

**UNIVERSIDADE ESTADUAL JÚLIO DE MESQUITA FILHO
UNESP**

ISABELLE MEGALE PONTES

**ALTERAÇÕES DO FERRO E SEU EFEITO SOBRE O TREINAMENTO RESISTIDO
E OUTRAS ATIVIDADES FÍSICAS**

BAURU

2023

P814a Pontes, Isabelle Megale
Alterações do ferro e seu efeito sobre o
treinamento resistido e outras atividades físicas /
Isabelle Megale Pontes. -- Bauru, 2023
38 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado -
Educação Física) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientador: Dalton Muller Pêsoa Filho

1. Treinamento resistido. 2. Ferro. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ISABELLE MEGALE PONTES

**ALTERAÇÕES DO FERRO E SEU EFEITO SOBRE O TREINAMENTO RESISTIDO
E OUTRAS ATIVIDADES FÍSICAS**

Trabalho de conclusão de curso,
apresento como requisito parcial
para obtenção do título de
Bacharel em Educação Física.
Curso de Educação Física
Universidade Estadual “Júlio de
Mesquita Filho”
Área de concentração: Saúde
Orientador: Dalton Muller Pessoa
Filho

BAURU

2023

ISABELLE MEGALE PONTES

**ALTERAÇÕES DO FERRO E SEU EFEITO SOBRE O TREINAMENTO RESISTIDO
E OUTRAS ATIVIDADES FÍSICAS**

Trabalho de conclusão de curso,
apresento como requisito parcial
para obtenção do título de
Bacharel em Educação Física.
Curso de Educação Física
Universidade Estadual “Júlio de
Mesquita Filho”
Área de concentração: Saúde

Aprovação: 07/12/23

AGRADECIMENTOS

Fico imensamente feliz e grata por ter o privilégio de estudar em uma faculdade pública tão renomada como a UNESP Bauru. Ela foi de extrema importância para a minha formação intelectual e de caráter.

Agradeço também todas as pessoas que me apoiaram nestes 6 anos de trajetória. Em especial minha mãe e irmão, que me incentivaram desde o início, sempre respeitando e apoiando minhas escolhas, saibam que vocês são minha base e definição de “casa”, sei que sempre terei um porto seguro para descansar do vôo. A meu pai, que mesmo só tendo acompanhado o primeiro ano da minha graduação em terra, sempre esteve ao meu lado, sou seu espelho e em mim te guardo com todo amor e carinho, tenho certeza que você está orgulhoso aí de cima. A meu namorado Leonardo, que compartilhou de minhas alegrias, tristezas e angústias.

Ao meu orientador Profº Dalton, que dedicou seu tempo e atenção para me guiar em toda fundamentação teórica e para que eu me preparasse para esse momento. Assim como aos meus amigos e companheiros de sala, que não podiam ter sido melhores, foi a troca mais agregadora que já tive em minha vida, e me deu base para ser a pessoa que sou hoje. Obrigada por sonharem junto comigo e por me fazerem enxergar a força que tenho dentro de mim.

Ademais, não podia deixar de agradecer a pessoa mais importante da minha vida, e que lutou para que tudo isso fosse possível mesmo não tendo certeza de onde os caminhos podiam levá-la, eu mesma. Nunca desista dos seus sonhos Isa, você é merecedora de realizá-los.

RESUMO

A deficiência de ferro é uma ocorrência frequente entre atletas, sendo amplamente estudada por cientistas do esporte e profissionais médicos em escala global. Esse foco se intensifica quando se consideram os diversos tipos de exercícios e suas implicações nas variações de ferro. Da mesma forma que se constatou a influência do treinamento aeróbio prolongado nos estoques de ferro, é crucial investigar também o impacto do treinamento resistido (TR), amplamente praticado nos dias atuais. Portanto, o objetivo desta revisão narrativa foi analisar as alterações do ferro e seu efeito sobre o treinamento resistido e outras atividades físicas. Complementarmente, pretendeu-se destacar a influência do ciclo menstrual, uso de contraceptivos orais e suplementação de ferro na dieta como fatores que podem afetar o treinamento ou desempenho. Os resultados encontrados foram que o treinamento resistido moderado melhora o status do ferro no organismo, e parece que a realização de TR pode ter efeitos positivos e anti inflamatórios em indivíduos com e sem deficiência de ferro. Além de corroborar que o metabolismo do ferro se comporta de forma diferente entre os sexos. Com relação ao tipo de intensidade do exercício de força e sua influência no ferro, foi constatado que o TR moderado não afeta as quantidades de ferro sérico, mas diminui os níveis de hepcidina e o TNF- α . Já o TR intenso diminuiu a ferritina sérica nas mulheres mas não em homens. Sobre os fatores que podem afetar o treinamento e desempenho foi encontrado que os níveis de ferro são menores na fase lútea, podendo ser um indicativo para diminuição da intensidade de treino neste período. A contracepção oral diminui em média 60% da quantidade de sangue em cada ciclo, podendo ser uma boa estratégia para evitar queda de performance em atletas de resistência ou força que tenham mais propensão a desenvolver déficit de ferro por conta do ciclo menstrual e treinamento intenso e prolongado. A suplementação de ferro pode melhorar a resistência em mulheres com estoque de ferro depletado e não anêmicas, podendo ser um ótimo aliado no treinamento e desempenho esportivo.

Palavras-chave - Ferro; Ciclo Menstrual; Treinamento aeróbio; Treinamento Resistido; Respostas do ferro no organismo.

ABSTRACT

Iron deficiency is a common occurrence among athletes, extensively studied by sports scientists and medical professionals globally. This focus intensifies when considering the various types of exercises and their implications on iron variations. Just as the prolonged aerobic training has been found to influence iron stores, it is crucial to investigate the impact of resistance training, widely practiced today. Therefore, the aim of this narrative review was to analyze iron changes and its effects on resistance training and other physical activities. Additionally, the goal was to highlight the influence of the menstrual cycle, oral contraceptive use, and dietary iron supplementation as factors that may affect training or performance. The results indicated that moderate resistance training improves iron status in the body, and it appears that engaging in resistance training may have positive and anti-inflammatory effects on individuals with or without iron deficiency. It also confirms that iron metabolism behaves differently between sexes. Regarding the intensity of strength exercise and its influence on iron, it was observed that moderate resistance training does not affect serum iron levels but reduces hepcidin and TNF- α levels. On the other hand, intense resistance training decreased serum ferritin in women but not in men. Concerning factors that may affect training and performance, it was found that iron levels are lower in the luteal phase, possibly indicating a need for reduced training intensity during this period. Oral contraception reduces an average of 60% of blood quantity in each cycle, presenting a potential strategy to prevent performance decline in endurance or strength athletes who are more prone to developing iron deficiency due to the menstrual cycle and intense, prolonged training. Iron supplementation can improve endurance in women with depleted iron stores and non-anemic conditions, making it a valuable ally in training and sports performance.

Keywords - Iron; Menstrual Cycle; Aerobic training; Resistance Training; Iron responses in the body.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADF = anemia por deficiência de ferro;

DFSA = depleção de ferro sem anemia;

VO 2pico = consumo de oxigênio pico;

FFT = fase folicular tardia;

IMC = índice de massa corporal;

ALAD = aminolevulínico desidratase ácida;

TR = treinamento resistido;

IL-6 = interleucina 6;

TNF- α = fator de necrose tumoral alfa;

TIBC = capacidade total de ligação do ferro;

Fe = ferro;

RM = repetições máximas;

Reps= repetições;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVO	12
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	13
4.	RESULTADOS	15
5.	DISCUSSÃO	23
5.1.	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DO CICLO MENSTRUAL E SUPLEMENTAÇÃO DE FERRO	25
5.2.	ANÁLISE DO FERRO E EXERCÍCIO AERÓBIO	28
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
7.	REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

O desempenho atlético e a prática de exercícios de força são intrinsecamente ligados à presença adequada de ferro (Fe) no organismo humano. O ferro desempenha papéis cruciais, como no transporte de oxigênio, produção de energia e função muscular, sendo essencial na síntese de hemoglobina (Hb) e mioglobina (WIJAYANTI, 2004). A hepcidina é uma proteína e regulador chave para a entrada do ferro na circulação sanguínea. Sua principal função é controlar o ferro plasmático sendo que sua alta expressão é indiretamente proporcional à concentração de ferro circulante (PREZA, 2013). No entanto, manter o equilíbrio desse nutriente é um desafio. Um adulto carrega cerca de 4 a 5g de ferro, sendo 50% na forma de Hb, e sua maior aquisição é fornecida pela dieta (HOFFBRAND, 2006).

A deficiência de ferro, também conhecida como anemia ferropriva, pode ser entendida como um aspecto do equilíbrio negativo do ferro. O que resulta em reservas de ferro esgotadas no corpo, comprometendo a eritropoiese e diminuindo os níveis de Hb e comprometendo a oxigenação tecidual (SANTOS, 2023). Comum em até 25% da população mundial, a deficiência é mais prevalente em mulheres em idade reprodutiva, atingindo até 40% delas (VIEIRA, 2019). As causas incluem desde aumento das necessidades, perdas fisiológicas aumentadas ou suprimento inadequado (BACCINI, 2006).

Atletas, em especial, estão sujeitos a deficiências de ferro devido ao desgaste físico durante a prática esportiva. A sudorese, essencial na termorregulação, pode resultar em perda de íons de ferro, impactando negativamente no desempenho (VILARDI, 2001). Além disso, a busca por um estilo de vida mais saudável, muitas vezes, leva a alterações nos padrões alimentares, diminuindo a ingestão de ferro e agravando a situação para atletas.

A anemia esportiva, apesar de diferir da anemia tradicional, ainda é uma preocupação. O corpo passa por adaptações durante o exercício regular, como expansão do volume plasmático, influenciando na contagem de hemácias (ARAÚJO, 2004). Contudo, a deficiência de ferro afeta significativamente o desempenho, comprometendo o metabolismo aeróbio e limitando a atividade física diária (VILARDI, 2001).

Mulheres em idade reprodutiva, principalmente atletas, enfrentam desafios adicionais devido ao hiperfluxo menstrual, tornando-as mais propensas à deficiência de ferro (DUBNOV & CONSTANTINI, 2004). A prevalência de deficiência de ferro e anemia em atletas de basquete foi constatada, e as mulheres têm maiores chances de desenvolver ambas condições. Já em estudos mais recentes (AUERSPERGER *et al.*, 2013), foi encontrada uma correlação entre esportes de resistência e alta incidência de anemia por deficiência de ferro em atletas femininos. Enquanto a relação entre exercício aeróbio e ferro é amplamente discutida, a interação do ferro com o treinamento resistido (TR) em mulheres eumenorréicas é uma área menos explorada. Este tipo de exercício, embora demande menor quantidade de sangue, possui alta intensidade e pode aumentar a demanda de oxigênio muscular, dependendo da densidade e massa muscular (FLECK SJ, 1999; GLEESON, 2015; THORNTON, 2002). O papel crucial do ferro no fornecimento de oxigênio e energia torna imperativo entender como a deficiência desse mineral pode afetar o desempenho em treinamento resistido. Além disso, o aumento de mulheres praticantes torna essencial que pesquisadores explorem estudos sobre anemia de ferro em praticantes de musculação, buscando equilibrar saúde e desempenho.

Portanto, o objetivo desta revisão narrativa foi analisar as alterações do ferro e seu efeito sobre o treinamento resistido e outras atividades físicas. Complementarmente, pretendeu-se destacar a influência do ciclo menstrual, uso de contraceptivos orais e suplementação de ferro na dieta como fatores que podem afetar o treinamento ou desempenho.

2. OBJETIVO

O objetivo desta revisão narrativa foi analisar as alterações do ferro e seu efeito sobre o treinamento resistido e outras atividades físicas. Desta forma, descrever as mudanças e respostas metabólicas do ferro em diferentes fases do ciclo e sua relação com o treinamento. Complementarmente, pretendeu-se destacar a influência do uso de contraceptivos orais e suplementação de ferro na dieta como fatores que podem afetar o treinamento ou desempenho.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada na presente revisão contou com a busca de artigos científicos em bases de dados digitais (*National Library of Medicine* - PubMed, *Google Scholar*, *Scispace*, *Scientific Electronic Library Online* - SciELO). Para isso, foram selecionadas palavras-chave, tendo como base o título do estudo e palavras-chave em artigos previamente lidos, formando assim um universo de palavras. Palavras referentes ao exercício físico formaram o seguinte universo: *resistance training*, *resistance exercise*, *physical exercise*, *training*, *endurance*. Com referência aos fatores ciclo menstrual e suplementação foram selecionadas: *menstrual cycle*, *feminine cycle*, *iron supplementation*. Por fim, referente ao metabolismo do ferro, as palavras: *iron status*, *iron deficiency*, *iron metabolism*.

Tendo em vista que muitas palavras são sinônimos, bem como a inviabilidade de tantas combinações, foram selecionadas duas palavras e duas combinações, descritas a seguir. Utilizando a busca avançada na base de dados Pubmed, os termos *iron status* e *resistance training* foram unidos na pesquisa pelo filtro “AND”, resultando inicialmente em 28 resultados. Após leitura dos resumos foram selecionados 3 estudos que contemplavam o exercício de força e o status do ferro.

Outros termos utilizados para complementação da pesquisa foram *iron status* e *menstrual cycle*, resultando em 51 resultados. Os critérios de exclusão nesta etapa foram os artigos referentes a outras análises fisiológicas de conhecimento (mulheres na pré-menopausa, doenças crônicas, perda anormal de sangue na menstruação, localização), reduzindo a busca para dez artigos.

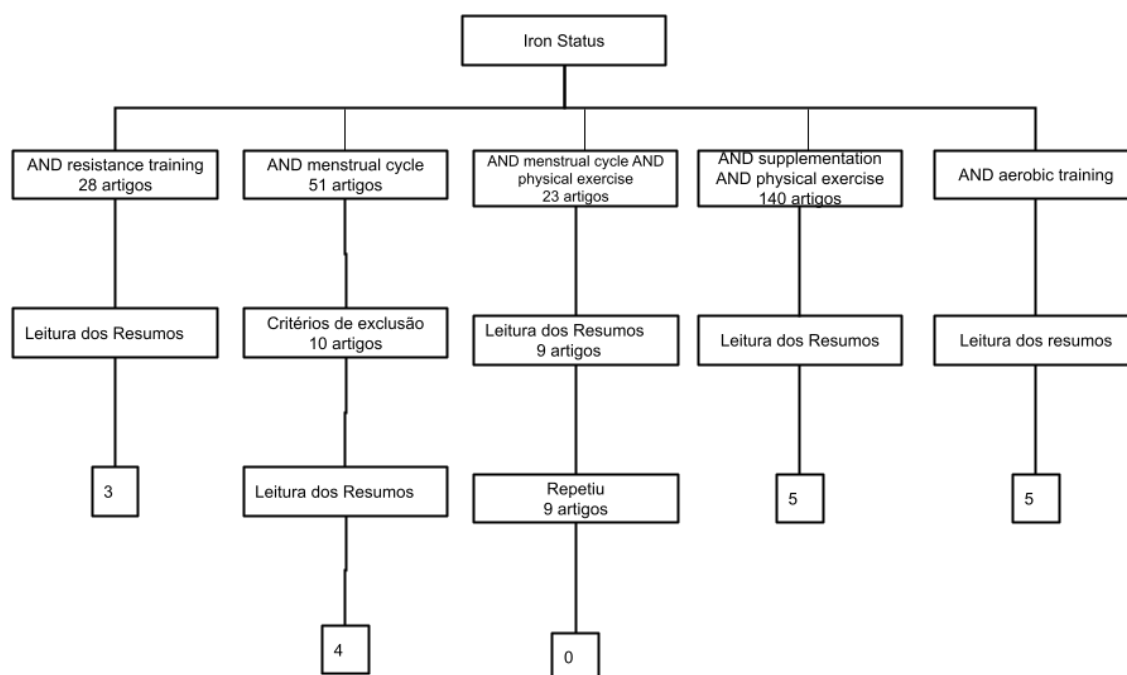
Por fim, foi realizada a leitura do resumo dos 10 artigos, a fim de investigar quais desses trabalhos investigaram, de fato, o status do ferro durante o ciclo menstrual feminino. Foram excluídos 6.

Ainda nas palavras-chave supracitadas, quando especificados as variáveis do status do ferro, ciclo menstrual e exercício físico na pesquisa (*iron status AND menstrual cycle AND physical exercise*) foram encontrados 23 resultados. Nove foram elegíveis e catorze incompatíveis (referente ao status de ferro em população masculina, dieta vegetariana, objetivos socioeconômicos, alteração hormonal, entre outros). Todos foram desconsiderados, pois se repetiram na busca anterior.

Outra combinação de termos foi entre as palavras *iron status AND supplementation AND physical exercise*, resultando em 140 artigos, dos quais foram

selecionados apenas 5 (como mostrado na figura 1). O objetivo do trabalho foi analisar as alterações do ferro e seu impacto no treinamento resistido, com atividades físicas adicionais como objetivo secundário. Devido à escassez de artigos específicos sobre o tema, foram selecionados três estudos que abordaram os efeitos do treinamento resistido no status do ferro. Complementarmente, analisou-se 1 artigo sobre uso de anticoncepcionais; 5 sobre suplementação de ferro; 4 sobre ciclo menstrual e 5 sobre exercício aeróbio e ferro desconsiderando o ciclo menstrual. Totalizando uma análise complementar de 15 artigos para dar um novo cenário ao que acontece no exercício de força.

Figura 01 - Fluxograma dos termos de busca e da quantidade de artigos utilizados.



Fontes: National Library of Medicine - PubMed, Google Scholar, Scispace, Scientific Electronic Library Online - SciELO)

4. RESULTADOS

Diante dos estudos apresentados, investigou-se a influência do ferro no treinamento resistido. No entanto, devido à escassez de pesquisas específicas sobre o status do ferro e seu impacto no treinamento resistido, foram incluídos resultados de estudos complementares sobre contraceptivos orais, suplementação de ferro na dieta, exercício aeróbico e ciclo menstrual visando enriquecer o contexto do tema.

Dos estudos que analisaram o status do ferro usando treinamento resistido, os principais achados corroboram para: que o treinamento resistido moderado melhora o status do ferro no organismo (FUJII, 2012). Existem diferenças significativas e específicas de acordo com a diferença de sexo (MURRAY-KOLB, 2001). Parece que a realização de TR pode ter efeitos positivos e anti inflamatórios em indivíduos com e sem deficiência de ferro (BEHZADNEZHAD, 2021). Porém, em todos os trabalhos não foi avaliada a variável do ciclo menstrual, além de terem utilizado populações totalmente distintas, sendo a comparação inviável. Para maiores detalhes consultar a tabela 1.

Quanto à intensidade nos protocolos de treinamento, no estudo de BEHZADNEZHAD (2021) foram divididos dois grupos em moderada e alta intensidade, mas as comparações não revelaram diferenças significativas no ferro sérico. No entanto, é importante considerar a limitação de utilizar o ferro sérico como medida, pela alta variabilidade durante o dia e entre as pessoas. Em relação à hepcidina e ao TNF- α , observou-se um impacto significativo nas diferentes intensidades; o treinamento resistido moderado reduziu os níveis de TNF- α . A redução da hepcidina com o treinamento resistido moderado também foi observada, porém pode estar associada à regulação do ferro no organismo, impulsionada pelo aumento da necessidade desse mineral (BEHZADNEZHAD, 2021). Em um estudo conduzido por FUJII (2012) com protocolo de treinamento resistido moderado, a concentração plasmática de ferro e a saturação da transferrina aumentaram pós-exercício em relação ao pré-exercício. Contudo, é crucial mencionar a limitação deste estudo relacionada à mensuração do ferro apenas pelo ferro sérico e às características específicas da população analisada (FUJII, 2012). O estudo de MURRAY-KOLB (2001) sobre treinamento resistido e status do ferro adotou um protocolo de alta intensidade, não evidenciando alterações no ferro sérico em homens e mulheres. Entretanto, a ferritina sérica declinou significativamente ao

longo do tempo nas mulheres, indicando diferenças no ciclo do ferro entre os sexos após a menopausa. Considerando a idade como um fator limitante, seria pertinente realizar um estudo similar com mulheres em idade fértil.

As limitações nos estudos merecem uma análise mais aprofundada. No trabalho de BEHZADNEZHAD (2021), a amostra, embora reveladora, foi pequena e abrange uma faixa etária limitada, sugerindo a necessidade de investigações mais abrangentes com amostras diversificadas em idade e períodos de treinamento mais prolongados. Além disso, a ausência de análise das variáveis ciclo menstrual e uso de anticoncepcionais, especialmente em uma amostra feminina, é uma lacuna relevante, considerando a comprovada influência do ciclo menstrual no status do ferro (GIANETTI, 2019). Quanto ao estudo de FUJII (2012), embora seus resultados sejam promissores, é crucial testar sua aplicabilidade em seres humanos. Similarmente ao estudo de BEHZADNEZHAD (2021), o estudo com idosos enfrenta limitações relacionadas à duração do programa de treinamento (MURRAY-KOLB, 2001). Além disso, a utilização exclusiva da variável de mensuração do ferro sérico em alguns estudos destaca uma possível limitação, uma vez que os resultados podem ser influenciados pelo momento do dia em que as amostras foram coletadas.

Com relação ao ferro e ciclo menstrual feminino, LAINÉ *et al* (2016) encontraram variações no metabolismo do ferro; incluindo hepcidina, ferro sérico e hemoglobina; durante as fases do ciclo menstrual, sendo que 29% da amostra apresentou níveis de ferro abaixo do normal na menstruação. GIANETTI (2019) encontrou que os níveis de ferro, ferritina e saturação de transferrina são significativamente mais baixos durante a fase folicular do ciclo menstrual do que na fase lútea, o que pode ser explicado pela perda de ferro nos dias da menstruação e aumento da necessidade do corpo de repor os estoques somente após esse período. Os resultados de ANGELI *et al* (2016) corroboraram com o resultado de LAINÉ *et al* (2016) em que os níveis de ferro e hepcidina diminuíram no início da menstruação, seguida por uma recuperação no final da fase folicular e estabilização durante a fase lútea. Neste mesmo estudo, foi encontrado que mulheres que usam contraceptivos orais apresentam menor eliminação do ferro ao longo do ciclo, consequentemente mantendo maiores estoques do mineral do que mulheres que não usam (ANGELI, 2016). Por último, o estudo recente de ALFARO-MAGALHÃES (2022) mostrou uma diminuição dos níveis de ferro durante a fase folicular precoce

(menstruação), mas não mostra respostas claras entre as diferentes fases do ciclo. Com relação a hepcidina, ela não variou.

Os resultados da suplementação do ferro no estudo de HINTON (2000) mostraram que melhorou a resposta adaptativa ao treinamento, e melhorou o tempo contra-relógio dos atletas. PASRICHA (2014) em sua metanálise encontrou resultados positivos, e a suplementação beneficia as reservas de ferro e níveis de hemoglobina. Já GARVICAN (2014) encontrou que a suplementação pode aumentar os estoques de ferro em corredores com deficiência de ferro, porém, como o método de suplementação foi intravenoso, fica difícil comparar os resultados. Agora com jogadoras de vôlei, RADJEN (2011) viu que a suplementação melhorou o ferro tanto no grupo com deficiência de ferro sem anemia quanto no grupo com anemia. Sendo que neste último houve um aumento do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, podendo ser um grande indicativo de melhora dos níveis de Hb. Outro estudo que buscou as respostas da suplementação de ferro intravenosa foi o BURDEN (2015). Ele encontrou que uma dose melhorou o nível de ferro, mas sem melhorar a capacidade aeróbia.

Os estudos que trabalharam com o exercício físico aeróbio mostraram que o treino no longo prazo pode acabar com os estoques de ferro e hepcidina durante um protocolo de corrida (AUERSPERGER, 2013). O mesmo estudo também mostrou que a prevalência de corredoras com anemia de ferro pós treinamento aumentou. DELLAVALLE (2012) avaliou o desempenho de uma amostra de remadoras com déficit de ferro sem anemia, com anemia e com reservas normais. O resultado mostrou que a DFSA pode prejudicar o treino e assim o desempenho dos remadoras, e que o nível de treinamento pode influenciar no $\dot{V}O_{2(\text{pico})}$ da amostra.

No que tange os níveis de hepcidina e a resposta do ferro nos exercícios de resistência, PEELING (2017, 2014) encontrou que apesar do exercício mexer com os níveis de hepcidina, o ferro desempenha um papel dominante nesse balanço. Outro estudo do mesmo autor, mostrou que o exercício de resistência de alta intensidade foi o responsável pelo aumento dos níveis de hepcidina (PEELING, 2009). Ainda sobre a hepcidina, ISHIBASHI (2017) decidiu medir as variáveis de intensidade dentro do protocolo de corredoras de longa distância, e encontrou que os níveis de hepcidina foram maiores no treinamento de alta intensidade, mesmo com uma ingestão diária de ferro normal.

Tabela 1: Estudos que analisaram a relação entre o treinamento resistido e o metabolismo do ferro.

AUTOR(ES)	OBJETIVOS	POPULAÇÃO	AVALIAÇÃO	PLANO DE TREINO
BEHZADNEZHAD et al. (2021)	Investigar o efeito do treinamento resistido e da ferritina básica na regulação da hepcidina, no status de ferro e nos marcadores inflamatórios em meninas com sobrepeso/obesidade.	40 estudantes universitárias (18-22 anos, IMC 25-35. O estudo não fala sobre o nível de atividade física das participantes.	Coleta de sangue da veia para medir hepcidina, ferritina, hemoglobina, ferro, capacidade total de ligação de ferro (TIBC), TNF- α e IL-6. A concentração de TIBC foi medida pelo método de radioimunodifusão. Um método fotométrico foi utilizado com ferrozina para medir o ferro sérico, e os níveis de ferritina foram medidos com o kit vanguard. Os níveis de hepcidina, IL-6 e TNF- α foram medidos pelo método ELIZA.	O aparelho utilizado foram as faixas elásticas. TR - 10 semanas, nas primeiras 2 semanas houve familiarização com o tipo de exercício com 15 RM. A primeira cor escolhida foi azul, onde faziam de 15 a 20 repetições. Após 4 semanas houve reavaliação e aumento da força elástica para os grupos - 3x12. O descanso entre as séries foi de 90s, e entre os movimentos de 30s. Exercícios: abdução e adução do quadril, flexão e

				extensão do quadril, parótida, parte superior do tronco, coroa, abdução do ombro, flexão e extensão do cotovelo. Entre o grupo de moderada e alta intensidade a diferença na elasticidade foi de 25%.
MURRAY-KOLB et al. (2001)	Examinar os efeitos do treinamento resistido nos índices hematológicos e selecionados do status de ferro em 17 mulheres com idade entre 54 e 71 anos e 18 homens com idade entre 56 e 69 anos.	17 mulheres (peso moderado, pós-menopausa, 54-71 anos), 18 homens (peso moderado, 56-69 anos)	Uma amostra de sangue foi coletada, onde foram medidos hematócritos, hemoglobina, células vermelhas, células brancas com um instrumento Coulter Microdiff 16. As concentrações de ferro sérico e a capacidade total de ligação do ferro foram medidas por coulometria e, em seguida, foi calculada a saturação da transferrina. As concentrações	Protocolo durante 11 semanas de um treinamento progressivo de alta intensidade. Duas vezes por semana, 3x8 repetições a 80% 1RM. Exercícios: extensão unilateral do joelho, flexão unilateral do joelho (as mulheres realizaram flexão bilateral do joelho), leg press duplo, supino sentado e exercícios

			de ferritina sérica pelo método de radioimunodifusão.	de tração de braço sentado. Nas duas primeiras séries foram mantidas 8 reps e na terceira até a fadiga ou 12 reps. No caso de 12 repetições completas era aumentado a resistência do exercício em 5% na próxima sessão. O teste de 1RM foi repetido nas semanas 7 e 13 do estudo. Após a sessão de treino, eram seguidas por 10min de bike de baixa intensidade.
--	--	--	--	---

Tabela 1: continuidade.

AUTOR(ES)	RESULTADO	CONCLUSÃO
BEHZADNEZH AD et al. (2021)	Não houve diferença significativa entre o modo de exercício intenso e moderado ($P > 0,05$). diferença significativa entre níveis baixos e altos de ferritina para hepcidina ($P = 0,017$). outras variáveis não mostraram diferenças significativas (todos $P > 0,05$). Ferritina ≤ 30 – exercício intenso: foram observadas quedas significativas de peso, IMC, hepcidina, IL-6 e TNF-α em comparação com as medidas basais (todas $P < 0,05$) Ferritina ≤ 30 – exercício moderado: foram observadas reduções significativas no IMC, hepcidina, TNF-α e ferritina em comparação com as medidas basais (todas $P < 0,05$). Ferritina > 30 – exercício intenso: foram observadas reduções significativas no peso, IMC, hepcidina, TNF-α e ferritina em comparação com as medidas basais (todas $P < 0,05$)	TR alto e moderado em indivíduos com e sem deficiência de estoques de ferro leva a uma diminuição significativa nos níveis de hepcidina e TNF-α, mas apenas a intensidade elevada do TR diminui significativamente a IL-6. Parece que a realização de TR pode ter efeitos positivos e anti inflamatórios em indivíduos com e sem deficiência de ferro.

MURRAY-KOLB et al. (2001)	Aumento na saturação da transferrina nos homens. A concentração de ferritina sérica diminuiu significativamente nas mulheres. As concentrações de receptores de transferrina aumentaram significativamente nos homens. Não encontrou mudanças nos níveis de ferro sérico induzido pelo exercício resistido	A conclusão é que o status do ferro em homens e mulheres idosos têm mudanças específicas de acordo com a diferença de sexo
------------------------------	--	--

5. DISCUSSÃO

Em esportes de resistência, o ferro é amplamente utilizado pelo organismo, sendo seu nível na circulação sanguínea um potente mediador da performance do atleta (DUBNOV, 2004). No músculo esquelético, sua deficiência pode levar a uma série de alterações musculares, incluindo fadiga, fraqueza, diminuição da performance e aumento de risco de lesões (MACHADO A. S., 2019). Nos exercícios de força, encontramos resultados completamente diferentes dos apresentados até então na literatura.

Diante disso, a tabela 1 apresentada acima destaca os únicos estudos encontrados que investigaram o status do ferro no organismo e protocolos de treinamento resistido de diferentes intensidades. Os achados indicam que o exercício de força em intensidade moderada pode ajudar a contribuir para melhorar os níveis de ferro organismo, porém, o estudo de FUJII (2012) usou uma população de ratos com déficit de ferro, o que limita as discussões sobre populações não deficitárias de ferro e de seres humanos.

Não foi apenas este estudo isolado que mostrou melhoras no metabolismo do ferro através do treinamento de força, BEHZADNEZHAD (2021) encontrou que o exercício moderado reduziu os níveis de hepcidina e TNF- α , e como esta primeira proteína é indiretamente proporcional a quantidade de ferro (PREZA, 2013), o treinamento pode ser um indicativo de melhora do mineral na circulação. O protocolo de exercícios de alta intensidade resultou em uma diminuição do IL-6, indicando possível minimização da resposta inflamatória. Entretanto, é importante considerar que a amostra consiste em meninas com obesidade e sobrepeso, condições associadas a níveis elevados de IL-6 (LEITE, 2009). A redução da massa gorda no estudo pode ter contribuído para a diminuição dos níveis de IL-6 no organismo (WANG, 2023).

Por fim, o estudo de MURRAY-KOLB (2001) ressaltou as diferenças no metabolismo do ferro entre os sexos, porém, esse resultado já não é inovador na literatura. Embora tenha sido promissor na época de sua publicação, em 2023, esse resultado é considerado esperado por conta das diferenças fisiológicas entre os gêneros (SIM, 2019).

Com relação aos métodos de cada estudo, BEHZADNEZHAD (2021) e MURRAY-KOLB (2001) utilizaram a melhor forma de avaliação do metabolismo do

ferro descritos na literatura, que é a combinação de vários parâmetros; como ferritina, ferro sérico, hemoglobina, transferrina e hepcidina (PAIVA, 2000). O que aumenta a confiabilidade dos resultados destes estudos. No estudo de FUJII (2012), foi utilizado apenas a coleta de ferro sérico, que pode variar de acordo com o horário das coletas e de fatores individuais (PAIVA, 2000).

O plano de treinamento de cada um dos estudos, também deve ser discutido. BEHZADNEZHAD (2021) utilizou um protocolo de 10 semanas com faixas elásticas, que possuem características de variações de carga no decorrer da execução do movimento. O problema do uso deste material, é a falta de um método de controle quantitativo e direto da intensidade dos exercícios (PETERSON, 2010), podendo comprometer o parâmetro de qualidade das intensidades apresentadas pelo estudo. MURRAY-KOLB (2001) apresentou um protocolo de 11 semanas a 80% 1RM com exercícios de carga. A utilização de um protocolo onde as cargas não variam apresenta um controle de variável importante para entender as alterações do ferro induzidas por diferentes intensidades de treinamento de força. O estudo de FUJII (2012) apresentou um protocolo de escalada. Este é um protocolo comumente utilizado para esta população e, apesar de ser um parâmetro de difícil controle de intensidade de carga, pode ser utilizado em conjunto com outras variáveis para dosagem de intensidade dos exercícios sendo, portanto, confiável para a validação dos resultados (NETO et al., 2016).

Esses achados destacam a complexidade da relação entre o treinamento resistido e o metabolismo do ferro, ressaltando a necessidade contínua de investigações mais abrangentes e específicas; com diferentes protocolos, populações, intensidades, duração; para compreender totalmente essas interações.

Complementarmente, as próximas seções discorreram sobre os principais resultados encontrados nesta revisão que abordam a influência do ciclo menstrual uso de anticoncepcionais e suplementos, além de sua relação com outros tipos de atividades físicas, principalmente exercícios e atividades esportivas aeróbicas.

5.1. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DO CICLO MENSTRUAL E SUPLEMENTAÇÃO DE FERRO

A relação do ferro com o ciclo menstrual é complexa e ainda não totalmente compreendida (GIANETTI, 2019). No entanto, sabe-se que os níveis de ferro no corpo das mulheres podem flutuar durante o ciclo menstrual, sendo mais baixos no início da fase lútea. Essa queda nos níveis de ferro pode ser devido à perda de sangue menstrual, que pode levar à redução dos níveis de ferro no corpo. Um estudo realizado por GIANETTI *et al.* (2019) mostrou que os níveis de ferro, ferritina e saturação de transferrina são significativamente mais baixos durante a fase folicular do ciclo menstrual do que na fase lútea. Os achados de ANGELI (2016) e LAINÉ (2016) corroboram com o resultado de GIANETTI (2019), onde durante o ciclo menstrual o nível de ferro cai, e acaba se estabilizando na fase lútea. Porém, o estudo de ALFARO-MAGALHÃES (2022) não mostrou diferenças entre os níveis de ferro na fase folicular e lútea, apenas no início da menstruação. Todavia, estes resultados sugerem que o ciclo menstrual deve ser levado em consideração na montagem dos materiais e métodos de estudo com o ferro e o público feminino.

Os hormônios gonadais e sua influência no metabolismo do ferro foram pouco discutidas. Sabe-se que a quantidade da testosterona é semelhante em meninos e meninas na infância, e que esse hormônio desempenha um papel na eritropoiese (BHASIN, 2003), mas a partir da puberdade há uma aumento constante nesses níveis refletindo o amadurecimento fisiológico. Em meninos com puberdade retardada a hemoglobina não acompanha esse desenvolvimento e pode refletir em um estado anêmico. Já a testosterona e seu efeito na regulação do ferro em mulheres não foi testado, e pode influenciar o ferro no ciclo menstrual (NÓBREGA, 2009).

Com relação aos hormônios progesterona e estrogênio, temos apenas estudos relacionados ao tratamento de fertilização *in vitro* correlacionando-os com a hepcidina.

LAINÉ e colaboradores (2016), descobriram que os níveis de hepcidina são afetados em diferentes fases do ciclo, ocorrendo um declínio do peptídeo em fase menstrual, e uma recuperação na fase folicular tardia a partir do décimo dia. Essa variação da hepcidina, coincide com aumento do estrogênio na fase folicular tardia e

pico de testosterona na ovulação. Na fase lútea temos um pico de progesterona, o que pode provocar o aumento da hepcidina. Em vista dessas variações, a utilização de suplementos para suprir o estoque de ferro pode ser mais eficaz na fase folicular tardia e, durante a menstruação, podendo haver uma maior receptividade para suplementação de ferro já que temos uma perda alta de sangue no período.

Além disso, temos as variáveis relacionadas à contracepção, que foi associada a níveis elevados de ferro (ANGELI *et al*, 2016), porém, a duração do ciclo, tipo de medicamento usado e suas concentrações não foram controladas, impossibilitando ter um posicionamento mais claro sobre isso. Mas o uso de anticoncepcionais orais geralmente diminui a quantidade de sangue perdida em cada ciclo em aproximadamente 60% (BORTOLINI & FISBERG, 2010), podendo ser que esse seja um fator positivo para manter o estoque do mineral normal no organismo, como mostrou o estudo de ANGELI (2016).

Tendo em vista a grande dificuldade de estudos para controlar as variáveis hormonais e fisiológicas, e a diferença entre metodologias, novas pesquisas são necessárias para garantir que a população feminina, tanto de atletas quanto de mulheres em geral, não tenham problemas com a deficiência de ferro e o uso de contraceptivos orais.

Com relação à suplementação do ferro, um estudo realizado por HINTON *et al* (2000), demonstrou que a suplementação de ferro melhora a resistência em mulheres com estoque depletado porém não anêmicas. Em uma revisão sistemática e metanálise mais recente, foram comparados 24 estudos sobre suplementação de ferro em mulheres com deficiência de ferro e não anêmicas e em um grupo placebo. Os principais resultados foram que o desempenho físico em mulheres de idade reprodutiva melhorou a capacidade máxima de exercício e resistência. Também mostrou que a suplementação melhorou os níveis de hemoglobina e ferritina, indicadores do status de ferro (PASRICHA *et al*, 2014). Porém, as conclusões são limitadas pelas diferenças de metodologia presentes nos artigos examinados. Entretanto são vários os estudos que não encontraram resultados dos efeitos de tratamento com ferro no desempenho de atletas femininas de resistência com deficiência de ferro (GARVICAN *et al.*, 2014; RADJEN *et al.*, 2011; BURDEN, POLLOCK *et al.*, 2015). Além disso, não existem evidências conclusivas que a suplementação de ferro em atletas não anêmicos é benéfica (WEIGHT, 1994).

Ademais, antes de ter qualquer tipo de terapia com ferro, é preciso descartar outras patologias crônicas. O uso de suplementação de ferro só pode ser consentido se observado uma ingestão de ferro na dieta insuficiente, ou, em atletas com déficit e anemia já comprovados. Após condutas relacionadas à alimentação implementadas e sem resultado, deve-se recorrer à suplementação.

No mais, existem inúmeros estudos investigando as variações do ferro e sua suplementação para ajudar mulheres, porém ainda há um grande número de deficiência de ferro prevalente. Esses resultados mostram que são necessários maiores estudos, com amostras referentes à mulheres atletas de alta performance, com e sem anemia e com metodologias confiáveis.

5.2. ANÁLISE DO FERRO E EXERCÍCIO AERÓBIO

Atletas de alta performance apresentam uma grande capacidade aeróbia, alcançada através de adaptações fisiológicas nas funções cardiovascular e respiratória, com o aumento do tamanho das mitocôndrias nas células musculares, aumento de massa muscular, do volume sanguíneo e consequentemente aumento da descarga de oxigênio no tecido muscular (HAWLEY *et al*, 2008). Por isso, identificar e corrigir quantidades certas de ferro pode ter um impacto significativo no desempenho em esportes de resistência ou que tenham este como componente significativo. Além disso, estudos vêm analisando as mudanças induzidas pelo exercício no status de ferro e níveis de hepcidina, o estudo de AUERSPERGER *et al.* (2013) coletou uma amostra de 14 corredoras, sendo que 7 apresentavam deficiência de ferro. Foram realizados testes no início do treinamento, e após o protocolo de 8 semanas, o teste era uma corrida contra-relógio de 2400m em um ambiente externo. Ao final do estudo, a prevalência de reservas de ferro esgotadas foi de 71% na fase final de treinamento, e os estoques de hepcidina e ferro diminuíram durante o treinamento de corrida de longo prazo e não se recuperaram após dez dias. Mais um estudo, desta vez com remadoras universitárias, quis entender a relação entre o nível de ferro e o treinamento de resistência e desempenho. Foi encontrado que mulheres com depleção de ferro sem anemia (DFSA) apresentam menor VO₂pico e maior concentração de lactato durante um treinamento de 4km comparado com remadoras com níveis normais de ferro (DELLAVALLE & HAAS, 2012)

Porém, estes estudos não consideraram a fase do ciclo menstrual que as atletas estavam quando fizeram a coleta, podendo este ser um fator limitante considerando que o status de ferro e hepcidina mudam de acordo com os períodos do ciclo menstrual (GIANETTI *et al.*, 2019; LAINÉ *et al.*, 2016).

Agora, analisando estudos que consideraram o ciclo menstrual, a pesquisa realizada por ALFARO-MAGALHÃES *et al* (2022) com 21 mulheres treinadas em exercício de resistência teve por objetivo investigar os efeitos na resposta da hepcidina ao exercício de corrida durante as três fases do ciclo menstrual. O método utilizado para calcular a duração do ciclo foi o calendário, além do teste de ovulação urinário caseiro para descobrir a fase folicular tardia (FFT). O resultado confirmou

que a fase do ciclo menstrual influencia significativamente o nível de ferro em mulheres eumenorréicas fisicamente ativas e que fizeram um protocolo de corrida intervalada, e apresentou que a hepcidina não variou. Outro estudo realizado por ISHIBASHI *et al* (2017), mostrou que níveis elevados de hepcidina foram observados durante período de treinamento intenso. Mas devemos considerar que o estudo não controlou as variáveis do ciclo menstrual com um protocolo apropriado, podendo ter interferido no resultado do estudo.

Existem estudos que relatam níveis elevados de hepcidina 24h após o exercício e aumento agudo de ferro sérico (PEELING, 2009). Outras pesquisas realizadas pelo mesmo autor, mostraram que a probabilidade das reservas de ferro em atletas serem fator predominante na atividade da hepcidina são altas (PEELING, 2017, 2014).

As análises dos estudos indicam que o exercício de resistência pode ter um impacto negativo no status de ferro em atletas do sexo feminino, especialmente aquelas que apresentam deficiência ou depleção de ferro sem anemia. Adicionalmente, é observado que a fase do ciclo menstrual exerce influência sobre a resposta da hepcidina ao exercício de resistência. As implicações práticas dessas descobertas são significativas. Especialmente a monitorização do status de ferro deve ser uma prática rotineira para atletas do sexo feminino envolvidas em esportes de resistência.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na discussão apresentada, a influência do ferro no desempenho esportivo, especialmente em esportes de resistência, emerge como um componente crítico. A necessidade de equilibrar adequadamente os níveis de ferro no organismo para otimizar a performance atlética, tanto no contexto de exercícios de resistência quanto de força, é evidente. Os estudos analisados proporcionam uma visão mais abrangente dessa relação complexa. Os resultados indicam que o exercício de força em intensidade moderada pode contribuir para melhorar os níveis de ferro no organismo, destacando a importância desse tipo de treinamento como um possível indicativo positivo para o metabolismo do ferro. No entanto, é crucial considerar as limitações, como a amostra específica de ratos com déficit de ferro no estudo de FUJII (2012), e a população com obesidade no do BEHZADNEZHAD (2021), que restringe as generalizações para populações não deficitárias e seres humanos.

Considerando a complexidade da relação entre o ferro e o ciclo menstrual, os estudos discutidos nesta revisão fornecem insights valiosos, mas também destacam lacunas que exigem investigações mais aprofundadas. As flutuações nos níveis de ferro ao longo do ciclo menstrual, evidenciadas por diferentes pesquisas, indicam a necessidade de considerar essas variações ao planejar estudos futuros sobre o metabolismo do ferro em mulheres. Além disso, conclui-se através desta revisão que os níveis de ferro na menstruação são reduzidos, podendo ser um período ótimo para a suplementação de ferro em mulheres com deficiência de ferro e anêmicas.

Quanto à suplementação de ferro, a revisão aponta para resultados divergentes, enfatizando a importância de considerar a individualidade das respostas ao tratamento. Porém, de acordo com os estudos apresentados pode-se concluir que a suplementação pode ser eficiente em casos onde o atleta já apresenta situação de anemia ou deficiência. Em situações em que a nutrição adequada não se mostra suficiente para promover o aumento dos estoques de ferro, é aconselhável consultar um profissional médico para avaliar a viabilidade de tratamentos com suplementos.

Em síntese, embora os anticoncepcionais orais pareçam estar associados a níveis elevados de ferro, a falta de controle rigoroso em relação a diversas variáveis impede uma conclusão definitiva. A redução na perda de sangue menstrual proporcionada por esses medicamentos pode, no entanto, ser considerada como um

possível benefício na manutenção do equilíbrio do mineral no organismo.

Diante do exposto, as implicações práticas para atletas do sexo feminino é monitorar status do ferro, e a avaliação do ciclo menstrual deve ser constantemente. Sobre o treinamento resistido, as seguintes recomendações podem ser feitas: 1) Atletas que praticam treinamento de força devem fazer exames periódicos para avaliar o status do ferro; 2) Atletas com deficiência de ferro ou anemia devem ser orientados a aumentar a ingestão de alimentos ricos em ferro e, se necessário, a suplementar ferro; 3) Mulheres que praticam treinamento de força de alta intensidade devem ser monitoradas, até mesmo aquelas na pós-menopausa.

Em resumo, os efeitos do ferro no treinamento de força ainda carecem de uma consolidação conclusiva. Os estudos revisados não evidenciaram redução de desempenho nem diminuição nas reservas de ferro decorrentes do treinamento. Essa constatação destaca a importância premente de empreender investigações mais aprofundadas e meticulosamente controladas, visando uma compreensão mais precisa e abrangente desse cenário.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISEN P. *The transferrin receptor and the release of iron from transferrin*. Adv Exp Med Biol; 356:31–40, 1994.
2. ALFARO-MAGALLANES, V.M., BARBA-MORENO, L., ROMERO-PARRA, N. *et al. Menstrual cycle affects iron homeostasis and hepcidin following interval running exercise in endurance-trained women*. Eur J Appl Physiol 122, 2683–2694, 2022.
3. ANGELI, A., LAINÉ, F., LAVENU, A., ROPERT, M., LACUT, K., GISSOT, V., SACHERHUVELIN, S., JEZEQUEL, C., MOIGNET, A., LAVIOLLE, B., & COMETS, E. *Joint model of iron and hepcidin during the menstrual cycle in healthy women*. The AAPS Journal, 18(2), 490–504, 2016.
4. ARAÚJO CF, MORAES M, DINIZ AS, COSENDEY A. Pseudoanemia dilucional e os atletas olímpicos. Rev Bras Anal Clin; 36(4):197-200, 2004.
5. AUERSPERGER I, ŠKOF B, LESKOŠEK B, KNAP B, JERIN A, *et al. Exercise-Induced Changes in Iron Status and Hepcidin Response in Female Runners*. PLOS ONE 8(3): e58090, 2013.
6. BACCINI F, SPIRITI MA, VANNELLA L, *et al. Unawareness of gastrointestinal symptomatology in adult coeliac patients with unexplained iron-deficiency anaemia presentation*. Aliment Pharmacol Ther;23:915–21, 2006.
7. BEARD, J. L. *Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning*. The Journal of Nutrition, 131 (2S–2), 568S–579S. discussion 580S, 2001.
8. BEHZADNEZHAD N, ESFARJANI F, MARANDI SM. *Impact of resistance training and basic ferritin on hepcidin, iron status and some inflammatory markers in overweight/obese girls*. J Res Med Sci. Oct 18;26:95, 2021.
9. BHANDARI, P. *Iron Intake and Status in Athletes: A Review*. Nutrients, 12(11), 3346, 2020.
10. BHASIN, S. *Regulation of body composition by androgens*. Journal of Endocrinological Investigation, 26(9), 814–822, 2003.
11. BROWN, J. B., & THOMAS, A. *Types of ovarian activity in women and their significance: The continuum (a reinterpretation of early findings)*. Human Reproduction Update, 17(2), 141–158, 2011.
12. BURDEN, R. J., POLLOCK, N., WHYTE, G. P., RICHARDS, T., MOORE, B., BUSBRIDGE, M., & PEDLAR, C. R. *Effect of intravenous iron on aerobic capacity and iron metabolism in elite athletes*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 47(7), 1399–1407, 2015.

13. CHARLES R PEDLAR, CARLO BRUGNARA, GEORGIE BRUINVELS & RICHARD BURDEN. *Iron balance and iron supplementation for the female athlete: A practical approach*. **European Journal of Sport Science**, 2017.
14. CHOMA SS, ALBERTS M, MODJADJI SE. *Conflicting effects of BMI and waist circumference on iron status*. **J Trace Elem Med Biol**; 32:73–8, 2015.
15. CLAIRE E. BADENHORST , KAZUSHIGE GOTO , WENDY J. O'BRIEN & STACY SIMS. *Iron status in athletic females, a shift in perspective on an old paradigm*. **Journal of Sports Sciences**, 2021.
16. DELLAVALLE, D. M., & HAAS, J. D. *Iron status is associated with endurance performance and training in female rowers*. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 44(8), 1552–1559, 2012.
17. DE-REGIL L.M., LÓPEZ-PIÑEIRO A., GARCÍA-HERNÁNDEZ M., *et al.* *Iron status in elite basketball players: a cross-sectional study*. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 116, n. 1, p. 87-92, 2016.
18. DEVINCENZI UM, RIBEIRO LC, SIGULEM DM. Anemia ferropriva na primeira infância. **Rev Nutr**; 11(2):5-17, 2000.
19. DUBNOV, G., & CONSTANTINI, N. W. *Prevalence of Iron Depletion and Anemia in Top-level Basketball Players*. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, 14(1), 30-37, 2004.
20. FAIRBANKS VG, BEUTLER E. *Iron metabolism*. Williams-Hematology. 6th ed. New York: Mcgraw-Hill; p. 295-304, 2001.
21. FALLON KE. *Utility of hematological and iron-related screening in elite athletes*. **Clin J Sport Med**; 14(3):45-52, 2004.
22. FLECK SJ, KRAEMER WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. 2. ed. Porto Alegre: Ed Artes Médicas Sul Ltda, 1999.
23. FUJII T, MATSUO T, OKAMURA K. *The effects of resistance exercise and post-exercise meal timing on iron status in iron-deficient rats*. **Biol Trace Elem Res**; 147:200–5, 2012.
24. GARVICAN, L. A., SAUNDERS, P. U., CARDOSO, T., MACDOUGALL, I. C., LOBIGS, L. M., FAZAKERLEY, R., & GORE, C. J. *Intravenous iron supplementation in distance runners with low or suboptimal ferritin*. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 46(2), 376–385, 2014
25. GIANETTI, A., *et al.* *Serum iron, ferritin, and transferrin saturation levels during the menstrual cycle*. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, 104(1), 131-137, 2019.

26. GISELE A. BORTOLINI; MAURO FISBERG. Orientação Nutricional do paciente com deficiência de ferro. **Rev. Bras. Hematol.** Hemoter. 32 (supl 2) Jun , 2010.
27. GLEESON, M. I.; BAKER, J. E.; ROBSON, P. J. *The role of iron in oxygen transport and resistance training performance.* **Sports Medicine**, vol. 45, no. 12, p. 2129-2144, 2015.
28. GUYTON, A. C., & HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica** (13ª ed.). Elsevier, pág 634, 2021.
29. HAWLEY, J. A.; HARGREAVES, M. *Physiological adaptations to endurance exercise training and their underlying molecular mechanisms.* **The Journal of Physiology**, v. 585, n. 1, p. 1-25, 2008.
30. HINTON, P. S.; GIORDANO, C.; BROWNLIE, T.; HAAS, J. D. *Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women.* Division of Nutritional Sciences, Cornell University, Ithaca, New York 14853, 2000.
31. HOFFBRAND AV, PETTIT FE, MOSS PAH. *Essential Haematology*. 5th ed. Oxford (UK): Blackwell Publishing. Chapter 3, Hypochromic anaemias and iron overload; p. 28-43, 2006.
32. ISHIBASHI A, MAEDA N, SUMI D, GOTO K. *Elevated serum hepcidin levels during an intensified training period in well-trained female long-distance runners.* *Nutrients* 9:277, 2017.
33. KNECHTLE, B.; KNECHTLE, P.; ROSEMAN, T. *Iron status and endurance exercise performance.* **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 61-74, 2014.
34. KREBS, H. A., & BEUTLER, E. **Metabolismo** (7ª ed.). Elsevier, 2021.
35. KOORTS AM, VILJOEN M. *Ferritin and ferritin isoforms II: protection against uncontrolled cellular proliferation, oxidative damage and inflammatory processes.* *Arch Physiol Biochem*;113:55–64, 2007.
36. LAINÉ, F., ANGELI, A., ROPERT, M., JEZEQUEL, C., BARDOU-JACQUET, E., DEUGNIER, Y., GISSOT, V., LACUT, K., SACHER-HUVELIN, S., LAVENU, A., LAVIOLLE, B., & COMETS, E. *Variations of hepcidin and iron-status parameters during the menstrual cycle in healthy women.* **British Journal of Haematology**, 175(5), 980–982, 2016.
37. LEITE D. LÚCIA, ROCHA. E. D. M, BRANDÃO-NETO. J. Obesidade: uma doença inflamatória. **Revista Ciência & Saúde**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 85-95, 2009.

38. MACHADO, A. S., & PEREIRA, R. M. O papel do ferro na função muscular. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 25(3), 212-217, 2019.
39. MEANS JR., RT. *Red blood cell function and disorders of iron metabolism*. ACP Medicine;1-18, 2008.
40. MONTERO, D., BREENFELDT-ANDERSEN, A., OBERHOLZER, L., HAIDER, T., GOETZE, J. P., MEINILD-LUNDBY, A. K., & LUNDBY, C. Erythropoiesis with endurance training: Dynamics and mechanisms. **American Journal of Physiology** – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 312(6), R894–R902, 2017.
41. MUCKENTHALER, M. U., & HENTZE, M. W. *A Red Carpet for Iron Metabolism*. *Cell*, 169(1-2), 1-18, 2017.
42. MURRAY-KOLB LE, BEARD JL, JOSEPH LJ, DAVEY SL, EVANS WJ, CAMPBELL WW. *Resistance training affects iron status in older men and women*. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**. Sep;11(3):287-98, 2001.
43. NAOUM, Flávio Augusto. Doenças que alteram os exames hematológicos. São Paulo: Atheneu, 220 p, 2010.
44. NEMETH, E., & GANZ, T. *Regulation of iron metabolism by hepcidin*. **Annual Review of Nutrition**, 26(1), 323–342, 2006.
45. NETO, W. K.; SILVA, W. A.; CIENA, A. P.; ANARUMA, C. A.; GAMA, E. F. Vertical Climbing for Rodent Resistance Training: a Discussion about Training Parameters. *International Journal of Sports Science*, 6(1A): 36-49, 2016.
46. NÓBREGA, L. H. C., AZEVEDO, G. D., LIMA, J. G., FERRIANI, R. A., SPRITZER, P. M., SÁ, M. F. S., & MARANHÃO, T. M. O. *Analysis of testosterone pulsatility in women with ovulatory menstrual cycles*. **Arquivos Brasileiros De Endocrinologia E Metabologia**, 53(8), 1040–1046, 2009.
47. OLIVEIRA, L. A., PAULA, T. O., SOUZA, A. L., OLIVEIRA, M. C. A., SOUZA, J. C. C., & ALMEIDA, P. C. Aspectos gerais da deficiência de ferro no esporte, suas implicações no desempenho e importância do diagnóstico precoce. **Revista Nutrição em Pauta**, 14(103), 44-49, 2006.
48. PAIVA, ADRIANA., RONDÓA, PATRÍCIA E GUERRA-SHINOHARA, ELVIRA. Parâmetros para avaliação do estado nutricional do ferro. **Rev. Saúde Pública** 34 (4) • Ago, 2000.
49. PASRICHA SANT-RAYN, MICHAEL LOW, JANE THOMPSON, ANN FARRELL, LUZ-MARIA DE-REGIL. *Prevalence of iron deficiency and iron deficiency anemia in elite athletes: a systematic review and meta-analysis*. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2014.

50. PEELING, P., MCKAY, A. K. A., PYNE, D. B., GUELFI, K. J., MCCORMICK, R. H., LAARAKKERS, C. M., SWINKELS, D. W., GARVICAN-LEWIS, L. A., ROSS, M. L. R., SHARMA, A. P., LECKEY, J. J., & BURKE, L. M. *Factors influencing the post-exercise hepcidin-25 response in elite athletes*. **European Journal of Applied Physiology**, 117(6), 1233–1239, 2017.
51. PEELING, P., SIM, M., BADENHORST, C. E., DAWSON, B., GOVUS, A. D., ABBISS, C. R., SWINKELS, D. W., TRINDER, D., & PANTOPOULOS, K. *Iron status and the acute post-exercise hepcidin response in athletes*. *PloS One*, 9(3), e93002, 2014.
52. PEELING, P., DAWSON, B., GOODMAN, C., LANDERS, G., WIEGERINCK, E. T., SWINKELS, D. W., & TRINDER, D. *Effects of exercise on hepcidin response and iron metabolism during recovery*. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, 19(6), 583–597, 2009.
53. PEELING P, DAWSON B, GOODMAN C, LANDERS G, WIEGERINCK ET, *et al. Training surface and intensity: Inflammation, hemolysis, and hepcidin expression*. **Med Sci Sports Exerc** 41: 1138–1145, 2009.
54. PEELING P, DAWSON B, GOODMAN C, LANDERS G, WIEGERINCK ET, *et al. Cumulative effects of consecutive running session on hemolysis, inflammation and hepcidin activity*. **Eur J Appl Physiol** 106: 51–59, 2009.
55. PEELING, P., BLEE, T., GOODMAN, C., DAWSON, B., CLAYDON, G., BEILBY, J., & PRINS, A. (2007). *Effect of iron injections on aerobic-exercise performance of iron-depleted female athletes*. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, 17(3), 221–231, 2007.
56. PETERSON MD, RHEA MR, SEN A, GORDON PM. *Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis*. *Ageing Res Rev*, 9(3):226-37, 2010.
57. PREZA GC, PINON R, GANZ T, NEMETH E. *Cellular catabolism of the iron-regulatory peptide hormone hepcidin*. *PLoS One*; 8:e58934, 2013.
58. RADJEN, S., RADJEN, G., ZIVOTIC-VANOVIC, M., RADA KOVIC, S., VASILJEVIC, N., & STOJANOVIC, D. *Effect of iron supplementation on maximal oxygen uptake in female athletes*. **Vojnosanitetski Pregled**, 68(2), 130–135, 2011.
59. RIZE MC, HOLDSWORTH DA, JOHNSON AW *et al.* Metabolismo energético anormal de todo o corpo em humanos com deficiência de ferro, apesar da fosforilação oxidativa do músculo esquelético preservada. *Representante Científico* 12:998, 2022.
60. SCHMIDT, W., & PROMMER, N. *Impact of alterations in total hemoglobin*

- mass on VO₂max. Exercise and sport sciences reviews*, 38(2), 68-75, 2010.
61. SIM, M., GARVICAN-LEWIS, L. A., COX, G. R., GOVUS, A., MCKAY, A. K. A., STELLINGWERFF, T., & PEELING, P. *Iron considerations for the athlete: A narrative review. European Journal of Applied Physiology*, 119(7), 1463–1478, 2019.
 62. SOUZA, M. T., OLIVEIRA, L. A., SOUZA, A. L., OLIVEIRA, M. C. A., SOUZA, J. C. C., & ALMEIDA, P. C. Prevalência de anemia e deficiência de ferro em atletas de alto nível. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 13(2), 101-106, 2007.
 63. SOUZA, A. L., OLIVEIRA, M. C. A., OLIVEIRA, E. M. A., SOUZA, J. C. C., & ALMEIDA, P. C. Anemia do atleta (I): fisiopatologia do ferro. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 10(2), 97-103, 2004.
 64. TEFFERI A. *Anemia in adults: a contemporary in adults approach to diagnosis*. Mayo Clin Proc.;78(10):1274-80, 2003.
 65. TEIXEIRA, M. T.; SOUZA, L. C. M. DE; SILVA, S. C. et al. Treinamento resistido: definição, efeitos fisiológicos e aplicações. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2022.
 66. THORNTON MK, POTTEIGER JA. *Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC*. **Med Sci Sports and Exerc**;34(4):715-22, 2002.
 67. VANHEES, L.; DELDICQUE, M.; POORTMANS, J. R. *Iron deficiency and exercise performance*. **Sports Medicine**, v. 29, n. 4, p. 295-309, 2000.
 68. SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "Hemoglobina"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/hemoglobina.htm>. Acesso em 01 de novembro de 2023.
 69. WANG, L., LI, Y., & LI, C. *The role of interleukin-6 in obesity and metabolic diseases*. **Journal of Endocrinology**, 248(2), 225-236, 2023.
 70. WEIGHT LM, NOAKES TD. *Physical activity and iron metabolism. Physical activity, fitness, and health*. International Proceedings and consensus statement. Champaign: Humans Kinetics Publishers, 456-70, 1994.
 71. WHO, *Micronutrient deficiencies*. 2019.
 72. WIJAYANTI N, KATZ N, IMMENSCHUH. *Biology of heme in health and disease*. *Curr Med Chem*.;11(8):981-6, 2004.
 73. VIEIRA, R.A., et al. Prevalência de anemia e deficiência de ferro em mulheres

em idade reprodutiva: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, 19(2), 247-260, 2019.

74. VILARDI TC, RIBEIRO BG, SOARES EA. Distúrbios nutricionais em atletas femininas e suas interrelações. **Rev Nutr**; 14(1):61-69, 2001.