
EDUCAÇÃO FÍSICA

ENRICO MISSURA PLÁ

**RESPOSTA DA FADIGA MUSCULAR EM HOMENS
E MULHERES TREINADOS APÓS UM EXERCÍCIO
EXAUSTIVO DE CORRIDA**



Rio Claro - SP
2022

ENRICO MISSURA PLÁ

**RESPOSTA DA FADIGA MUSCULAR EM HOMENS E MULHERES
TREINADOS APÓS UM EXERCÍCIO EXAUSTIVO DE CORRIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Camila Coelho Greco

Coorientadora: Natália Menezes Bassan

Rio Claro - SP
2022

P696r

Plá, Enrico Missura

Resposta da fadiga muscular em homens e mulheres treinados após um exercício exaustivo de corrida / Enrico Missura Plá. -- Rio Claro, 2022

29 f. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientadora: Camila Coelho Greco

Coorientadora: Natália Menezes Bassan

1. Força Muscular. 2. Esportes Aspectos fisiologicos. 3. Exercícios aeróbicos. 4. Ciências do esporte. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ENRICO MISSURA PLÁ


**RESPOSTA DA FADIGA MUSCULAR EM HOMENS E MULHERES
TREINADOS APÓS UM EXERCÍCIO EXAUSTIVO DE CORRIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Camila Coelho Greco
Prof. Dr. Natália Menezes Bassan
Prof. Dr. Alexandre Gabarra de Oliveira
Prof. Dr. Adalgiso Coscrato Cardozo

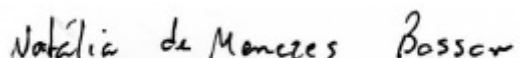
Aprovado em: 24 de Janeiro de 2022



Assinatura do discente



Assinatura do(a) orientador(a)



Assinatura do(a) coorientador(a)

RESUMO

Um dos processos fisiológicos que o corpo humano pode apresentar com a realização de exercícios físicos é fadiga muscular. A fadiga muscular é um processo fisiológico que ocorre com a realização do exercício, e os mecanismos envolvidos neste processo podem gerar perda da capacidade de produzir força e potência, como também pode contribuir para a redução de performance. Estudos na literatura mostraram que as mulheres apresentam uma menor fadiga que os homens durante a realização de exercícios localizados. Esta maior fadiga muscular em homens parece estar associada com alguns fatores fisiológicos relacionados com a composição física. Há também estudos que analisaram a resposta da fadiga muscular durante exercícios com grandes grupos musculares como o ciclismo e a corrida. No entanto, as evidências referentes à resposta da fadiga em homens e mulheres também são escassas. O objetivo desse estudo foi analisar a resposta a fadiga muscular em homens e mulheres após um exercício aeróbio realizado na corrida. Para isto, foi realizada uma revisão de literatura, nas bases de dados PubMed, SciELO e Web of Science. A maioria dos estudos encontrados mostraram que as mulheres apresentam uma menor magnitude do que os homens. Pode-se concluir que as mulheres tendem a apresentar menor fadiga muscular, particularmente para os músculos extensores do joelho, após um exercício aeróbio realizado na corrida.

Palavras-chave: força muscular, exercício aeróbio, performance.

ABSTRACT

One of the physiological processes that the human body can present with physical exercise is muscle fatigue. Muscle fatigue is a physiological process that occurs with the performance of exercise, and the mechanisms involved in this process can generate loss of the ability to produce strength and power, as well as contribute to reduced performance. Studies in the literature have shown that women have less fatigue than men when performing localized exercises. This greater muscle fatigue in men appears to be associated with some physiological factors related to physical composition. There are also studies that looked at the muscle fatigue response during exercises with large muscle groups such as cycling and running. However, evidence regarding the fatigue response in men and women is also scarce. The aim of this study was to analyze the response to muscle fatigue in men and women after an aerobic exercise performed in running. For this, a literature review was carried out in the PubMed, SciELO and Web of Science databases. Most of the studies found showed that women have a lower magnitude than men. It can be concluded that women tend to have less muscle fatigue, particularly for the knee extensor muscles, after an aerobic exercise performed in running.

Keywords: muscle strength, aerobic exercise, performance.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO.....	11
3. METODOLOGIA.....	11
3.1 Termos de busca	11
3.2 Critério de inclusão e exclusão	11
4 Revisão de Literatura	12
4.1 Domínios de intensidade	13
4.2 Mecanismos da fadiga muscular	14
4.3 Fadiga muscular em homens e mulheres na corrida	15
5 CONCLUSÃO.....	24
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	25

1 INTRODUÇÃO

A fadiga muscular é um processo fisiológico que através de uma série de mecanismos induz uma perda de capacidade de força e contração muscular, de forma que o indivíduo não seja capaz de sustentar alguma atividade muscular por muito mais tempo. Dessa forma pode-se pensar que a fadiga muscular é basicamente a redução da habilidade do músculo de produzir força ou potência (BIGLAND-RITCHIE & WOODS, 1984; SØGAARD et al., 2006). Esse conceito de fadiga é geralmente definido como um sintoma multifatorial e bastante subjetivo, o que pode acabar dificultando a sua compreensão, portanto é de extrema importância considerar os fatores psicológicos e cognitivos do indivíduo (TWOMEY et al., 2017). Essa fadiga muscular que provém de adaptações causadas por exercícios tem relação com mecanismos neuromusculares, dessa forma, a descrição de fadiga pode ser entendida como a diminuição na capacidade de produzir força em intensidades submáximas, máximas e supramáximas de exercício (PLACE & MILLET, 2020; TWOMEY et al., 2017).

Um conceito importante para o entendimento desse estudo, é saber diferenciar a fadiga muscular e de exaustão. Como já informado anteriormente, a fadiga muscular é uma queda de força e potência dos músculos, ou seja, qualquer queda de força e potência já é considerado uma fadiga, já a exaustão, geralmente está relacionada à duração do exercício que um indivíduo consegue sustentar em uma determinada intensidade. Vale ressaltar que a força muscular já pode apresentar queda nos momentos iniciais de um exercício de longa duração, ou seja, é possível, em algumas condições, realizar exercício mesmo com perda de força muscular, sem ainda ser necessário interromper o exercício.

Com a observação dos estudos é possível ver que a fadiga muscular é um mecanismo que está relacionado com todos os tipos de exercícios, porém, no caso desse estudo, o foco será em exercícios aeróbios (exercícios em que ocorrem uma grande utilização de oxigênio para dar energia aos músculos, sendo geralmente exercícios mais prolongados com pelo menos um minuto de duração em seu início), nesse caso os exercícios de corrida. Muitas vezes a fadiga muscular aparece como uma fadiga central, ou seja, uma fadiga gerada por um exercício de corpo todo, sem segmentação de regiões, isso é mais

comum em exercícios aeróbios. Já em exercícios mais anaeróbios (exercícios com uma duração mais curta e com isso uma intensidade e potência mais elevada, como por exemplo saltos, corridas de duração mais curta como 200 metros, musculação etc.), essa fadiga pode ser mais periférica, pelo alto nível de exigência dos membros, causando uma sensação de “queimação” nos músculos das regiões trabalhadas. No esporte, essa fadiga muscular pode acabar se apresentando como limitadora dos movimentos dos atletas e causadora de lesões no sistema musculoesquelético, podendo ser algo determinante em casos extremos de descuido de treinadores e até do próprio atleta (SILVA; FRAGA & GONÇALVES, 2007).

Sobre os tipos de fadiga muscular, temos, como já mencionado, a fadiga muscular central e a fadiga muscular periférica, de forma geral a fadiga periférica é uma fadiga localizada em alguma região muscular específica, é muito relacionada em si com o desgaste mecânico específico da tarefa, ou seja, uma perda de força e de capacidades contráteis, mas regiões distais ou em junções neuromusculares, por outro lado, a fadiga central, é uma fadiga mais geral, está relacionada à propagação do impulso nervoso (AMENT, 2009).

A fadiga muscular é um fator crucial para ser levado em consideração no dia a dia do treinamento, independentemente do nível de aptidão física dos praticantes, pois pode influenciar no rendimento, ou em até em alguns casos, aumentar a possibilidade de ocorrerem lesões geradas pelo estresse (ROGALSKI et al., 2013). Vale ressaltar que a fadiga é algo que ocorre independente da exaustão, dessa forma pode-se considerar que a fadiga como uma ferramenta do treinamento.

Com o entendimento de fadiga muscular e de exaustão estabelecidos, é importante entender os principais fatores que contribuem para o surgimento da fadiga muscular, esses fatores são: (1) diminuição na ativação do córtex motor primário; (2) diminuição na propagação do comando a partir do sistema nervoso central para os motoneurônios, (3) diminuição na ativação das unidades motoras; (4) alteração na propagação do potencial de ação pela célula muscular; (5) alteração na resposta contrátil à excitação (6) baixa disponibilidade de substratos metabólicos (7) alteração do meio intracelular, (8) diminuição do desempenho do sistema contrátil (9) diminuição do fluxo sanguíneo devido a alterações no débito cardíaco (GANDEVIA, 2001).

A magnitude da fadiga muscular vai depender do tipo de exercício, o quão intenso ele vai ser e da sua duração, além também do tipo de fibras musculares recrutadas pelo indivíduo em questão, do seu nível de treinamento e as condições ambientais que podem influenciar de realização do exercício (DAVIS & FITTS, 2001; ENOKA & STUART, 1992; FITTS & METZGER, 1988; ROBERTS & SMITH, 1989). As alterações de pH, da temperatura e do fluxo de sangue, o aumento de produtos do metabolismo muscular celular, particularmente resultados da hidrólise do ATP (ADP, AMP, IMP, Pi, amônia), com a perda da homeostasia do íons Ca^{+2} , a cinética dos íons K^+ , Na^+ , Cl^- , Mg^{+2} nos meios intra e extracelulares, as lesões e micro lesões musculares, principalmente as lesões e micro lesões induzidas por exercícios com predominância de contrações excêntricas e o stress oxidativo têm sido as principais causas para a ocorrência da fadiga muscular.

A literatura comprova que existe diferença entre a fadiga muscular de homens e mulheres em alguns exercícios que usam apenas uma articulação, a maioria exercícios isométricos, porém é também descrito em algumas contrações dinâmicas específicas, como os flexores de cotovelo, porém apenas em contrações de velocidade lenta (SENEFELD, 2013). Visto isso, entende-se que não é claro a relação da fadiga muscular com o gênero e dessa forma também não é claro qual a relação que a fadiga tem no gênero em exercícios com grandes grupos musculares como corrida. Esse estudo teria uma importância em fazer comparações de fadiga muscular de homens e mulheres durante corridas de longa duração. O propósito, portanto, é analisar se existem alterações fisiológicas específicas entre indivíduos de sexos diferentes nestas condições, podendo agregar informações para o entendimento geral das respostas fisiológicas de homens e mulheres na atividade física.

2. OBJETIVO

O objetivo desse estudo foi analisar a resposta a fadiga muscular em homens e mulheres após um exercício aeróbio realizado na corrida.

3. METODOLOGIA

3.1 Termos de busca

Os termos de busca utilizados foram "running", "runners", "aerobic exercise", "gender", "man", "women", "neuromuscular fatigue", "muscular fatigue", "exercise until failure", "exercise tolerance", "exercise until exhausting" e "performance". As bases de dados utilizadas para a elaboração desta revisão de literatura foram a PubMed, SciELO e Web of Science.

3.2 Critério de inclusão e exclusão

Como critérios de inclusão e exclusão, primeiramente estudos focados em apenas questões metabólicas ou focados em apenas em questões de um gênero em específico, foram excluídos, portanto foram mantidos apenas os estudos nos quais houve uma comparação entre homens e mulheres na fadiga muscular. Outro critério de inclusão foram artigos que dentro do seu experimento contivessem sujeitos jovens (numa margem de 20 a 35 anos em média) e saudáveis, todos minimamente treinados em corrida, podendo ser tanto atletas quanto homens e mulheres condicionados (atletas amadores, praticantes de corrida por lazer ou até mesmo pessoas ativas), dessa forma foram excluídos todos os estudos que lidassem com pessoas sedentárias, idosas ou com problemas de saúde. Além disso, para o estudo ser incluído na revisão, foi utilizado como critério de inclusão a pesquisa ser original e não utilizar de recursos ergogênicos para o aumento da performance (suplementos ou medicamentos por exemplo).

4 Revisão de Literatura

Como já mencionado, dentro dos processos fisiológicos que podem acontecer com a prática de exercícios físicos, um dos mais importantes para ser levado em conta por treinadores e professores talvez seja a fadiga muscular proveniente de diferentes estímulos que podem ser cruciais para sua presença. A fadiga muscular é um processo fisiológico, que acontece principalmente com a presença de atividade física, salvo situações como doenças clínicas que podem estimular esse processo.

Ao definir fadiga, de forma básica, como a redução da habilidade do músculo de produzir força ou potência (BIGLAND-RITCHIE & WOODS, 1984; SØGAARD et al., 2006), pode-se constatar que essa redução pode acontecer literalmente com qualquer tipo de exercício, mesmo que o conceito de fadiga muscular seja considerado muitas vezes como algo multifatorial e subjetivo, pois muitas vezes acaba dependendo de fatores psicológicos e cognitivos.

Um fator de importância sobre a fadiga muscular, é que ela difere entre homens e mulheres, geralmente as mulheres vão ter menos fadiga muscular do que os homens (HUNTER, 2016). Na maioria das vezes que isso é descrito, é usado como tarefa, contrações isométricas e algumas contrações dinâmicas bem específicas. Essa diferença, pode ter algumas explicações, como por exemplo a estrutura muscular esquelética dos homens ser capaz de gerar mais força e potência que a das mulheres, além de ser mais volumosa, dessa forma, a contração acaba limitando a circulação de sangue, proporcionando, entre outros fatores, um acúmulo de metabólitos, e diminuindo a capacidade de suplemento de oxigênio no músculo. Essas são alguns dos mecanismos que podem influenciar a diferença de fadiga muscular entre homens e mulheres, porém existem diversos aspectos que devem ser levados em conta como o metabolismo de cada gênero, a ativação voluntária máxima de cada indivíduo, o tipo de tarefa que ele está efetuando etc.

Dentro dessa perspectiva, entendendo as diferenças entre gêneros, é possível entender a importância de estudos que consigam compreender as diferenças de gênero nas questões de fadiga muscular. Estudos com esse tipo de abordagem, comparativa, podem ajudar a entender os limites de performance de cada gênero, auxiliar com a definição de estratégias de treino, de reabilitação

e de inclusive, casos clínicos em que a presença de exercícios que induzem a fadiga podem ser ferramentas do tratamento.

Dentro dessas avaliações, a presente pesquisa planeja avaliar a resposta da fadiga muscular em homens e mulheres, mais especificamente em exercícios aeróbios de corrida.

4.1 Domínios de intensidade

Existe uma relação de fadiga muscular com a intensidade e essa relação pode ser explicada pelos domínios de intensidade em exercícios aeróbios (nadar, pedalar e correr são os melhores exemplos de onde pode ser aplicado esse conceito de domínio de intensidade). Os domínios de intensidade são faixas de intensidade de exercício que contribuem para o entendimento das respostas fisiológicas que o corpo apresenta durante o exercício.

Em relação aos domínios de intensidade, primeiramente os exercícios realizados no domínio moderado são aqueles realizados em intensidades até o limiar de lactato (LL) (inflexão na curva lactato x intensidade do exercício), que geralmente apresentam uma longa duração, de cerca de mais de três horas, sendo em torno de 65 a 70% do consumo máximo de oxigênio (VO_2max). Nestas condições, os mecanismos centrais da fadiga tendem a ter uma contribuição importante para a redução da força muscular. No domínio pesado (intensidades entre o LL e a potência crítica ou velocidade crítica), a fadiga muscular tende a ser tanto periférica quanto central, principalmente pelo esgotamento das reservas de glicogênio muscular. A tolerância ao exercício nestas condições é de 30 minutos até três horas, e as intensidades nas quais o exercício é realizado variam entre 70 a 80% VO_2max . Já em exercícios realizados no domínio severo (intensidades entre a potência crítica/velocidade crítica e a maior intensidade na qual o VO_2max ainda pode ser atingido), fatores periféricos tendem a ter uma contribuição importante na fadiga muscular. A duração do exercício nestas condições é de ~2 min a 30 min, aproximadamente, e o acúmulo de metabólitos tende a ser um fator importante para a fadiga muscular (BURNLEY & JONES, 2018).

Os domínios de intensidade podem, portanto, ser utilizados como ferramentas muito importantes, pois indicam os níveis de intensidade pessoais de cada um, conseguindo colocar indivíduos portanto, em intensidades

relativamente proporcionais de esforço. Contudo, é de conhecimento científico que existem diferenças fisiológicas de sexo, que podem interferir no desempenho, outra razão para que uma comparação seja proporcional entre os gêneros.

4.2 Mecanismos da fadiga muscular

Além de variações na extensão e nos mecanismos de fadiga muscular com os diferentes tipos de exercício, entende-se com alguns estudos que essa fadiga poderia ser influenciada por diferenças fisiológicas de sexo (HICKS et al., 2001). A grande maioria dos trabalhos que estão voltados a esse assunto verificaram que as mulheres exibem maior resistência à fadiga (tempo limite) do que os homens durante contrações isométricas submáximas (FULCO et al., 1999; GARLAND, 1991; HUNTER & ENOKA, 2001; MAUGHAN et al., 1991, SEMMLER et al., 1999).

Resultados vinculados a outros estudos sugerem que a maior resistência à fadiga muscular em mulheres diminui à medida que a intensidade da contração aumenta (EDWARDS et al., 1977; MAUGHAN et al., 1987). Porém existem dados conflitantes, em estudo que foi realizado, as mulheres mostraram aumentos persistentes nos tempos limite comparados aos homens durante contrações isométricas máximas (HICKS & MCCARTNEY, 1996).

Nas pesquisas que compararam a resistência à fadiga entre homens e mulheres em contrações de baixa intensidade relativizada e em músculos grandes como nos extensores das costas as mulheres foram capazes de sustentar uma contração isométrica por mais tempo em relação aos homens, os quais produziam mais força (HUNTER, 2016). No entanto quando as contrações foram realizadas de maneira dinâmica a duração foi semelhante para ambos os sexos (CLARK et al., 2003). Aparentemente os resultados dos estudos que demonstram essa resistência a fadiga das mulheres, podem estar relacionados ao aumento da pressão arterial média em homens, esse aumento de pressão arterial seria devido a uma maior musculatura e capacidade de força por parte dos homens, que dessa forma, acabariam gerando uma maior oclusão do fluxo sanguíneo pela musculatura durante as contrações de alta intensidade (BARNES, 1980). A musculatura acaba sendo, portanto, submetida à um maior acúmulo de metabólitos e conseqüentemente um menor suprimento de O₂,

levando a contrações cada vez mais curtas. O estudo que comparou o tempo limite em contrações isométricas entre homens e mulheres e verificou tempo semelhante de falha analisou também que os homens apresentaram maior taxa de atividade eletromiográfica (EMG) e a maior amplitude de EMG (HUNTER et al., 2004).

4.3 Fadiga muscular em homens e mulheres na corrida

A Tabela 1 apresenta estudos que analisaram a resposta da fadiga muscular em homens e mulheres.

Tabela 1. Fadiga muscular em homens e mulheres.

	Exercício	Homens (%)	Mulheres (%)
GLACE (1998)	Corrida 2 h	17,9	1,8
TEMESI et al. (2015)	Corrida Homens – 18 h 22 min Mulheres - 21 h 53 min	38	29
BOCCIA (2018)	Corrida Homens - 1 h 42 min Mulheres - 1 h 58 min	11	11
BESSON (2021)	Corrida Faixa de duração	36	27
O'LEARY (2018)	Corrida Homens – 2 h 40 min Mulheres – 2 h 50 min	12	9

Estudos voltados as questões das diferenças de gênero em desempenho, mais especificamente na fadiga muscular, tiveram início por volta dos últimos 20 anos, isso deixou uma espécie de lacuna em relação a fadiga muscular em mulheres, afinal não havia estudos antes disso que as incluíssem em seus desenhos experimentais. Um estudo realizado por Glace (1998), teve como objetivo, observar as diferenças entre homens e mulheres em uma corrida de duas horas, nos aspectos de economia de corrida e de perda de força dos membros inferiores. Foi realizado um experimento com oito homens e oito

mulheres, os agrupamentos musculares que foram avaliados pré e pós tarefa foram os músculos relacionados com os joelhos (extensores e flexores) e com os quadris (flexores, adutores e abdutores). A corrida foi de duas horas na intensidade de 68,7% $\dot{V}O_2\text{max}$ para homens e de 66,6% $\dot{V}O_2\text{max}$ para as mulheres. Os resultados do estudo demonstraram que após as duas horas de corrida, a economia de corrida diminuiu nos homens, mas não diminuiu nas mulheres. Em relação aos testes de força efetuados, o estudo mostra que houve uma maior perda de força significativa em homens do que em mulheres nos flexores e extensores de joelho, diferentemente dos flexores, adutores e abdutores de quadril, que nesse caso apresentaram uma diminuição semelhante para ambos os sexos. Dessa forma é possível concluir que a corrida de duas horas, produziu maiores mudanças em músculos flexores e extensores de joelho e ainda influenciou na diminuição da economia de corrida, enquanto em mulheres o que mais foi possível observar de diminuição de rendimento foi a mesma diminuição que os homens, em flexores, adutores e abdutores de joelhos. A diferença de magnitude da força de extensores de joelho para os homens desse estudo foi de -17,9%, já nos flexores foi de 15,9%, uma diferença significativa com as mulheres que tiveram 1,8% de diminuição de força nos extensores de joelho e um pequeno aumento de 0,4% de força nos flexores. Já nos casos dos músculos do quadril, os resultados apresentados são para adução do quadril (18% e 17%), abdução (17% e 12%) e flexão (19% e 19%) para homens e mulheres, respectivamente. Uma das razões da economia de corrida ter diminuído para os homens, segundo o estudo, seria a diminuição de força nos músculos do joelho, que poderiam ter influenciado na mecânica da corrida e diminuído a eficiência motora do movimento e assim, diminuído a economia de corrida.

Em outro estudo, dez homens e oito mulheres, todos corredores amadores em uma meia maratona. Todos foram submetidos a testes antes e imediatamente após a meia maratona, os testes realizados foram testes de CVM (contrações voluntárias máximas) para avaliar a queda do pico de torque dos extensores de joelhos após a prova. Foi utilizado durante os testes, estimulação elétrica para avaliar, durante a CVM e em repouso, o nível de ativação voluntária e de contração muscular de cada sujeito do estudo. Os resultados demonstram, em linhas gerais que não houve diferenças entre gênero no que se refere a

queda de da CVM. O estudo ainda, conseguiu perceber que a perda máxima e explosiva de força entre os gêneros foi muito semelhante, além de não haver diferenças no que se refere ao tipo de fadiga que ambos os gêneros foram induzidos e na sua proporção, que no caso foram tanto na fadiga central quanto a periférica e que a fadiga central para ambos os gêneros se apresentou de forma moderada e em ambos os gêneros a fadiga periférica se apresentou de forma pequena (BOCCIA, 2018). Baseado nesses achados o estudo ainda conclui que pelas poucas diferenças consideráveis, pouca necessidade se apresenta de que algum tipo de intervenção de nível específico seja realizado para cada gênero no quesito do treinamento, desse modo, o ideal seria que futuros estudos tivessem o objetivo de realizar experimentos que possam validar esses questionamentos acerca da fadiga em corridas no gênero em outras regiões musculares, que possam ter mais relação com a parte mecânica da corrida como por exemplo os flexores plantares, porém esse estudo segundo o próprio autor, não é capaz de apoiar as hipótese que nesse caso, corredoras mulheres vão experimentar uma fadiga muscular menor que os corredores homens.

Existe um estudo que compara a perda de força muscular de extensores de joelhos entre mulheres e homens após um exercício com duração semelhante, de duas horas, porém com uma tarefa diferente, no caso o ciclismo, e nesse estudo demonstra que não houve diferenças significativas entre homens e mulheres na queda de força, tendo uma diminuição muito similar entre os gêneros (GLACE, 2013).

Um estudo que foi realizado em dez homens e dez mulheres, em uma ultramaratona de 110 km, com duração média de 20 h, demonstrou dados diferentes dos já apresentados para a diferença de fadiga muscular entre homens e mulheres, pois os homens apresentaram maior fadiga muscular (38%) do que as mulheres (29%) nos músculos extensores de joelho, porém, a fadiga muscular foi similar nos músculos flexores plantares. Os participantes desse estudo foram combinados em porcentagem de tempo de vitória. A relação da fadiga central, aparentemente não demonstrou diferenças entre os gêneros (TEMESI, 2015). Uma das razões desse estudo ser realizado com a distância de 110 km, foi o fato que despertou curiosidade no desempenho entre os homens e mulheres, como já se sabia, existe uma diferença de fadiga muscular entre

homens e mulheres em alguns casos, porém, em nenhum tipo de prova é comum ver mulheres superando homens em desempenho, contudo, em ultramaratonas, o desempenho geral de mulheres vem aumentando e em alguns casos até sendo o suficiente para superar outros homens competidores das mesmas provas, essa performance geral das mulheres chamou a atenção para a hipótese de que, quanto mais longa a duração da prova, melhor seriam as chances das mulheres superarem os homens em rendimento, e uma das razões para esse maior desempenho poderia ter relação com a maior resistência a fadiga em mulheres.

Com a pouca evidencia de estudos que relacionam a mulher para as questões de queda de rendimento, ou fadiga, mais especificamente nesse caso em extensores de joelho e flexores plantares, poucos dados têm para se comparar, porém, os dados de perda de força dos homens são condizentes com dados de outros estudos (MILLET, 2011; SAUGY, 2013).

A grande diferença entre esses três estudos de corrida se dá pelo fato da distância e o tempo de duração das provas, nos dois primeiros casos, a meia maratona com média de duração de 1h 42 min para homens e 1h 58 min para mulheres e a corrida de duas horas de ciclismo, a distância e a duração das provas foi menor, sendo provas com um pouco mais de intensidade, mas no terceiro caso foi uma prova de ultramaratona, com uma intensidade muito mais moderada e uma duração extremamente mais longa (20 horas para mulheres e 18 para homens), isso pode sugerir que a diferença de resistência a fadiga muscular possa aparecer cada vez mais quanto mais longa a duração da tarefa, dessa forma demonstrando provavelmente, uma maior resistência a fadiga para as mulheres em casos de exercícios aeróbios.

Além dos aspectos já comentados, homens e mulheres demonstraram uma diminuição semelhante de ativação voluntária da musculatura dos extensores de joelho (BOCCIA, 2018). Isso provavelmente é um dos fatores mais importantes para avaliar a questão da fadiga central que aparece para ambos os gêneros nesse estudo de forma semelhante, esse tipo de fadiga é comumente reportado em tarefas com uma duração maior do que 2 horas, o que acaba difere do tempo médio que foi realizado pelo estudo, porém ao que parece existe evidencias que demonstram a presença de fadiga central em exercícios de menos de 2 horas de duração, dessa forma, os estudos de meia maratona (BOCCIA, 2018) e de 2 horas de ciclismo (GLACE, 2013) entram em

concordância com a semelhança na fadiga central entre os gêneros, e entram em concordância também aparentemente com o estudo da ultramaratona (TEMESI, 2015) que revelou uma semelhante relação entre o gênero em relação a fadiga central, por mais que o estudo mostre uma maior fadiga periférica para os extensores de joelho para os homens.

Se for feito uma análise mais específica sobre o estudo de maratona (BOCCIA, 2018), os resultados não demonstram nenhuma diferença significativa que seja relevante na fadiga muscular entre homens e mulheres, porém, de forma alguma pode ser concluído baseado apenas nesse estudo que realmente possam não haver diferenças entre os gêneros nesse aspecto, primeiro pelo baixo número de participantes e pelo tempo de demora que os testes de CVM's foram realizados após a corrida, que por questões de dificuldade de realização, os participantes desse estudo tiveram cerca de 7 minutos de descanso após a corrida, esse período pode de alguma forma ter influenciado nos resultados do teste, podendo ter induzido uma recuperação parcial, sendo que os estudos demonstram que tanto a fadiga periférica quanto a central consegue ter início de recuperação nos primeiros 1-2 minutos pós execução de tarefa (FROYD, MILLET, & NOAKES, 2013). Outra razão para ser analisada nesse estudo são as diferenças estruturais que podem ter influenciado na diferença da fadiga muscular, os homens tem uma maior aptidão aeróbia do que as mulheres e isso pode ser evidenciado pelo próprio tempo de duração da prova, ou seja, os homens estiveram menos tempo realizando a tarefa que as mulheres, mesmo que pela mesma distância, essas diferenças estruturais talvez possam ter influenciado nos resultados de semelhança, pensando que de certa forma os sexos não estavam "equivalentes" em intensidade, além de que as mulheres precisam de mais tempo para cobrir a mesma distância e é seguro admitir que ambos os sexos correram em velocidades diferentes durante a corrida, lembrando que a velocidade de contração das fibras musculares é um dos fatores influenciadores na fadiga muscular.

A conclusão que esses estudos até agora trazem, é que a especificidade da tarefa deve ser levada em consideração para poder ser tirada quaisquer conclusões, um exemplo disso é que após um protocolo de exercícios dinâmicos, em alta velocidade, a perda de potência nos extensores de joelhos foi

semelhante para homens e mulheres (SENEFELD, 2013), porém em baixa intensidade a perda de força foi maior para homens.

Um outro estudo sobre a diferença de fadiga no gênero em corridas, esse que foi o único que os sujeitos além de realizar uma corrida, nesse caso de 9,7 km, tiveram que realizá-la com uma carga, esse estudo foi realizado com o exército britânico (O'LEARY, 2018). O estudo foi realizado com 23 homens e 19 mulheres, todos recrutados do exército britânico, o exercício deveria ser concluído com duração abaixo de 90 minutos de duração. Os homens estavam usando mochilas de carga de 16 kg, já as mulheres estavam usando mochilas com carga de 15 kg, além de todos os participantes estarem carregando um rifle de 4 kg, esse peso das mochilas seria definido pela sua função dentro da infantaria, sendo que pelo estudo tiveram mais homens que realizaram o exercício com cargas mais elevadas em relação às mulheres, com cargas de até 20 kg, sendo a diferença de 5 homens para uma mulher nesse caso, porém, a grande maioria dos participantes de ambos os sexos carregou um peso de 15 kg, o que resultou em pouquíssima diferença estatística em relação à carga utilizada no trajeto. Diferentemente dos outros estudos analisados até agora, além de serem feitas medidas de CVM pré e pós tarefa, foram executados testes de salto vertical, para evidenciar a perda de potência pela diminuição de altura do salto. Um interessante fato desse estudo, é que ele é inserido em uma realidade diferente do meio esportivo que pode ser analisado a questão do desempenho e da resistência à fadiga entre homens e mulheres, que é o ambiente militar, que nesse caso tanto homens quanto mulheres tem que literalmente completar uma tarefa sob circunstâncias semelhantes. O tempo de duração médio dessa prova para homens e mulheres, foi, respectivamente 87 minutos e 46 segundos e 85 minutos e 56 segundos. Poderia se dizer que as diferenças de carga tenham influenciado demasiadamente nos resultados dos testes, porém houve pouca diferença estatística de carga absoluta carregada entre homens e mulheres, a principal diferença foi a carga da relação da massa corporal e da massa corporal magra, que com a antropometria completa realizada no estudo constatou que no fim das contas, a carga transportada equivaleu a 14% da carga geral dos homens e 29% para as mulheres, aspectos esses que podem sim serem levados em conta para o melhor entendimento das questões de fadiga muscular entre os gêneros.

Em relação ao que o estudo demonstrou de resultados, em relação aos testes de salto vertical, não houve redução significativa da altura dos saltos pré e pós corrida, isso tanto para o gênero masculino quanto para o feminino. Isso contanto, não foi o mesmo que aconteceu em relação aos testes de CVM para extensores de joelhos, nesse caso, ocorreu uma maior perda de força para homens do que para mulheres (-12% e -9% respectivamente) (O'LEARY,2018). Uma das explicações possíveis para que tenha havido diferenças de CVM nos extensores de joelho, mas nenhuma diferença significativa nos saltos verticais, seria possivelmente a relação que o salto vertical tem com a velocidade de contração do músculo, que nesse caso é mais rápida, além de existirem mais músculos que auxiliam no caso do salto vertical, como glúteos e panturrilha.

Um dado de extrema importância para elucidar sobre as diferenças entre os gêneros nesse estudo de O'Leary (2018) é a diferença clara que se tem entre a fadiga e a percepção do esforço, no estudo foi realizado o questionário de percepção de esforço de Borg, com escala de 0-10, nesse estudo as mulheres relataram maior percepção de esforço pós corrida de 9,7 km, porém, tiveram menor queda de força na CVM e queda similar de força no salto vertical, demonstrando que a auto percepção de esforço não teve relação direta com a fadiga muscular.

Em um outro estudo (BESSON, 2021) a resposta da fadiga muscular em homens e mulheres foi analisada em distâncias entre 40 km e 171 km. Foram analisados os músculos extensores de joelhos e nos flexores plantares, em 18 pares de homens e mulheres, sendo que o homem e a mulher de cada par tinham desempenho semelhante. Os resultados do estudo mostram que, ao compararem homens e mulheres em qualquer uma das distancias usadas no estudo, existe maior queda de CVM para homens (36%) do que para mulheres (27%) em músculos extensores de joelho. Para os flexores plantares, os resultados não foram os mesmos, as mulheres demonstraram queda semelhante de força com os homens na maior parte das distâncias realizadas, salvo em corridas que foram consideradas mais curtas, que nesses casos as mulheres tiveram menor (10%) queda de força que os homens (24%). O que se conclui com esse experimento de Besson (2021), é que de forma geral as mulheres demonstram maior resistência à fadiga que os homens após exercícios de corrida, com uma predominância de resistência à fadiga nos músculos

extensores de joelho na maioria das distâncias analisadas. Em distâncias mais curtas, há uma maior resistência à fadiga nas mulheres dos músculos flexores plantares.

Observando os resultados, percebe-se que existem relações de diferença da fadiga muscular na maioria dos estudos, pelo menos no que se comenta dos músculos extensores de joelho. Mas é interessante entender que, algumas provas foram realizadas em campo, e não em laboratório, o que tem uma certa vantagem, pois é possível perceber as diferenças em condições de competição, dessa forma mostrando resultados validáveis com situações de necessidade esportiva. Contudo, existe também as desvantagens de estudos feitos fora de laboratório, já que dentro do laboratório as condições são mais controladas e a percepção das diferenças fisiológicas de cada gênero podem ser mais assertivas nos resultados. Um exemplo disso seria o tempo para a realização dos testes pós tarefa, que dentro de um ambiente laboratorial podem ser realizados quase que imediatamente após a tarefa, diferente de condições de campo ou rua, que por mais que existam estratégias para a realização dos testes de forma mais rápida possível, ainda assim pode haver alguma perda nos resultados, talvez por alguma mínima recuperação que possa passar despercebida pelos pesquisadores por exemplo.

Outro aspecto que os testes realizados em condições competitivas ou com distancias iguais para ambos os sexos é a questão da condição de cada gênero. Como já comentado os homens tem uma maior aptidão aeróbia por questões estruturais, portanto, as condições iguais de distância podem não ser as mesmas em relação a desempenho. Existem algumas estratégias para que se possa colocar ambos os gêneros em situações iguais sem que haja um prendimento com a distância ou tempo em si de atividade, ao utilizar os domínios de intensidade. Os domínios de intensidade são relativos e individuais, dessa forma é possível entender, em situações proporcionais e igualadas os desempenhos de cada indivíduo de acordo com o desempenho dele. Ao por exemplo parear indivíduos de capacidades aeróbias semelhantes, VO_2max , e efetuando um teste para verificar seus Limiares de Lactato, os indivíduos poderão ser comparados pelas suas intensidades relativas, como por exemplo correndo a 110% do seu Limiar de Lactato, ou correndo a 70% da sua IVO2 máximo. Essas estratégias podem colocar o grau de comparação mais

equivalente, dessa forma podendo realmente validar qualquer que seja a diferença fisiológica que seja demonstrada em algum experimento.

5 CONCLUSÃO

Com base nos estudos analisados, pode-se concluir que as mulheres tendem a apresentar menor fadiga muscular, particularmente para os músculos extensores do joelho, após um exercício aeróbio realizado na corrida. No entanto, futuros estudos ainda são necessários para elucidar os mecanismos que contribuem para explicar esta diferença no comportamento da fadiga muscular entre homens e mulheres na corrida. Próximos estudos devem se atentar aos métodos para manter os desempenhos entre os gêneros de forma proporcional em intensidade de esforço, além de pesquisarem as diferenças de fadiga em mais agrupamentos musculares que tenham relação com a tarefa, nesse caso, a corrida.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AMENT W, VERKERKE GJ. Exercise and fatigue. **Sports Med.** Auckland, v. 39, n. 5, p. 389-422, 2009.

BACHASSON D, MILLET GY, DECORTE N, WUYAM B, LEVY P, VERGES S. Quadriceps function assessment using an incremental test and magnetic neurostimulation: a reliability study. **J Electromyogr Kinesiol.** New York, v. 23, n. 3, p. 649-658, 2013.

BARNES, W.S. The relationship between maximum isometric strength and intramuscular circulatory occlusion. **Ergonomics.** London, v. 23; p. 351–357, 1980.

BESSON T, PARENT A, BROWNSTEIN CG, ESPEIT L, LAPOLE T, MARTIN V, ROYER N, RIMAUD D, SABATER PASTOR F, SINGH B, VARESCO G, ROSSI J, TEMESI J, MILLET GY. Sex Differences in Neuromuscular Fatigue and Changes in Cost of Running after Mountain Trail Races of Various Distances. **Med Sci Sports Exerc.** Madison, v. 53 n.11 p. 2374-2387, 2021.

BIGLAND-RITCHIE B AND WOODS JJ. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. **Muscle Nerve.** New York. P. 691–699, 1984.

BOCCIA, G.; DARDANELLO, D.; TAPERI, C.; FESTA, L.; LA TORRE, A.; PELLEGRINI, B.; SCHENA, F.; RAINOLDI, A. Women show similar central and peripheral fatigue to men after half-marathon. **Eur J Sport Sci.** Abingdon, v.18; n. 5; p. 695-704, 2018.

CLARK, B.C.; MANINI, T.M.; THE D.J.; DOLDO, N.A.; PLOUTZ-SNYDER, L.L. Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression. **J Appl Physiol.** Bethesda, v.94, p. 2263–2272, 2003.

DAVIS, M.; FITTS, R. Mechanisms of muscular fatigue. *In*: DARCEY, P. **ACSM'S resource manual: guidelines for exercise testing and prescription**. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, p. 184-190, 2001.

EDWARDS, R.H.T.; HILL, D.K.; JONES, D.A.; MERTON, P.A. Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. **J Physiol**. London, v. 272; 769–778, 1977.

ENOKA, R.; STUART, D. Neurobiology of muscle fatigue. **J Appl Physiol**, v. 72; n. 5; p. 1631-1648; 1992.

FITTS, R.; METZGER, J. Mechanisms of muscular fatigue. *In*: POORTMANS J, **Principals of Exercise Biochemistry**, Basel: Krager, p. 212-229, 1988.

FULCO, C.S.; ROCK, P.B.; MUZA, S.A.; LAMMI, E.; CYMERMAN, A.; BUTTERFIELD, G.; MOORE, L.G.; BRAUN, B. AND LEWIS S.F. Slower fatigue and faster recovery of the adductor pollicis muscle in women matched for strength with men. **Acta Physiol Scand**. Stockholm, v.167; p. 233–239, 1999.

FROYD, C., MILLET, G. Y., & NOAKES, T. D. The development of peripheral fatigue and short-term recovery during self-paced high-intensity exercise. **J Physiol**. Londres, v. 591, n.5, p. 1339-1346, 2013.

GANDEVIA, S. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiol Ver**. Washington, v.81; n. 4, p. 1725-1789; 2001.

GARLAND, S.J. Role of small diameter afferents in reflex inhibition during human muscle fatigue. **J Physiol**. Londres v.435; p. 547–558, 1991.

GLACE BW, MCHUGH MP, GLEIM GW. Effects of a 2-hour run on metabolic economy and lower extremity strength in men and women. **J Orthop Sports Phys Ther**. Washington. v. 27, n. 3, p. 189–96, 1998.

GLACE, B. W., KREMENIC, I. J., & MCHUGH, M. P. Sex differences in central and peripheral mechanisms of fatigue in cyclists. **Eur J Appl Physiol**. Berlin, v. 113, n. 4, p. 1091-1098, 2013.

HICKS, A.L.; MCCARTNEY, N. Gender differences in isometric contractile properties and fatigability in elderly human muscle. **Can J Appl Physiol**. Champaign, v.21; p. 441–454, 1996.

HUNTER, S.K.; ENOKA, R.M. Sex differences in the fatigability of arm muscles depend on absolute force during isometric contractions. **J Appl Physiol**. Bethesda, v.91; p. 2686–2694, 2001.

HUNTER, S.K.; CRITCHLOW, A.; SHIN, I.S.; ENOKA, R.M. Fatigability of the elbow flexor muscles for a sustained submaximal contraction is similar in men and women matched for strength. **J Appl Physiol**. Bethesda, v.96 p. 195–202, 2004.

HUNTER, S. K. (2014). Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. **Acta Physiol**. Oxford, v.210, n.4, p. 768-789, 2014

MAUGHAN, R.J.; HARMON, M.; LEIPER, J.B.; SALE, D.; DELMAN, A. Endurance capacity of untrained males and females in isometric and dynamic muscular contractions. **Eur J Appl Physiol**. Berlin, v. 55; p. 395–400, 1986.

MILLET, G. Y., TOMAZIN, K., VERGES, S., VINCENT, C., BONNEFOY, R., BOISSON, R. C., GERGELÉ, L., FÉASSON, L., & MARTIN, V. Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. **PLoS One**. São Francisco v. 6, n. 2, 2011.

O'LEARY, T. J., SAUNDERS, S. C., MCGUIRE, S. J., & IZARD, R. M. Sex differences in neuromuscular fatigability in response to load carriage in the field in British Army recruits. **J Sci Med Sport**. Belconnen, v.21, n. 6, p. 591–595, 2018.

PLACE, N., MILLET, G. Y. Quantification of Neuromuscular Fatigue: What Do We Do Wrong and Why? **Sports Med.** Auckland, v.50; n. 3, p. 439-447; 2020.

ROBERTS, D.; SMITH, D. Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue - a review. **Sports Med.** Auckland, v. 7; p. 125-138, 1989.

ROGALSKI B, DAWSON B, HEASMAN J, GABBETT TJ. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. **J Sci Med Sport.** Belconnen, v.16, n. 6, p. 499-503, 2013.

SAUGY J, PLACE N, MILLET GY, DEGACHE F, SCHENA F, MILLET GP. Alterations of neuromuscular function after the world's most challenging mountain ultra-marathon. **PLoS One.** São Francisco, v. 8, n. 6, 2013.

SENEFELD J, YOON T, BEMENT MH, HUNTER SK. Fatigue and recovery from dynamic contractions in men and women differ for arm and leg muscles. **Muscle Nerve.** New York, v. 48, n. 3, p. 436–9, 2013.

SEMMLER, J.G.; KUTZSCHER D.V.; ENOKA, R.M. Gender differences in the fatigability of human skeletal muscle. **J Neurophysiol.** Bethesda v. 82; p. 3590–3593, 1999.

SILVA SRD, FRAGA CHW, GONÇALVES M. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida: uma revisão. **Motriz.** Rio Claro, v.13, n. 3, p. 225-235, 2007.

SØGAARD K, GANDEVIA SC, TODD G, PETERSEN NT & TAYLOR JL. The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. **J Physiol.** London, v. 573, n. 2, p. 511– 523, 2006.

TEMESI, J., ARNAL, P. J., RUPP, T., FÉASSON, L., CARTIER, R., GERGELÉ, L., VERGES, S., MARTIN, V., & MILLET, G. Y. Are Females More Resistant to

Extreme Neuromuscular Fatigue? **Med Sci Sports Exerc.** Madison, v. 47, n. 7, p. 1372–1382, 2015.

TWOMEY, R.; ABOODARDA, S.J.; KRUGER, R.; CULOS-REED, S.N.; TEMESI, J.; MILLET, G.Y. Neuromuscular fatigue during exercise: methodological considerations, etiology and potential role in chronic fatigue. **Neurophysiol Clin.** Amsterdam, v. 47; n. 2; p. 95–110; 2017.