**A MULTIFATORIALIDADE DA FADIGA MUSCULAR E SUAS DIFERENÇAS ENTRE OS GÊNEROS MASCULINO E FEMININO**

MARTELLI, Vittoria [[1]](#footnote-1)

SCHEUERMANN, Sibeli Cristina [[2]](#footnote-2)

ZAWOSKI-GOMES, Ellen Carolina [[3]](#footnote-3)

*“A ação muscular é consolidada na literatura científica como resultante de uma série complexa de eventos fisiológicos, e a incapacidade na sua manutenção durante uma determinada tarefa é definida como fadiga (EDWARDS, 1983; St CLAIR GIBSON et al., 2001).” (BERTUZZI, FRANCHINI, KISS, 2004, p. 45)*

**Resumo**

Esta pesquisa tem como objetivo esclarecer as divergências entre o desempenho físico de homens e mulheres observando, para isso, o nível de fatigabilidade, tanto em exercícios enérgicos como em atividades normais que exigem contração muscular. Dessa forma, utilizou-se parâmetros como metabolismo corporal, interferências hormonais, peso, força muscular, alterações fisiológicas, todos esses correlacionados com a intensidade e duração da atividade para melhor descrever o rendimento obtido nos dois gêneros. Assim, a análise foi feita por meio da multifatorialidade da fadiga, não evidenciando somente um viés de sua causa, para assim, abranger melhor as correlações físicas e o rendimento proposto pelo físico do ser humano. As análises mostraram que de fato há divergência na fatigabilidade entre os gêneros, sendo que os homens apresentam maior pré-disposição para desencadear processos de fadiga muscular em relação às mulheres.

**PALAVRAS-CHAVE**: Fadiga; Exercício físico; Resistência muscular; Tecido muscular; Homem; Mulher.

# 

# INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo expor resultados da pesquisa sobre fadiga muscular, utilizando a metanálise para explorar as informações e permitir a abrangência do tema. Nesse viés, torna-se possível compreender que o desempenho físico e a consequente durabilidade contrátil demanda não só do condicionamento corporal, mas também de fatores extrínsecos que influenciam em tal durabilidade.

Por conseguinte, avaliou-se a diferença do corpo masculino e do feminino, a fim de destacar as divergências fisiológicas entre eles em diferentes situações, analisando fatores extrínsecos ao funcionamento dos músculos. Essa perspectiva tem como foco explicar o porquê dos mecanismos ocorrerem de forma diferente, e elencar os desencadeadores desse processo, uma vez que o tecido muscular é fundamental para o funcionamento do corpo como um todo, e não somente no âmbito esportivo.

Por isso, o interessante desse estudo e a questão principiadora é que o sistema muscular promove uma interação expandida de todo o corpo e não engloba apenas o membro específico que está em movimento. Isso salienta que a maquinaria corpórea é um espetáculo e torna-se digna de toda divergência proposta por homens e mulheres, justamente porque é interligada e condiz com desencadeadores extrínsecos, sejam genéticos ou fenotípicos.

**METODOLOGIA**

Este estudo constitui-se de uma pesquisa bibliográfica de caráter analítico a respeito do processo de fadiga muscular relacionado com o esforço físico e proposto em parâmetros distintos entre homens e mulheres.

Os artigos científicos sobre a temática foram selecionados a partir de pesquisas com os seguintes descritores: fadiga muscular, metabolismo, exercício físico, diferença dos sexos. Em inglês: *muscle fatigue, metabolism, physical exercise, sex difference*, nas bases de dados *National Library of Medicine* (PubMed) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO).

Como critérios de inclusão, foram considerados os artigos/dissertações/teses publicados e disponíveis online em texto completo dos últimos 16 anos. Como critérios de não inclusão e/ou exclusão, foram excluídos os textos que não atenderam a temática e/ou não contemplaram o período de 16 anos.

A coleta de dados seguiu de acordo com três premissas: 1) Leitura exploratória, constituída de leitura rápida, objetivando verificar se o texto atendia os critérios pré-estabelecidos; 2) Leitura seletiva, constituída de leitura mais aprofundada, selecionando os dados de interesse para a descrição dos resultados; 3) Registro e tabulação das informações extraídas dos textos, nas quais constam: a diferença dos processos de fadiga muscular entre homens e mulheres, os resultados obtidos perante essa análise e as consequências no desempenho físico durante uso da musculatura corporal.

Para a análise dos dados, fez-se leitura analítica de 18 artigos, buscando ordenar e sumariar as informações obtidas nos textos, com a finalidade de responder a problemática deste estudo.

**RESULTADOS**

O corpo humano não é homogêneo, por isso, apresenta diversas variações entre as pessoas, sejam elas anatômicas, fisiológicas ou morfológicas. Assim, a separação em feminino e masculino proporciona uma seletividade em relação à estrutura óssea, funcionamento das vísceras, e, consequentemente, no metabolismo, resultado das influências hormonais - as quais são responsáveis pela coordenação de respostas metabólicas por atingirem células-alvo - e fisiologia corporal. Dessa forma, o desempenho obtido em atividades voltadas ao exercício físico difere entre os gêneros, e também em seus respectivos tempos de fadiga, os quais são responsáveis (se apresentarem níveis prolongados de tempo), por melhorar o condicionamento muscular e possibilitar melhores resultados físicos.

Essas características interferem na esfera competitiva de um atleta profissional, ou na sequência de efeitos voltados a melhora do bem estar e qualidade de vida em desportistas cotidianos, bem como em atividades realizadas corriqueiramente que requerem a necessidade da contração muscular.

Nesse viés, a fadiga muscular é propiciada por:

[...] muitos mecanismos diferentes, desde o acúmulo de metabólitos nas fibras musculares até a geração de um comando motor inadequado no córtex motor, e que não existe um mecanismo global responsável pela fadiga muscular. Em vez disso, os mecanismos que causam fadiga são específicos da tarefa que está sendo executada. O desenvolvimento da fadiga muscular é tipicamente quantificado como um declínio na força ou capacidade de potência máxima do músculo, o que significa que contrações submáximas podem ser sustentadas após o início da fadiga muscular (ENOKA; DUCHATEAU, 2007, s/p).

Dessa forma, o diagnóstico da fadiga muscular depende de fatores associados a contrações e não pode ser analisado de modo singular, ou seja, decorre da simultaneidade de acontecimentos, variando em escala de intensidade, visto que a fadiga não irá cessar a funcionalidade do músculo em ação, mas, resultar em um desempenho abaixo do esperado (DUCHATEAU, 2007, s/p).

Em analogia ao termo fadiga, é importante ressaltar a extensão dessa palavra de três formas: 1) Fadiga periférica, a qual abrange mecanismos de perda de torque, atribuíveis a eventos distais à junção neuromuscular, ou seja, no interior das fibras musculares; 2) Fadiga central, em que a perda de torque é atribuída a eventos proximais à junção neuromuscular, ou seja, residem no sistema nervoso; e 3) “Fadiga global” ou fadiga neuromuscular, a qual é representada por uma queda na Contração Voluntária Máxima (CVM), como resultado dos efeitos combinados da fadiga periférica e central (POOLE et al., 2006).

Em suma, percebe-se que a fadiga pode ser muscular, abrangendo apenas a fibra, do sistema nervoso, ou ainda, afetar a CVM, decorrente da interação entre os dois tipos de fadiga supracitados. Essas variações ocorrem também devido à baixa ou alta intensidade mediadas pelo esforço físico proposto, resultando no esgotamento (POOLE et al., 2006).

Santos, Dezan e Sarraf (2003) afirmam que, um aspecto importante relacionado à fadiga central durante o exercício físico de longa duração e de baixa intensidade, refere-se à interação de alguns neurotransmissores cerebrais. Por exemplo, a serotonina pode estar envolvida com o sistema de fadiga muscular decorrente de alterações na percepção do esforço muscular devido a sua função na regulação do ciclo circadiano. Ou seja, esse hormônio – sintetizado pelos neurônios serotoninérgicos – depende da sua liberação pelo neurônio, por um processo conhecido como exocitose, que faz com que a serotonina fique na fenda sináptica e ligue-se, consequentemente, com receptores de membrana pós-sináptica, influenciando a neurotransmissão no sistema nervoso central.

Ainda, Rohfls e colaboradores (2005) também explicitaram essa relação, explanando que a “Hipótese da Fadiga Central” relaciona os sinais e sintomas da síndrome do excesso de treinamento com sintomas semelhantes aos que ocorrem quando a concentração do neurotransmissor cerebral, a serotonina, aumenta. Tem sido demonstrado que o nível de serotonina cerebral depende do triptofano livre no plasma, que, por sua vez, aumenta de forma direta com a concentração de ácidos graxos livres. Dessa forma, o aumento da serotonina age de modo proporcional ao aumento da hipótese de acontecimentos de fadiga central.

Consoante com esse viés de argumentação, o neurologista Ricardo Teixeira (2016) assegura que as mulheres têm tendência em apresentar maior sistema do neurotransmissor serotonina, uma vez que apresentam maior concentração plasmática e mais receptores em algumas regiões do cérebro. Exceto nos casos de depressão, os quais são característicos por terem menor concentração de proteínas transportadoras do neurotransmissor. Portanto, a mulher, nesses casos, é mais propensa a desencadear episódios de fadiga muscular com a hipótese de que ela acomete-se próximo às junções neuromusculares por ter contato direto com o aumento da serotonina – que é mais responsiva nas mulheres, geralmente.

Especificando a questão norteadora da fadiga, conforme explicitações,

[...] foi desenvolvida hipótese de que o sarcolema pode ser o sítio de fadiga em razão de sua incapacidade de manter as concentrações de Na+ e de K+ durante estimulação repetida. Quando a Na+/K+-ATPase não pode ser mantida, o K+ se acumula no exterior da membrana e diminui no interior da célula e isto acarreta uma despolarização da célula e uma redução do potencial de ação. A despolarização gradual do sarcolema poderia acarretar uma alteração da função dos túbulos T, incluindo um bloqueio do seu potencial de ação (NETO, MOREIRA, TEODORO, 2008, p. 84).

O sarcolema é o tecido conjuntivo que envolve a fibra muscular que varia a medida que as concentrações dos íons modificam-se do meio intracelular para o extracelular ou o inverso. Assim, o processo de contrações musculares rápidas, demanda trocas iônicas na mesma intensidade, porém, às vezes elas não ocorrem na velocidade adequada, impedindo que o potencial de ação – que é o motor da sensibilização para gerar uma ação –, aconteça de modo adequado. Com isso, essa inoperância muscular também gera a fadiga (NETO, MOREIRA, TEODORO, 2008, p. 84).

Continuando a análise da palavra fadiga, é primordial distinguir ela da capacidade de dar sequência à tarefa que está sendo realizada,

Consequentemente, a fadiga muscular não é o ponto de falha da tarefa ou o momento em que os músculos se exaurem. Antes, a fadiga muscular é uma diminuição da força ou potência máxima que os músculos envolvidos podem produzir e se desenvolve gradualmente logo após o início da atividade física sustentada. Um protocolo comum usado para quantificar o desenvolvimento da fadiga muscular é interromper o exercício fatigante com breves contrações máximas (voluntárias ou evocadas eletricamente) para estimar o declínio na capacidade máxima de força (Merton, 1954; Bigland-Ritchie et al., 1986; Hunter et al., 2004; Søgaard et al., 2006). Da mesma forma, a quantidade de fadiga muscular causada por uma intervenção pode ser quantificada como o declínio da força ou potência máxima medida imediatamente após a contração fatigante (Taylor et al., 1996; Griffin et al., 2001; Hunter et al., 2004; Lévénez et al., 2005; McNeil et al., 2006 ).” (ENOKA e DUCHATEAU, 2007, s/p).

Nesse contexto, a fadiga não é caracterizada por ter agravamento súbito, nem por necessitar que a pessoa pare a contração muscular no momento em que ela se iniciou. O movimento se tornará comprometido aos poucos e exigirá maior esforço físico. Assim, o fator que será analisado permeia a manifestação dela no âmbito masculino e no feminino, partindo do pressuposto que há diferenças entre esses gêneros e, seguidamente, que as características apresentadas divergem quando são encontradas em ambos os sexos (ENOKA e DUCHATEAU, 2007, s/p).

Além disso, “a fatigabilidade do músculo geralmente é resolvida em poucas horas, enquanto os danos musculares podem prejudicar a geração de força por até 7 dias” (HUNTER, 2014, s/p). Por meio disso, é importante ressaltar que existe diferença entre dano muscular e fadiga, e que as consequências causadas no músculo diferem desde o tempo que demanda para recuperação até os sintomas que aparecem após o problema no local. A fadiga é momentânea e permite que a pessoa execute exercícios ou volte a contrair o músculo logo depois; já o dano muscular demanda maior tempo de recuperação, e de acordo com Berton e colaboradores (2012), pode causar danos nas fibras musculares ou no tecido conjuntivo, resultando na queda de produção da força e aumento da dor muscular.

É importante salientar que a fadiga muscular está pautada na relação de duração, tempo e potência da ação muscular:

“Evidências convincentes indicaram que ela está consagrada no conceito de 'poder crítico' (PC). Na sua essência, esse conceito descreve a duração tolerável do exercício de intensidade severa. Quando o tempo até o limite de tolerância é plotado em relação a velocidades constantes específicas ou a saídas de potência, o relacionamento não é linear (como se poderia esperar ingenuamente), mas é bastante curvilíneo, com a capacidade de sustentar o exercício diminuindo mais acentuadamente em comparação com os valores mais altos.” (POOLE et al., 2006, s/p).

Visto isso, por depender desses três fatores, do ponto de vista matemático, a relação entre essas grandezas é caracterizada como uma hipérbole – curva explicitada em um gráfico que pode ser ascendente ou descendente (POOLE et al., 2006, s/p).

Consoante ao exposto,

“[...] a relação poder humano-duração é hiperbólica por natureza, não apenas quando o desempenho de um único indivíduo é avaliado, mas também quando os melhores desempenhos humanos são estabelecidos por diferentes indivíduos. Sabe-se também que essa relação hiperbólica de poder-duração se aplica não apenas a indivíduos que realizam uma ampla gama de atividades de corpo inteiro (ciclismo, corrida, remo, natação), mas também quando o exercício é confinado a um único músculo ou articulação (16, 61,48 rev. 47,48). (POOLE et al., 2006, s/p).

Ou seja, analisando um grupo de músculos ou apenas um deles, a interpretação da fadiga pode ser analisada perante os mesmos critérios propostos, sempre partindo do poder crítico presente na curva hiperbólica matemática, a fim de melhor descrever os processos de esgotamento muscular (POOLE et al., 2006, s/p).

Além desse paralelismo entre poder e duração, o pico de torque também influencia diretamente no processo da fadiga muscular:

Pico de torque foi o fator que mais explicou as variações da fadiga muscular, permanecendo associado de forma negativa e independente mesmo depois do ajuste para as outras variáveis explicativas. Pico de torque representa a força muscular máxima do indivíduo, refletindo o ponto de maior desempenho muscular no teste isocinético, é o parâmetro mais descrito nas avaliações isocinéticas do desempenho muscular24. Nossos resultados demonstraram que o aumento do pico de torque esteve associado ao aumento da fadiga muscular (SILVA et al., 2011, s/p).

Diante disso, a força máxima atingida por um homem, pelo fato de a massa muscular ser mais abrangente e por ela ser a desencadeadora da força física, é maior em comparação com as mulheres. Portanto, como a proporção de força e fadiga muscular é de modo direto, os homens tem a chance de desenvolver a fadiga com maior rapidez, diminuindo o desempenho físico, sem excluir, em condições normais, a capacidade de explosão do músculo.

Em consideração à capacidade de sustentação de contração, percebe-se a primária diferença explícita entre os gêneros, uma vez que:

As mulheres geralmente são capazes de sustentar uma contração por um período mais longo, especialmente em intensidades de contração mais baixas ([Hicks et al., 2001](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2375565/#b43); [Clark et a,. 2005](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2375565/#b22); [Hunter et al., 2006](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2375565/#b44)), mas não contrações máximas ([Baudry et al., 2007](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2375565/" \l "b8)). As explicações mais comuns para essa diferença de sexo são a maior massa muscular ativada pelos homens e uma menor dependência do metabolismo glicolítico pelas mulheres. Como os homens são tipicamente mais fortes que as mulheres, eles devem ativar uma massa muscular maior para exercer a mesma força relativa (% máxima) das mulheres, que será acompanhada por maiores pressões intramusculares e maior oclusão do fluxo sanguíneo ([de Ruiter et al., 2007](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2375565/#b25) apud ENOKA e DUCHATEAU, 2007, s/p).

Consequentemente, essa necessidade de aumentar a pressão intramuscular, no caso masculino, faz com que o músculo fique mais rígido, delimitando a passagem sanguínea que é primordial para o funcionamento adequado do músculo. Assim, o suprimento nutritivo desse tecido apresenta níveis abaixo do esperado, promovendo um maior desenvolvimento de fadiga em relação às mulheres que possuem menos massa muscular. Dessa forma, as mulheres conseguem ter mais tempo de resistência levando em consideração os níveis de massa muscular corporal, em simultâneo, prolongam o aparecimento da fatigabilidade nas ações realizadas (ENOKA e DUCHATEAU, 2007, s/p).

Essa análise é praticável, porque

No metabolismo da energia muscular total está relacionada a diferenças na área proporcional das fibras do tipo I no músculo esquelético. Embora o número relativo (percentual) de tipos de fibra possa não diferir entre homens e mulheres [por exemplo], as mulheres têm fibras menores do tipo II do que os homens, de modo que todo o músculo das mulheres possui maior área relativa que é a fibra do tipo I. Tais diferenças sexuais na área proporcional do tipo de fibra são consistentes com propriedades contráteis mais lentas, como taxas mais lentas de relaxamento e um músculo mais resistente à fadiga. Em todo o nível muscular, a função contrátil pode diferir, mas em relação ao tamanho da fibra, a força de pico, a força e a velocidade de encurtamento dos tipos individuais de fibras musculares que foram esfoladas quimicamente não parecem diferir entre homens e mulheres, embora o envelhecimento e o desuso possam alterar isso mais nas mulheres do que nos homens (HUNTER, 2016, s/p).

Consoante, Enoka e Ducheteau (2007) descrevem que, como a oferta e a demanda de ATP são alteradas durante a oclusão do fluxo sanguíneo, a menor taxa de desenvolvimento de fadiga observada em mulheres durante contrações intermitentes pode ser atribuída a uma diferença de sexo nas contribuições relativas das vias metabólicas que fornecem ATP durante contrações fatigantes. Tal fato correlaciona a presença de ATP com o fluxo sanguíneo, permitindo considerar que, como a energia para o músculo funcionar é alta e deve estar presente em níveis adequados para realizar o movimento correto, a oclusão desse fornecimento de sangue, consequentemente, impede que a energia seja produzida ao máximo. Somado a isso, o armazenamento energético também contribui para a obtenção de ATP, assim, o glicogênio armazenado no fígado, em menor porcentagem, quando comparado com o músculo, é de onde advém a base glicolítica para a realização do movimento muscular. Sob esse princípio, quem tem maior massa muscular são os homens, logo, a porcentagem de armazenamento disponível para a transformação em energia é abrangente nesse gênero.

Em associação ao processo metabólico agregado à fadiga,

A acumulação de fosfato inorgânico (Pi) intramioplasmático e a limitação na disponibilidade de ATP são propostos frequentemente como os fatores responsáveis pelo desenvolvimento da fadiga. Embora atrativas, estas hipóteses foram elaboradas na fase dos resultados experimentais obtido in vitro e sua relevância fisiológica nunca foi demonstrada claramente em vivo (GIANNESINII et al, 2003). O mecanismo pelo qual o H+ poderia induzir a fadiga é multifatorial: a) O H+ pode inibir a liberação de Ca2+ do RS; b) inibir a ativação do Ca2+ nesse filamento; c) lentificar a transição das pontes cruzadas de um estado de baixa para alta força; d) inibir a atividade da bomba de Na+-K+-ATPase e; e) diminuir a atividade das vias glicolíticas (WESTERBLAD, 1991). Em um teste incremental na esteira até a exaustão, observou-se que o aumento na concentração venosa de potássio plasmático, durante um exercício é relacionado linearmente ao custo metabólico do exercício, expresso pela percentagem do VO2máx (ZOLADZ et al, 2002 apud NETO et al., 2008, p 85).

Partindo desse pressuposto, como os homens tem maior gasto energético ao realizar atividades que exigem força física, a concentração venosa de potássio vai ser maior do que nas mulheres, permitindo assim, que a fadiga seja mais recorrente e aconteça em menor período de tempo. Além disso, como as trocas respiratórias femininas acontecem em um fluxo mais prolongado comparando-se com o fluxo dos homens – ou seja, elas demoram mais para realizar as trocas gasosas –, a percentagem de volume de oxigênio (VO2) também é conjugada na análise para diferenciar o processo fatigante do músculo (NETO et al., 2008, s/p).

Entretanto, verificou- se que, quando as mulheres eram testadas na fase lútea do ciclo menstrual, elas usavam menos proglicogênio (a forma dinâmica do glicogênio) durante um passeio de bicicleta de 90 minutos, por exemplo, com 65% do pico de oxigênio captação (pico de VO2) em comparação com os homens (DEVRIES et al., [2006](https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1113/EP085369#eph1737-bib-0010)). Dessa forma, dependendo do tipo de exercício a ser realizado e/ou da fase do ciclo menstrual em que o exercício é feito, as mulheres podem poupar o glicogênio muscular (DEVRIES, 2005 apud DEVRIES, 2015, s/p).

Essa habilidade de poupar glicogênio garante às mulheres resistência física prolongada, porque minimiza os gastos energéticos e possibilita a utilização deles por mais tempo. Esse feito, mesmo que em determinados dias do ciclo menstrual, promove melhor desempenho em atividades esportivas nas mulheres do que nos homens. Assim, pode-se salientar que a fatigabilidade depende da combinação de inúmeros fatores, e não pode ser causa de apenas um padrão. Por isso que o esporte torna-se mutável em relação aos ganhadores e às marcas alcançadas pelos recordistas, por exemplo. Desse modo, a durabilidade da atividade física é relacionada e dependente da maioria dos fatores extrínsecos do músculo e do condicionamento físico (DEVRIES, 2015, s/p).

Atrelado a esse fator, e como citado anteriormente, as mulheres têm uma taxa de troca respiratória mais baixa durante a END - desempenho em exercícios de saúde ou resistência - do que os homens (TARNOPOLSKY et al., 1990, 1995; ROMIJN et al., 2000; CARTER et al., 2001b; DEVRIES et al., 2006), indicando menor dependência da oxidação de carboidratos para apoiar os requisitos de combustível para END (DEVRIES, 2005). Ou seja, para o desempenho em exercícios de saúde ou resistência das mulheres, utiliza-se menor quantidade energética por não ter uma necessidade de oxigenação tão elevada. Continuamente, a oxigenação do tecido muscular interfere nos possíveis caso de fadiga, como também no funcionamento adequado da musculatura, uma vez que o corpo necessita promover a readaptação adequada conforme o tipo de exercício iniciado, para permitir que o corpo não sofra com a falta de oxigênio circulante ou com a ineficiência de energia em forma de ATP.

Nesse sentido:

A hipóxia tem efeitos prejudiciais no metabolismo muscular e na tolerância ao exercício. Durante o exercício de alta intensidade, ocorre uma depleção acelerada de PCr e glicogênio, e um acúmulo mais rápido de metabólitos relacionados à fadiga (por exemplo. A hipóxia também causa uma redução na taxa metabólica oxidativa máxima, e isso se reflete em uma desaceleração da cinética de recuperação da PCr muscular após o exercício (POOLE et al., 2006, s/p).

Essa situação de hipóxia (baixa concentração de oxigênio nos tecidos) promove maior facilidade de desenvolvimento da fadiga, e, como citado anteriormente, as mulheres não realizam tanta troca respiratória como os homens, então, nesse quesito elas têm menor probabilidade de desenvolver cansaço físico (POOLE et al., 2006, s/p).

Kellawan e colaboradores (2015) concluíram em seu estudo que “as mulheres demonstram respostas vasodilatadoras robustamente maiores ao exercício”. Nesse viés, “a vasodilatação do músculo esquelético diminui a resistência periférica ao fluxo sanguíneo” (MONTEIRO, FILHO, 2004, s/p). Isso significa que o sangue será fluído de modo mais dinâmico e terá menos dificuldade para continuar seu fluxo normalizado. Tal circulação, sem tanta resistência, permite que a funcionalidade do músculo alcance seu máximo sem problemas externos e promove um fluxograma vantajoso no momento da exigência física, por existência dessas respostas vasodilatadoras. Nesse sentido, a probabilidade de ocorrer fadiga por junção de metabólitos é relativamente baixa, pelo fato do fluxo sanguíneo ser bem fluido.

Sequenciando a relação de fadiga em homens e mulheres e evidenciando suas pluralidades,

As mulheres geralmente exibem respostas fisiológicas maiores a eventos indutores de estresse do que os homens, como aumento da demanda cognitiva ou choques elétricos imprevisíveis nas costas da mão. As diferenças entre os sexos em resposta a um estressor incluem estratégias diferentes de ativação cerebral e firmeza reduzida (maiores flutuações de força) durante contrações de carga leve. Além disso, quando um estressor cognitivo foi imposto durante a realização de uma contração fatigante sustentada em 20% da contração voluntária máxima (CVM), o tempo de falha foi reduzido para homens (8,6%), mas mais ainda para mulheres (27,3%) em comparação com contração fatigante de controle que não envolveu estressor imposto ([Yoon et al., 2009b](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4111134/" \l "R202) apud HUNTER, 2014, s/p).

Logo, a influência do estresse na execução dos exercícios age de maneira parecida, mas com níveis diferentes, nos dois sexos, uma vez que as mulheres têm uma redução maior no tempo de falha, fazendo com que a fadiga se manifeste mais rápida em casos em que elas são expostas a fatores hormonais que envolvam o estresse. É possível salientar, então, que a influência estressante não afeta tanto os homens como afeta o sexo oposto. Nessa situação, o rendimento físico é comprometido por fator extrínseco que acontece esporadicamente, porque é dependente de situações além do perfil físico, remontam o sistema metabólico atrelado às funções cognitivas do tecido muscular (HUNTER, 2014, s/p).

Outro limiar de extrema relevância nesse comparativo é a concentração de lactato, o qual é advindo do Ciclo de Cori – que é responsável por transformar a glicose em ácido lático como fonte alternativa de energia na ausência de oxigênio, por exemplo –, e quando está em altas concentrações no corpo, pode causar a acidose metabólica. Essa ocorrência, apresenta como sintoma a fadiga muscular. Entretanto, segundo Gladen (2004), “em lugar de acidose, os estudos sobre fibras musculares estão a apontar para fosfato inorgânico (Pi) como uma das causas principais da fadiga muscular. O Pi aumenta durante intensas contrações musculares ou exercícios devido à quebra da PCr”. Ou seja, o lactato não é, conforme esse estudo, considerado o grande causador da fadiga, porque além de ser um reparador da fibra muscular, a inoperância dele no sistema corporal impediria a realização de atividades físicas que exigem contrações máximas, de alta intensidade e velocidade. Ainda mais quando analisado em condições de hipóxia, as quais impossibilitam que o metabolismo aeróbico funcione adequadamente, dependendo, com isso, do metabolismo anaeróbico (GLADEN, 2004, s/p).

Além disso,

A obesidade pode alterar os mecanismos normais de desenvolvimento da fadiga devido às alterações fisiológicas e neuromusculares. Durante contrações submáximas sustentadas, alterações periféricas e centrais levam a manifestações mioelétricas que sofrem fadiga antes da falha da tarefa. Essas manifestações mioelétricas correspondem a um aumento nas frequências de acionamento das unidades motoras, amplitude EMG, latência de início e diminuição da velocidade de condução (REBOLLEDO et al., 2019, s/p).

Dessa forma, as manifestações mioelétricas de fadiga seriam aumentadas ou exacerbadas na presença de gordura intramuscular e subcutânea, já que a relação entre esta condição leva a expressão de citocinas pró-inflamatórias no tecido muscular (ADDISON et al., 2014; COPPACK, 2001; MOHAMED-ALI et al., 1997 apud REBOLLEDO, et al, 2019, s/p).

Analisando a interdependência entre os índices de fadiga de acordo com o peso corporal, e correlacionando os dados segundo a Pesquisa Nacional de Saúde, feita pelo IBGE, a proporção de mulheres obesas (24,4%) ficou acima da dos homens (16,8%) nas oito faixas etárias investigadas pelo estudo. Desse modo, com alterações periféricas e centrais no músculo, as manifestações mioelétricas levam à fadiga precoce, fator que determina, nesse âmbito, o melhor condicionamento físico para homens relacionado ao das mulheres. Soma-se a isso o acúmulo adipogênico ressaltado nas mulheres na região abdominal, glúteos e coxas, os quais são o pilar de sustentação para a prática de exercícios ou, ainda, para movimentação cotidiana.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados revelam que a influência do sexo na fatigabilidade durante a contração muscular é relevante. Nesse contexto, os homens apresentam maior pré-disposição para desencadearem processos de fadiga muscular em relação às mulheres. Tal feito é reafirmado pela maior resistência proposta em um exercício, por exemplo, no âmbito feminino, mesmo que, de menor intensidade.

Soma-se a isso a massa muscular agregada à força, a capacidade da troca respiratória, a sustentação da contração, especialização em reservar glicogênio, a vasodilatação durante a prática de exercícios. Assim, esses múltiplos fatores são os que transformam a fadiga muscular mais rápida nos homens do que nas mulheres, permitindo salientar que a capacidade de resistência e durabilidade no exercício ou em atividades que exigem contrações específicas é melhor aproveitado em mulheres.

**REFERÊNCIAS**

BERTON, Ricardo Paes de Barros; et al. **Dano muscular: resposta inflamatória sistêmica após ações excêntricas máximas.** In: Revista Brasileira Educação Física Esporte**.** São Paulo, vol 26, nº 3, 20 ed,Jul/Set, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbefe/v26n3/02.pdf>, com acesso em 30/09/2019.

BERTUZZI, Rômulo Cássio de Moraes; FRANCHINI, Emerson; KISS, Maria Augusta Peduti Dal’Molin. **Fadiga muscular aguda: uma breve revisão dos sistemas fisiológicos e suas possíveis relações**. Motriz, Rio Claro, vol 10, nº 1, Jan/Abri, 2004. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/ib/efisica/motriz/10n1/13RMB.pdf>, com acesso em 30/09/2019.

DEVRIES, Michaela C. **Sex‐based differences in endurance exercise muscle metabolism: impact on exercise and nutritional strategies to optimize health and performance in women**. In: The Journal of Physiology – Experimental Physiology. vol 101, 2015. Disponível: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1113/EP085369>, com acesso em 30/09/2019.

DEZAN, Valério Henrique; SANTOS, Maria Gisele dos Santos; SARRAF, Thiago Augusto. **Bases metabólicas da fadiga muscular aguda**. In: Revista Brasileira Ciência e Movimento. Brasília, vol 11, nº 1, 2003. Disponível em: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/480-1679-1-PB.pdf>, com acesso em 30/09/2019.

ENOKA, Roger M.; DUCHATEAU, Jacques. **Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function.** In: The Journal of Physiology - US National Library of Medicine National Institutes of Health. Jan, 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2375565/>, com acesso em 30/09/2019.

FILHOS, Dário C. Sobral; MONTEIRO, Maria de Fátima. **Exercício físico e o controle da pressão arterial.** In: Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Recife, vol. 10, nº 6 – Nov/Dez, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v10n6/a08v10n6>, com acesso em 30/09/2019.

# GLADDEN, L B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium.

In: The Journal of Physiology - US National Library of Medicine National Institutes of Health. 2004. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1664920/>, com acesso em 30/09/2019.

# HUNTER, Sandra K. Sex differences in fatigability of dynamic contractions. In: US National Library of Medicine National Institutes of Health. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5777316/>, com acesso em 30/09/2019.

# HUNTER, Sandra K.; et al. The Relevance of Sex Differences in Performance Fatigability. In: Medicine & Science in Sports & Exercise. Nov, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5349856/>, com acesso em 30/09/2019.

IBGE; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Percentual de mulheres com obesidade é maior que o de homens. 2015. Disponivel em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/08/1671616-percentual-de-mulheres-com-obesidade-e-maior-que-o-de-homens.shtml>, com acesso em 30/09/2019.

KELLAWAN, Mikhail J.; et al. **Exercise vasodilation is greater in women: contributions of nitric oxide synthase and cyclooxygenase.** In: US National Library of Medicine National Institutes of Health. Mar, 2015. Disponível em: **.**<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4506238/>, com acesso em 30/09/2019.

# MENDEZ-REBOLLEDO, Guillermo; et al. Influence of adiposity and fatigue on the scapular muscle recruitment order. In: PeerJ**— the Journal of Life and Environmental Sciences -** US National Library of Medicine National Institutes of Health.Jun, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6598653/>, com acesso em 30/09/2019.

MOREIRA, Pedro Vieira Sarmet; MAGALHÃES NETO, Anibal Monteiro; TEODORO, Bruno Conzaga. **Bases neurais e metabólicas da fadiga durante o exercício.** In: Biosci. J.. Uberlândia, vol 24, nº 1, Jan./Mar. 2008. Disponível em: <http://professor.ufop.br/sites/default/files/lenice/files/neuromuscular_2015-1.pdf>, com acesso em 30/09/2019.

# POOLE, David C.; et al. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. In: Medicine & Science in Sports & Exercise. Nov, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5070974/>, com acesso em 30/09/2019.

ROHLFS, Izabel Cristina Provenza de Miranda; et al. **Relação da síndrome do excesso de treinamento com estresse, fadiga e serotonina.** In: Revista Brasileira de Medicina do Esporte. vol. 11, nº 6, Nov/Dez, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v11n6/a12v11n6.pdf>, com acesso em 30/09/2019.

SILVA, Juscelio P.; et al. **Fatores clínicos, funcionais e inflamatórios associados à fadiga muscular e à fadiga autopercebida em idosas da comunidade**. In: Revista Brasileira Fisioterapia. Vol 15, nº 3, jun, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552011000300011>, com acesso em 30/09/2019.

TEIXEIRA, Ricardo. Neurologista explica as diferenças entre cérebros masculinos e femininos. **Revista Correio Braziliense**. 12 dezembro 2016. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/revista/2016/12/12/interna_revista_correio,561002/neurologista-explica-diferencas-entre-cerebros-masculinos-e-femininos.shtml>, com acesso em 30/09/2019.

1. Acadêmica do curso de Medicina do Centro Universitário FAG. E-mail: vittoriamartelli@hotmail.com [↑](#footnote-ref-1)
2. Acadêmica do curso de Medicina do Centro Universitário FAG. E-mail: sibelyshoia@hotmail.com [↑](#footnote-ref-2)
3. Bióloga. Mestre em Biociências e Saúde. Orientadora e Professora do curso de Medicina do Centro Universitário FAG. E-mail: carolinazawoski@gmail.com [↑](#footnote-ref-3)