_pb.pdf	07/10/2019 10:05:30	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Acelto
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	09/09/2019 12:59:05	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Acelto
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	09/09/2019 12:58:40	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIBEIRAO PRETO, 13 de Maio de 2020

**Assinado por:
MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
(Coordenador(a))**

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3602-2228

Fax: (16)3633-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br

7.2 ANEXO II – Comprovante de publicação artigo I.

European Journal of Applied Physiology
<https://doi.org/10.1007/s00421-022-05086-z>

ORIGINAL ARTICLE



Interaction predictors of self-perception menstrual symptoms and influence of the menstrual cycle on physical performance of physically active women

Gabriela de Carvalho¹ · Marcelo Papoti² · Márcia Caroline Diniz Rodrigues¹ · Yan Figueiredo Foresti² · Elaine Caldeira de Oliveira Guirro¹ · Rinaldo Roberto de Jesus Guirro¹

Received: 6 May 2022 / Accepted: 1 November 2022

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2022

Abstract

Objective To analyze the physical performance, self-perception menstrual symptoms, of physically active eumenorrheic women with endogenous ovarian cycle in two phases of the menstrual cycle.

Methods Twenty-six women participated in the study (age 25.8 ± 3.9 years; height 1.64 ± 0.58 m; mass 64 ± 12.32 kg; menarche 11.69 ± 1.28 years). Assessments were performed in two phases of the menstrual cycle (MC), Early-Follicular Phase (FP) and Mid-Luteal Phase (LP), performance was assessed through total time to exhaustion (TTE), complete stages (CE), and final speed (FE), through a graded exercise test (GXT). Information on the participants' menstrual symptoms and their perceptions of the influence of MC on their performance were also collected. Data normality was assessed using the Shapiro–Wilk test. Paired analyses were conducted (*t* test or Wilcoxon) to examine the responses between the menstrual phases. The interaction analysis of symptom predictors was performed by multiple linear regression, with a significance level of $p \leq 0.05$.

Results There was no significant difference in physical performance between the phases during the GXT in TTE (mean difference 8.50; 95% CI – 11.99 to 42; $p = 0.36$). During FP, women with heavy flow had shorter performance in the GXT ($t = -2.5$; $p = 0.01$), demonstrating an $r^2 = 0.32$. In LP, for the women who reported not having the perception of the influence of the menstrual cycle on exercise, the total test time was longer ($t = 2.55$; $p = 0.01$), with an $r^2 = 0.45$.

Conclusion There was no difference in physical performance between FP and LP. However, menstrual flow intensity and perception of cycle interference demonstrated a decrease in TTE.

Keywords Menstrual cycle · Athletic performance · Thermography · Dysmenorrhea · Heavy menstrual bleeding

7.3 ANEXO III – Comprovante de submissão do artigo III

Lasers in Medical Science

Influence of photobiomodulation therapy on the physical performance of women during the follicular phase of the menstrual cycle: a double-blind Sham-controlled randomized clinical trial

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:					
Full Title:	Influence of photobiomodulation therapy on the physical performance of women during the follicular phase of the menstrual cycle: a double-blind Sham-controlled randomized clinical trial				
Article Type:	Original Article				
Keywords:	Light-Emitting Diode, Women, Menstrual Cycle, Performance, Fatigue.				
Corresponding Author:	Rinaldo Roberto de Jesus Guirro, Ph.D. Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo Ribeirão Preto, São Paulo BRAZIL				
Order of Authors:	Gabriela de Carvalho Marcelo Papoti Yan Figueiredo Foresti Elaine Caldeira de Oliveira Guirro Rinaldo Roberto de Jesus Guirro, Ph.D.				
Corresponding Author Secondary Information:					
Corresponding Author's Institution:	Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo				
Corresponding Author's Secondary Institution:					
First Author:	Gabriela de Carvalho				
First Author Secondary Information:					
Order of Authors Secondary Information:					
Funding Information:	<table border="1"> <tr> <td>Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (001)</td> <td>Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro</td> </tr> <tr> <td>Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo</td> <td>Not applicable</td> </tr> </table>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (001)	Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro	Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo	Not applicable
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (001)	Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro				
Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo	Not applicable				
Abstract:	<p>Objective: To evaluate the effects of photobiomodulation on the physical performance of healthy women, considering the menstrual cycle. Methods: 27 physically active healthy women (age 25.68 ± 3.99 years; mass 63.76 ± 12.77 Kg; height 1.65 ± 0.59 cm) during the initial follicular phase (FF1 and FF2) of the menstrual cycle underwent performance evaluations, through a supramaximal test, subjective perception of exertion, blood lactate, and evaluations in the isokinetic dynamometer. Photobiomodulation (PBM) (200J) and Sham (0J) therapy were applied 10 minutes before the performance evaluations on the quadriceps femoris, hamstrings, and triceps surae muscles. A significance level of 5% was adopted and the effect size was calculated by Cohen's d. Results: It was not possible to observe a significant difference ($p > 0.05$) in any of the performance variables evaluated in the comparison between groups, only small effects for some of the variables evaluated in the PBM group. Conclusion: PBM did not improve muscle performance, resistance to fatigue, perceived exertion, and blood lactate concentrations in healthy women during the FF of the menstrual cycle.</p>				