

**DIFERENÇAS ENTRE HOMENS E MULHERES NAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E
NO DESEMPENHO DO ESFORÇO ÚNICO E REPETIDO**

**Differences between men and women in the physiological responses and
performance to single and repeated sprint**

Valéria Leme Gonçalves Panissa, Bianca Miarka, Ursula Ferreira Julio

Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo.

Endereço para Correspondência:

*Valéria Leme Gonçalves Panissa, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, Avenida Professor Melo de Moraes, 65, Cidade Universitária, São Paulo, SP, CEP 05508-030, Brasil.

Fone: 011-3091-8793

E-mail: valeriapanissa@gmail.com

Resumo

A presença de esforços repetidos é característica comum a várias modalidades esportivas. Na literatura, é possível encontrar estudos objetivando comparar o desempenho (potência pico e manutenção da potência) no exercício intermitente entre homens e mulheres. Após a revisão e discussão dos poucos estudos existentes, o presente artigo verificou que homens apresentam potência pico absoluta superior a das mulheres, ao passo que as mulheres são mais eficientes na manutenção da potência. Quando as variáveis de desempenho são relativizadas por variáveis antropométricas (massa corporal ou massa magra) geralmente resultados similares são observados, porém as diferenças são minimizadas e em alguns casos anuladas. Com relação às diferenças entre os gêneros, uma possível explicação seria o potencial anaeróbio elevado dos homens, o que propiciaria atingir índices máximos superiores ao das mulheres. Em contrapartida, homens apresentam uma queda maior, uma vez que não é possível manter esse desempenho elevado. Adicionalmente, as mulheres apresentam maior manutenção do desempenho como consequência do menor acúmulo de metabólitos, menor atenuação da capacidade de recrutamento das fibras musculares, e melhor capacidade de recuperação. No entanto, evidências recentes demonstraram que as diferenças entre os sexos não podem ser explicadas pelo dimorfismo sexual, uma vez que quando comparado homens e mulheres com o desempenho pico equivalente, essas diferenças não são observadas.

Palavras-chave: desempenho atlético; homens; mulheres.

Abstract

The presence of repeated effort is a common characteristic of many sports. In the literature, it is possible to find studies whose aim is to compare the performance (peak power and mean power) of intermittent exercises among men and women. After a review and a discussion of the few existing studies, the present article verified that men have absolute peak power higher than women, while women were more effective in maintaining power during the effort. When performance variables are relativized by anthropometric variables (body mass or lean body mass), similar results are generally obtained, but the differences are minimized, and in some cases nullified. Concerning the difference between genders, a

possible explanation is the high anaerobic potential of men, which provides maximum indexes higher than of women. In contrast, men present a large drop, since it is not possible to maintain these high performances. In addition, women demonstrated higher performance maintenance, due to accumulation of lower metabolites, lower capacity attenuation of muscle fiber recruitment, and a better recovery capability. Nevertheless, recent evidences have demonstrated that gender differences cannot be explained by sexual dimorphism, because, when comparing men and women with equivalent peak performances, the differences among genders are not observed.

Key-words: athletic performance; men; women.

INTRODUÇÃO

Uma característica comum em várias modalidades esportivas é a intermitência, uma vez que envolve períodos de esforço de curta duração realizados na intensidade máxima ou supra-máxima intercalados por períodos de recuperação em intensidade baixa ou moderada (Glaister, 2005).

Devido ao número elevado de vezes que o atleta repete ações de alta intensidade durante o desenvolvimento do jogo, em modalidades coletivas, ou da luta em esportes de combate, é comum verificar uma queda do desempenho, a qual tem sido denominada fadiga (Billaut e Bishop, 2009). Nesse sentido, observa-se a ocorrência de modificações rápidas no metabolismo e na função muscular que resultam na incapacidade de manter a intensidade ou nível de força durante os esforços repetidos (Billaut e Bishop, 2012).

Neste tipo de exercício ao observar os índices máximos (potência pico, potência média e trabalho total), os homens apresentam melhor desempenho quando comparado às mulheres, em esforço único (Leicht et al., 2011) e repetidos (Billaut e Smith, 2009). Em contrapartida, mulheres podem apresentar maior manutenção do desempenho nesses mesmos tipos de exercício (Billaut e Bishop, 2009; Weber et al., 2006), embora haja controvérsias em esforço único (Hill e Smith, 1993) e repetido (Billaut et al., 2003).

Dada a premência desses fatores, alguns estudos compararam tanto o desempenho máximo como a sua manutenção entre homens e mulheres no intuito de identificar possíveis explicações para as diferenças observadas (Esbjörnsson-Liljedahl et al., 2002; Hill e Smith, 1993). Uma possível explicação seria a diferença existente entre homens e mulheres quanto à composição corporal, ou seja, homens apresentam uma maior proporção de massa magra (Leicht et al., 2011). Essa explicação tem sido alvo de discussão na literatura, haja vista que quando o desempenho do exercício intermitente de alta intensidade é relativizado por alguma variável antropométrica, as diferenças entre os gêneros permanecem, porém são minimizadas (Billaut et al., 2003; Leich et al., 2011).

Outra possível explicação para as diferenças nos índices máximos e na sua manutenção é o potencial anaeróbio superior dos homens (Esbjörnsson-Liljedahl et al., 2002; Gratas-Delamarche et al., 1994), permitindo que esses produzam um índice máximo superior, porém com manutenção inferior desses valores quando comparado às mulheres. No entanto, recentemente, surgiram evidências de que essas diferenças não são decorrentes do dimorfismo sexual já que quando homens e mulheres apresentam desempenho igual no índice máximo, a manutenção do desempenho é equivalente (Billaut e Bishop, 2012).

Sendo assim, o presente capítulo tem como objetivo verificar se é verdadeira a assertiva sobre a diferença do desempenho máximo e sua manutenção entre homens e mulheres no exercício intermitente de alta intensidade, e identificar os mecanismos potenciais, tanto em esforço único como em esforços repetidos.

Diferenças entre Homens e Mulheres em esforço único

Em ações executadas na maior intensidade possível (exercício *all out*) a potência pico é atingida rapidamente, isto implica na necessidade de elevado fornecimento de energia desde o início do esforço (Billaut e Bishop, 2009).

Os índices de desempenho reportado pelos estudos comumente é dado em valores absolutos e também relativizados pela por variáveis antropométricas, as quais se destacam o peso corporal (Froese e Houston, 1987; Hill e Smith, 1993; Vardar et al.,

2007), a massa magra (Vincent et al., 2004) e a área de secção transversa da musculatura (Hazie e Kosar, 2007). Na Tabela 1, é possível visualizar alguns estudos que tiveram como objetivo comparar o desempenho absoluto e relativo de homens e mulheres em um único esforço de alta intensidade.

Ao observar os doze estudos descritos na Tabela 1, nota-se um grande enfoque em analisar as diferenças do desempenho no exercício intermitente de alta intensidade entre gêneros utilizando o protocolo de Wingate, sendo que apenas um estudo não utilizou esse teste como protocolo (Mujika et al., 2009), um estudo envolveu protocolos de corrida juntamente com o teste de Wingate (Perez-Gomes et al, 2008) e dois estudos aplicaram o teste de Wingate para membros superiores (Lovell et al., 2011; Weber et al., 2006). Embora seja possível compreender que esses estudos não foram conduzidos apenas para descrever a diferença do desempenho, mas também para testarem as possíveis explicações para essas diferenças, e, portanto, a utilização de um mesmo protocolo que tenha garantia de diferença no desempenho pode ser adequado, porém limita a compreensão do fenômeno haja vista que a contribuição dos sistemas de transferência de energia em exercício intermitente de alta intensidade, por exemplo, é modificada de acordo com a duração do esforço (Gastin, 2001).

Revisão

Exercício na Saúde, na Doença e no Esporte

Exercício intermitente e gênero

Tabela 1. Estudos comparando os índices máximos de desempenho de forma absoluta e relativa em único esforço entre homens e mulheres.

Estudo	Amostra	Protocolo	Forma de relativização	Diferenças nos índices máximos absolutos	Diferenças nos índices máximos relativos
Froese e Houston, 1987	Fisicamente ativos H: 12 M: 18	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	PC VP (Deslocamento de água)	PP: 46%	PC: PP - 22% VP: PP - 19%
Hill e Smith, 1993	NAF variado H: 16 M: 22	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	PC	PP: 49%	PC: PP - 30%
Esbjörnsson-Liljedahl et al., 1999	Fisicamente ativos H: 20 M: 19	Cicloergometro E: 30s (Wingate)	PC MM (3 DC)	PP: 27% PM: 30%	PC: PP - 15%; PM - 18% MM: PP - NS; PM - 8%
Weber et al., 2006	Fisicamente ativos H: 10 M: 10	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	PC MM (DEXA) MMMI (DEXA)	PP: 31% PM: 32%	PC: PP - 14; PM - 7% MM: NS MMMI: NS
		Cicloergometro MS E: 30s (Wingate)	PC MM (DEXA) MMMS (DEXA)	PP: 55% PM: 40%	PC: PP - 42%; PM - 25% MM: PP - 35%; PM - 7% MMSS: PP 30%; PM - NS
Vincent et al., 2004	Fisicamente ativos H: 8 M: 8	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate) C: carga máxima atingida em teste progressivo	PC MM (4 DC)	PP: 60% PM: 38%	PC: PP -27%; PM - 26% MM: PP - 15%; PM - 15%
Hazie e Kosar, 2007	NAF variado H: 27 M: 26	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	PC MM AST (DC, Circ. e DO)	PP: 37% PM: 33%	PC: PP - 22%; PC: PM - 26% MM: PP - 11%; PM - 6% AST: PP - 16%; PM - 11%
Vardar et al., 2007	Luta olímpica H: 8 M: 8	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	PC	PP: 39% PM: 39%	PC: PP - 20% PM - 21%

Revisão

Exercício na Saúde, na Doença e no Esporte

Exercício intermitente e gênero

Continua...

Perez-Gomes et al., 2008	Fisicamente ativos H: 123 M: 32	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate) Corrida all-out E: 30m e 300 m	MM (DEXA)	PP: 50% PM: 65% Te 30m: 14% Te 300m: 24%	MM: PP - NS MM: PM - 22% NR NR
Mujika et al., 2009	Futebol Sênior H: 17 e M: 17 Futebol Júnior H: 17 e M: 17	Corrida <i>Sprint</i> 15m	-	V: 22%	-
Leicht et al., 2011	Fisicamente ativos H: 22 M: 19	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	PC	PP: 38% PM: 38%	PC: PP: 17% PC: PM: 17%
Lovell et al., 2011	Fisicamente ativos H: 24 M: 16	Cicloergometro MS E: 30s (Wingate)	PC MM (PH)	PP: 42% PM: 55%	PC: PP - 32% PC: PM - 42%
Richmond et al., 2011	Ciclismo H: 16 M: 13	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate) - 0,080 kp/kg E: 30s (Wingate) - 0,095 kp/kg	PC MM (PH) PC MM (PH)	PP: 36% PM: 34% PP: 19% PM: 39%	PC: PP - 12%; PM - 22% MM: PP 7%; PM - 16% PC: PP - 5%; PM - 26% MM: PP - NS; PM - 22%

Notas: H: homem; M: mulher; **NAF:** nível de atividade física; **E:** esforço; **MS:** membros superiores; **MI:** membros inferiores; **PC:** peso corporal; **VP:** volume das pernas; **MM:** massa magra; **DC:** dobras cutâneas; **AST:** área de secção transversa; **Circ.:** circunferências; **DO:** diâmetros ósseos; **PH:** pesagem hidrostática; **PP:** potência pico; **PM:** potência média; **Te:** tempo; **V:** velocidade; **NS:** não significante; **NR:** não reportado.

De maneira geral, o desempenho de homens observado de maneira absoluta em esforço único é superior ao de mulheres tanto em protocolos envolvendo a corrida (Mujika et al., 2009) como em protocolos em cicloergometro para membros inferiores (Richmond et al., 2011) e superiores (Lovell et al., 2011).

A ideia da relativização do desempenho parece ser interessante dada às diferenças entre proporção de massa magra e gorda existente entre homens e mulheres. O método de relativização do desempenho pelo peso corporal é o mais simples de ser utilizado, porém traz pouca informação adicional aos valores absolutos, pois não considera as proporções de massa magra e gorda. Já a relativização do desempenho pela massa magra é mais adequada para essa comparação. Sobretudo, deve-se considerar o método utilizado para estimar a massa magra. Dos métodos que são possíveis de serem aplicados temos os indiretos e os duplamente indiretos. A pesagem hidrostática e a absorciometria de feixe duplo (DEXA) são métodos indiretos que apresentam estimativas mais próximas dos valores reais da massa magra quando comparado com os duplamente indiretos que geralmente são equações que consideram medidas de dobras cutâneas, circunferências e diâmetros ósseos, cuja relação é estabelecida considerando como padrão ouro os métodos indiretos.

Vale ressaltar que essas diferenças entre homens e mulheres estão presentes quando os valores são observados de forma absoluta, embora a magnitude torne-se menor quando esses valores são relativizados à massa corporal ou à massa magra. Na tabela 1, é possível observar como o percentual de diferença entre homens e mulheres é alterado quando o mesmo é relativizado por alguma variável antropométrica. Assim como observado nos valores absolutos, existe uma grande variação quanto a essa diferença. Para os valores de potência pico a variação é de 5 a 42% e para potência média os valores são de 7 a 42%. Interessante observar na tabela 1 que em alguns estudos (Hazie e Kosar, 2007; Vincent et al., 2004; Weber et al., 2006;) a magnitude da diferença vai diminuindo de acordo com a utilização de métodos mais diretos para a relativização do desempenho, ou seja, a diferença entre homens e mulheres é menor quando relativizada ao peso corporal e menor ainda quando relativizada pela massa magra (Vincent et al., 2004), em alguns casos essa diferença do desempenho relativizado pela massa magra é anulada (Weber et al., 2006).

Quando a variável observada é a velocidade da corrida, a magnitude dessa diferença é aproximadamente 22% entre atletas de futebol da classe Júnior e de aproximadamente 14% entre atletas de futebol da classe Sênior ao percorrem a distância de 15 metros (Mujika et al., 2009). Quando a mesma comparação foi realizada para as distâncias de 30 e 300 metros em fisicamente ativos, a magnitude da diferença foi de aproximadamente 14% e 24%, respectivamente (Peres-Gomes et al., 2008).

Os valores observados na corrida parecem ser inferiores aos observados para a potência pico gerada no teste de Wingate ao compararmos homens e mulheres. Com exceção aos estudos de Esbjörnsson-Liljedahl et al. (1999) que observaram uma diferença de 27% e Richmond et al. (2011) que observaram uma diferença de 19%, os demais estudos utilizando esse protocolo observaram magnitudes superiores para a diferença do desempenho entre homens e mulheres variando de 31% (Weber et al., 2006) a 60% (Vincent et al., 2004). Para os valores de potência média também existe uma grande amplitude de valores quando observadas as diferenças percentuais entre homens e mulheres (30 a 42%) (Hill e Smith, 1993; Lovell et al., 2011).

Sobretudo, ainda que existam essas limitações nos protocolos utilizados, é consensual que homens apresentam desempenho superior em índices máximos tanto absolutos como relativos comparados ao observado nas mulheres em atividades envolvendo esforços únicos. Provavelmente, essas diferenças na magnitude são reflexos das diferenças entre os protocolos utilizados (p. ex. carga utilizada) e estados de treinamento dos participantes, já que embora não exista nenhum estudo comparando as diferenças entre homens e mulheres e diferentes níveis de treinamento, não é possível garantir que a resposta seja a mesma.

Em contrapartida, embora os homens apresentem superioridade quanto aos índices máximos absolutos e relativos, eles parecem apresentar menor resistência à fadiga (Tabela 2).

Tabela 2. Estudos comparando a manutenção do desempenho em único esforço entre homens e mulheres.

Estudo	Amostra	Protocolo	Manutenção do desempenho
Froese e Houston, 1987	Fisicamente ativos H: 12 M: 18	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	H < M
Hill e Smith, 1993	NAF variado H: 16 M: 22	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	H = M
Esbjörnsson-Liljedahl et al., 1999	Fisicamente ativos H: 20 M: 19	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	NR
Weber et al., 2006	Fisicamente ativos H: 10 M: 10	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate)	H = M
		Cicloergometro MS E: 30s (Wingate)	H < M
Lovell et al., 2011	Fisicamente ativos H: 24 M: 16	Cicloergometro MS E: 30s (Wingate)	H < M
Richmond et al., 2011	Ciclismo H: 16 M: 13	Cicloergometro MI E: 30s (Wingate) - 0,080 kp/kg	H < M
		E: 30s (Wingate) - 0,095 kp/kg	H < M

Notas: H: homem; M: mulher; MS: membros superiores; MI: membros inferiores; E: esforço.

Para os estudos que consideram os esforços únicos, a queda do desempenho gerada ao longo do esforço pode ser quantificada de diferentes formas. O índice de fadiga considera em seu cálculo a diferença entre a potência pico e a potência mínima, relativa à potência pico (Weber et al., 2006) (Equação 1).

$$\text{Índice de fadiga} = \left(\frac{\text{potência pico} - \text{potência mínima}}{\text{potência pico}} \right) \quad \text{Equação 1}$$

Já a taxa de fadiga é representada também pela diferença entre a potência pico e a potência mínima, porém relativa ao tempo total do teste (30 segundos) subtraído do tempo para atingir a potência pico (Lovell et al., 2011) (Equação2)..

$$\text{Taxa de fadiga} = \left(\frac{\text{potência pico} - \text{potência mínima}}{30 - \text{tempo para atingir PP}} \right) \quad \text{Equação 2}$$

Existem evidências de que as mulheres apresentam maior manutenção do desempenho e, portanto, são mais resistentes à fadiga. Richmond et al. (2011) observaram que as mulheres tiveram maior manutenção do desempenho no teste de Wingate para membros inferiores com carga de 0,080 kg/kg ($20,1 \pm 1,2$ vs $26,3 \pm 0,6$) e 0,095 kg/peso ($27,4 \pm 1,1$ vs $29,4 \pm 1,1$). Outros estudos recentes também confirmaram essa assertiva. Lovell et al. (2011) utilizaram como tipo de exercício o cicloergometro de membros superiores e observaram que os homens apresentaram manutenção do desempenho inferior ($37,9 \pm 10$) ao das mulheres ($14,4 \pm 3$), dados corroborados por Esbjörnsson-Liljedahl et al. (1993) que observaram manutenção inferior para homens (433W) comparado às mulheres (315W).. Froese e Houston (1987), também demonstraram que homens apresentam menor manutenção do desempenho quando comparados com mulheres no decréscimo de potência absoluta em esforço *all out* de 30 segundos.

Hill e Smith (1993) não confirmam essa assertiva, haja vista que a queda da potência não diferiu entre homens ($50 \pm 1\%$) e mulheres (45 ± 3). Weber et al. (2006) verificaram que o índice de fadiga foi superior para os homens ($63,3 \pm 1,4$ vs $47,3 \pm 1,8$) no teste em ergômetro de braço, porém no ergômetro de perna não verificaram diferença entre os gêneros ($51,8 \pm 1,5$ e $54,3 \pm 2,6$, respectivamente).

A maioria dos estudos envolvendo esforços únicos utilizou 30 segundos como duração do esforço, o que demonstra a importância da caracterização fisiológica e os limitantes de fadiga para esse tipo de exercício de maneira que possibilite encontrar as possíveis causas das diferenças nos valores de índices máximos e sua manutenção entre homens e mulheres. A maioria dos estudos verificou esses aspectos somente em homens, o que limita a extrapolação dessas respostas para mulheres. Por outro lado como já dito anteriormente os estudos de caracterização de esforço máximo foram realizados com homens. É consensual que durante a realização de esforços únicos com duração de 30 segundos, o ATP é ressintetizado predominantemente pelas vias anaeróbias, (Gastin,

2001; Medbø e Tabata, 1989; Withers et al., 1991), sendo que quando observada a contribuição relativa das vias energéticas, Gastin (2001) propõe que 73% da energia sejam provenientes do sistema anaeróbio e 27% do sistema aeróbio.

A alta demanda do sistema anaeróbio láctico para ressintetizar energia acarreta em acúmulo de íons H^+ e redução do pH muscular e sanguíneo. Uma consequência importante da diminuição do pH é que essa diminuição pode afetar a condição mecânica de contração muscular, pois essa acidose interfere na eficácia da ativação do cálcio (Ca^{2+}) e, conseqüentemente, no processo de excitação-contração (Allen e Westerblad, 2011; Spriet et al., 1989); inibe atividades das enzimas fosforilase glicogênica e fosfofrutoquinase (PFK), que são enzimas regulatórias dessa via (Fitts, 1994). Além disso, pode contribuir para a ocorrência de fadiga central, como foi demonstrado em estudos que correlacionaram dados de atividade eletromiográfica no músculo (EMG) e concentração de pH (Rotto e Kaufman, 1988; Sacco et al., 1997; Vandewalle, et al. 1991). O acúmulo de íons H^+ pode também contribuir para a fadiga ocasionando perturbações iônicas, como aumento do potássio extracelular (K^+) (Medbø e Sejersted, 1990). Esse aumento altera a excitabilidade do sarcolema e induz a fadiga muscular impedindo a ativação celular (Fitts, 1994). Já com relação à contribuição do sistema anaeróbio alático a utilização da creatina fosfato (CP) pode gerar acúmulo de fósforo inorgânico (Pi) que também tem sido apontado como inibidor do processo de excitação-contração (Allen e Westerblad, 2001).

Sendo assim, essas vias têm vital importância para o desempenho em exercício com duração de 30 segundos na máxima intensidade. Infelizmente, os estudos analisando esses aspectos entre homens e mulheres são escassos. Hill e Smith (1993) analisaram a contribuição do sistema aeróbio e anaeróbio em teste de Wingate e verificaram que os homens realizaram 30% a mais de trabalho total relativo à massa corporal quando comparado às mulheres (299 ± 14 vs 211 ± 5 j/kg) e concomitantemente superioridade da contribuição do sistema anaeróbio (35%) comparado às mulheres (242 ± 15 vs 158 ± 5 j/kg).

Esbjörnsson-Liljedahl et al. (1993) verificaram que a atividade da lactato desidrogenase (LDH) foi maior (33%) para os homens, embora a atividade das enzimas fosfofrutoquinase (PFK), citrato sintase (CS), e beta hidroxiacil desidrogenase não tenham diferido entre homens e mulheres. Outros estudos avaliaram a atividade máxima de

enzimas *in vitro* e foi observado que homens têm atividade máxima das enzimas PFK e LDH superiores às encontradas nas mulheres (Green et al., 1984; Jaworowski et al., 2002; Komi et al., 1978). Outros estudos confirmam que homens apresentam maior acúmulo de lactato após realização de esforço único *all out* de 30 segundos comparado a mulheres (Esbjörnsson-Liljedahl et al., 1999; Froese e Houston, 1987; Lovell et al., 2011).

Weber e Schneider (2000) também demonstraram que homens tem maior capacidade anaeróbia, mensurada pelo MAOD (máximo déficit acumulado de oxigênio) juntamente com resposta mais elevada do lactato mesmo quando relativizado pela massa muscular envolvida através da realização de DEXA.

Desse modo, o dimorfismo sexual parece interferir em fatores relacionados com a capacidade de sustentar uma taxa de ressíntese alta de ATP em atividades intensas. De acordo com as informações disponíveis na literatura pode-se concluir que tal diferença nas comparações entre os sexos, poderia ser explicada pelo potencial anaeróbio elevado dos homens que possibilita alcançar maiores valores de índices máximos, mas que em contrapartida pode ocasionar maior queda de desempenho ao longo do exercício.

Diferenças entre Homens e Mulheres em esforços repetidos

Dada a grande importância da análise do desempenho em esforços repetidos, uma vez que esse tipo de atividade é característica de diversas modalidades esportivas, se faz também importante a análise dessas respostas tanto em homens como em mulheres. Existe na literatura uma grande variedade de protocolos de esforços repetidos, nos quais a duração do esforço varia entre 5 e 30 segundos. Essa duração para os períodos de esforço é inferior à duração observada, na maioria dos esportes intermitentes, que é de aproximadamente 10 segundos (Girard et al., 2011). Embora seja relevante a importância da análise de esforços repetidos comparando homens e mulheres, existe menor número de estudos comparado ao observado com esforço único, o que dificulta algumas discussões e conclusões sobre a temática.

Assim como em esforço único, os estudos envolvendo esforços repetidos observaram superioridade dos índices máximos (potência pico e média, e trabalho total)

para os homens comparados às mulheres, tanto para os valores de desempenho absolutos como relativos (peso corporal e massa muscular) (Tabela 3). A magnitude dessas diferenças é minimizada e algumas vezes anulada quando os valores são relativizados pela massa magra, como pode ser observado na Tabela 3.

Uma variável que tem sido bastante analisada em esforços repetidos é a queda do desempenho. A manutenção do desempenho nesse tipo de atividade é de extrema importância, já que em situações reais do esporte (jogo ou luta) os atletas precisam executar esforços em alta intensidade por inúmeras vezes e diversos estudos demonstraram que homens tem menor capacidade de manutenção do desempenho quando comparado às mulheres (Billaut e Smith, 2009; Billaut e Bishop, 2012).

Tabela 3. Estudos comparando as diferenças percentuais entre homens e mulheres para índices máximos de desempenho de forma absoluta e relativa em esforços repetidos.

Estudo	Amostra	Protocolo	Equalização	Diferenças nos índices máximos absolutos	Diferenças nos índices máximos relativos
Billaut, et al., 2003	Fisicamente ativos H: 20 M: 13	Cicloergometro E: 2 x 8s P: 15s/ 30s/ 60s/ 120s	MM (DC)	PP: 37,2%	PP - 16,8 %
Billaut e Smith, 2009	Futebol H: 17 M: 17	Cicloergometro E: 20 x 5s P: 25s	MM (DC)	T: 29%	T - 8%
Esbjörnsson-Liljedahl et al., 2009	Fisicamente ativos H: 10 M: 8	Cicloergometro E: 3 x 30s; P: 1200s	PC MM (DC)	PP: 32% PM: 30%	PC: PP - 22% PC: PM - 11% MM: NS
Billaut e Bishop, 2012	Futebol e rúgbi H: 18 M: 17	Cicloergometro E: 20 x 5s P: 25s	MM (DC)	T: 33%	T - 21%
Esbjörnsson-Liljedahl et al., 2012	Fisicamente ativos H: 9 M: 8	Cicloergometro E: 3 x 30s P: 1200 s	PC MM (DC)	PP: 26% PM: 24%	PC: PP - 13% PC: PM - 10% MM: NS
Mageean et al., 2011	Futebol e beisebol H: 11 Futebol, softbal, basquete e vôlei M: 11	Cicloergometro E: 5 x 6s mais 1 série 30s <i>all-out</i> P: 30s	MM (PH)	NS	NS

Notas: H: homem; M: mulher; E: esforço; P: pausa;; MM: massa magra; PC: peso corporal; DC: dobras cutâneas; PH: pesagem hidrostática; PP: potência pico; PM: potência média; T: trabalho; NS: não significante.

A manutenção do desempenho tem sido calculada por diferentes formas. Uma delas realiza um cálculo que considera o desempenho do esforço repetido relativo ao desempenho do primeiro esforço (Esbjörnsson-Liljedahl, et al., 2002), demonstrado na Equação 3:

$$\left(\frac{\text{desempenho do esforço}}{\text{desempenho esforço 1}} \right) \quad \text{Equação 3}$$

Outra possibilidade de avaliar a manutenção do desempenho é demonstrada na Equação 4 que utiliza a diferença entre o primeiro e o último esforço, relativo ao primeiro esforço (Yanagiya et al., 2003):

$$\left(\frac{10^{\circ}\text{esforço} - 1^{\circ}\text{esforço}}{1^{\circ}\text{esforço}} \right) \quad \text{Equação 4}$$

Já a equação 5 estabelece para o cálculo da queda do desempenho o que seria o desempenho ideal do avaliado, ou seja, sem apresentar queda no desempenho. Assim, o tempo do melhor esforço é multiplicado pelo número de esforços realizados durante o teste. O tempo total para realizar os esforços é dividido pelo tempo ideal e multiplicado por 100 (Billaut e Bishop, 2012):

$$\left(\frac{\text{Tempo total dos esforços}}{\text{Tempo ideal dos esforços}} \right) \quad \text{Equação 5}$$

Outra possibilidade de cálculo para a queda do desempenho considera a diferença entre o melhor desempenho e o desempenho médio dos esforços, relativo ao melhor desempenho (Laurent et al., 2010), demonstrado na Equação 6:

$$\left(\frac{\text{Desempenho médio} - \text{melhor desempenho}}{\text{Melhor desempenho}} \right) \text{ Equação 6}$$

Utilizando as diferentes formas para calcular a manutenção do desempenho, alguns estudos foram conduzidos para comparar a resistência a fadiga entre homens e mulheres, os quais são demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4. Comparação da manutenção do desempenho em protocolos de esforço repetido entre homens e mulheres.

Estudo	Protocolo	Resultado	Mulheres (%)	Homens (%)
Esbjörnsson-Liljedahl, et al., 2002	Cicloergometro E: 3 x 30s; P: 1200 s C: 0,075kp/kg	PP 3-1: H > M	- 3	- 8
		PM 3-1: H=M	- 5	- 5
Billaut, et al, 2003	Cicloergometro E: 2 x 8s; P: 15s/ 30s/ 60s/ 120s C: força ótima	PP: H < M Somente para a pausa de 15s	- 31 ± 11	- 19 ± 18
Billaut e Smith, 2009	Cicloergometro E: 20 x 5s; P: 25s C: 0,075kg/kg	T 20-1: H > M	- 19 ± 8	- 30 ± 11
Billaut e Bishop, 2012	Cicloergometro E: 20 x 5s; P: 25s C: 0,09 N.kg	T: H > M	- 24 ± 6	-35 ± 9
		Dados relativizados pela potencia inicial	T: H = M	- 27 ± 3
Laurent et al., 2010	Corrida em pista E: 3x (8x 30m); P:20m P entre séries: 5min	V: H > M	NR	NR
Yanagia et al., 2003	Esteira não motorizada E: 10 x 5s; P:10s	PM: H > M	-34 ± 9	46 ± 8

Nota: E: esforço; P: pausa; C: carga; PP: potência pico; PM: potência média; T: trabalho; V: velocidade; M: mulher; H: homem; NR: não reportado.

De acordo com os estudos que objetivaram analisar a manutenção do desempenho em esforços repetidos demonstrados na Tabela 4, observa-se que nem todos os estudos confirmam a assertiva de que homens são menos resistentes a fadiga. Quando o mesmo estudo comparou diferentes variáveis do desempenho (Esbjörnsson-Liljedahl, et al., 2002) ou diferentes formas de relativização (Billaut e Bishop, 2012) os achados foram

contraditórios. Adicionalmente, um estudo observou uma inversão para essa comparação apontando que mulheres apresentaram menor manutenção do desempenho comparado aos homens (Billaut, et al, 2003).

Um aspecto importante ao analisar esses estudos é salientar que foram utilizados diferentes protocolos e diferentes maneiras de analisar a manutenção do desempenho. Dos estudos que demonstraram maior resistência a fadiga para mulheres, Yanagiya et al. (2003) verificaram que a queda percentual da média do trabalho mecânico do primeiro ao décimo esforço em meninos foi superior àquela observada em meninas (equação 4). Já Laurent et al. (2010) utilizaram o índice de fadiga utilizando a variável velocidade máxima atingida demonstrando maiores índices de fadiga pelos homens (equação 6).

Em contrapartida os estudos que não suportam a assertiva de que mulheres são mais resistentes à fadiga, Billaut et al. (2003) demonstraram que a queda da potência pico em termos percentuais ao longo de um protocolo de esforços repetidos foi maior para mulheres. Mageean et al. (2011) não encontraram diferença entre homens e mulheres com valores similares de consumo máximo de oxigênio para manutenção da potência pico, embora os homens tenham apresentado menores valores de consumo de oxigênio nos intervalos de recuperação e tenham apresentado maior trabalho total realizado. Além disso, no estudo publicado por Esbjörnsson-Liljedahl et al. (2002) a diferença entre homens e mulheres ocorreu somente quando foi observada a queda percentual da potência pico, já que para a queda da potência média não houve diferença entre os sexos.

Devido a grande variedade de protocolos utilizados pelos estudos com relação à duração do esforço, da recuperação, e da relação esforço pausa, é difícil analisar quais seriam possíveis limitantes do desempenho com protocolos tão diferentes (Gastin, 2001). Além disso, de fato não existe nenhum fator isolado que possa explicar a ocorrência fadiga; atualmente sabe-se que fatores neurais como a diminuição do drive neural, o aumento do acúmulo de metabólitos, os distúrbios iônicos e a disponibilidade de substratos estão envolvidos nesse processo (Girard et al., 2011).

No entanto, as respostas fisiológicas necessárias para manutenção do desempenho diferem das respostas observadas em um único esforço. Por exemplo, Gaitanos et al. (1993) publicaram um estudo que envolvia a execução de 10 esforços de 6 segundos separados por 30 segundos de pausa em cicloergometro. No primeiro esforço, o

fornecimento de energia foi suprido pelo sistema glicolítico e ATP-CP quase que com a mesma magnitude. Já no décimo esforço embora a produção de ATP tenha diminuído, ou seja, houve queda de desempenho, a contribuição do sistema ATP-CP relativa ao ATP produzido aumentou enquanto que a contribuição da glicólise diminuiu substancialmente. Assim, no décimo esforço o exercício foi predominantemente suportado pela energia derivada do sistema ATP-CP e aumento da contribuição do metabolismo aeróbio.

Já Trump et al. (1996) quantificaram a contribuição dos sistemas energéticos utilizando esforço com maior duração (3 esforços de 30 segundos intercalados com pausas de 4 minutos. No primeiro esforço a contribuição do sistema ATP-CP foi entre 23-28%; da glicólise foi entre 50-55%; e do sistema aeróbio foi entre (16 a 28%), já no terceiro esforço a contribuição do sistema ATP-CP foi de 15%; da glicólise foi de 15% e do aeróbio foi de 70%, demonstrando claramente a diminuição da participação da glicólise e aumento da participação do metabolismo aeróbio. Assim é demonstrado que para esforços repetidos tanto com durações mais curtas (6 segundos), como mais longas (30 segundos) há maior dependência do metabolismo aeróbio para a manutenção do desempenho, diferentemente do que ocorre durante a realização de um único esforço na intensidade máxima.

Poucos estudos engajados em estudar o dimorfismo sexual além de avaliar as variáveis relacionadas ao desempenho se preocuparam em avaliar os parâmetros metabólicos e neurais relacionados à fadiga que pudessem de fato explicar as diferenças existentes entre homens e mulheres.

Esbjörnsson-Liljedahl et al. (2002) submeteram 7 mulheres e 8 homens a um protocolo de exercício intermitente de alta intensidade (3 esforços de 30 segundos intercalados com 20 minutos de pausa). O pico de potência do terceiro esforço foi menor que no primeiro para homens enquanto que para as mulheres houve manutenção do desempenho nos três esforços. Para a potência média, ambos tiveram redução de igual magnitude no terceiro esforço comparado com primeiro e não diferiram entre si. Essas repostas foram acompanhadas de aumento na concentração plasmática de produtos relacionados à quebra de ATP (amônia, inosina, hipoxantina, xantina, ácido úrico), catecolaminas (epinefrina e norepinefrina) e lactato, as quais todas foram menores nas mulheres quando comparadas aos homens. No entanto, durante o período de recuperação

entre os esforços houve menor acúmulo de inosina e inosina monofosfato para as mulheres, o que indicou maior ressíntese de ATP e conseqüentemente maior disponibilidade desse substrato para os esforços subseqüentes.

Outros estudos também demonstraram menor resposta do lactato nas mulheres, após exercício de alta intensidade sugerindo que assim como no esforço único, homens teriam maior potencial glicolítico o que resultaria em melhor desempenho, mas com maior inibição de mecanismos contráteis e, portanto limitação para gerar o mesmo desempenho do primeiro devido à fadiga gerada (Esbjörnsson-Liljedahl, et al., 2009; Gratas-Delamarche et al., 1994; Weber e Schneider, 2000).

Billaut e Smith (2009) verificaram que a queda percentual do trabalho do primeiro para o último esforço foi maior para os homens (29,6%,) quando comparado às mulheres (18,9%). Essa resposta foi acompanhada de maior ativação dos músculos dos membros inferiores (6,8%) e menor taxa de declínio do sinal eletromiográfico (soma-EMG) (11,4% vs 19,4%), sendo que a soma-EMG explicou 97% da queda percentual do trabalho para homens e 86% para as mulheres. Porém, quando a soma-EMG foi relativizada pelo trabalho mecânico realizado (eficiência neuromuscular) os grupos não diferiram entre si. Isso significa que embora não tenham ocorrido diferenças na eficiência neuromuscular ao longo dos esforços, possivelmente houve diferença na estratégia de recrutamento das unidades motoras indicando que as mulheres foram capazes de gerar maior ativação muscular em estado de fadiga o que proporcionou menor queda do desempenho.

Portanto, de acordo com os estudos supracitados o menor índice de fadiga apresentado pelas mulheres seria ocasionado devido ao menor acúmulo de metabólitos, menor atenuação da capacidade de recrutamento das fibras musculares, e melhor capacidade de recuperação. No entanto deve ser ressaltado que nesses trabalhos essas respostas fisiológicas juntamente com os menores índices de fadiga apresentados pelas mulheres sempre foram acompanhadas de melhores índices de desempenho máximo pelos homens.

Recentemente, Billaut e Bishop (2012) publicaram um interessante trabalho no qual além da relativização da massa magra foi realizada uma relativização de acordo com a potência pico atingida no primeiro esforço. Foi observado que o trabalho mecânico realizado no primeiro esforço, o trabalho total realizado nos 20 esforços e a queda

percentual do trabalho foram maiores para os homens. No entanto, quando houve a relativização da potência pico atingida no primeiro esforço, os participantes foram divididos em subgrupos ($n = 7$ por grupo) com potência pico equivalentes, e as diferenças entre os sexos para a queda percentual desapareceram. Além disso, houve maior queda absoluta da amplitude da eletromiografia para os homens ($155,2 \pm 60,3$ mV) do que para as mulheres ($102,5 \pm 45,1$ mV). Essas diferenças também desapareceram quando os grupos foram igualados de acordo com a potência inicial.

Existem diversos estudos demonstrando correlação positiva entre o trabalho mecânico realizado durante o primeiro esforço e a queda percentual de desempenho (Bishop et al., 2003; Bishop e Spencer 2004; Mendez-Villanueva et al., 2008), essa resposta está associada à maior fadiga gerada no primeiro esforço.

Mendez-Villanueva et al. (2008) ao submeterem homens fisicamente ativos a um protocolo de esforços repetidos (10 x 6s com pausa de 30s), verificaram que o pico de potência ao longo do protocolo (do 1 ao 10) foi inversamente relacionado ao pico de potência inicial ($r = - 0,80$). Outro estudo que também demonstrou essa relação foi o de Bishop et al. (2003) que submeteram 14 jogadoras de *hockey* profissional a um protocolo de esforços repetidos (5 x 6s com pausa de 30 segundos), e demonstraram correlação entre a queda da potência e a potência pico inicial (1° esforço) ($r = 0,89$), também houve correlação entre o aumento dos íons H^+ . A explicação para tais achados está na maior produção de potência de forma absoluta que geraria um maior distúrbio da homeostase celular e conseqüentemente uma diminuição da capacidade em gerar potência nos esforços subsequentes (Bishop e Spencer, 2004; Gaitanos et al. 1993).

Esse estudo traz uma informação importante para a temática visto que essas diferenças observadas em homens e mulheres podem ser apenas decorrentes à potência pico gerada no primeiro esforço, e não ao dimorfismo sexual. Conseqüentemente, essa possibilidade gera um questionamento acerca da assertiva de que as mulheres são mais resistentes à fadiga quando comparada aos homens.

Considerações Finais

Tanto as diferenças mecânicas e metabólicas apresentadas na prática de atividades intermitentes com máxima intensidade por homens e mulheres tornam as investigações sobre essa temática essenciais. Saber que o potencial anaeróbio elevado dos homens é decorrente da maior atividade das enzimas glicolíticas, otimiza a intensidade na prescrição e no planejamento da preparação física e específica de esportes e de exercícios intermitentes de alta intensidade em geral. Além disso, explorar o conhecimento de que as mulheres possuem maior capacidade de manter o desempenho e de ativação da unidade motora no momento de exaustão pode ser interessante para implementos táticos na busca da manutenção da intensidade das atividades realizadas ao longo dos jogos e atividades específicas com alta intensidade, como por exemplo, em práticas de esforços repetidos.

No entanto, para melhor compreensão dos aspectos relacionados ao desempenho e as respostas fisiológicas entre homens e mulheres em exercício intermitente de alta intensidade nota-se a necessidade de mais estudos investigando principalmente a influência da potência inicial gerada, já que de fato existem evidências de que as diferenças entre homens e mulheres na manutenção do desempenho sejam decorrentes apenas da potência inicial gerada e não do dimorfismo sexual. Isso mostra a necessidade de estudos analisando o efeito da potência inicial em conjunto com respostas fisiológicas em homens e mulheres. Além disso, existe uma carência de estudos com indivíduos treinados tendo em vista que esse tipo de investigação é importante para esse tipo de população, além da utilização de protocolos que se assemelhe a relação de esforço/pausa da modalidade da qual os atletas pertencem.

REFERENCIAS

Allen DG, Westerblad H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *J Physiol.* 2001;536:657–65.

Billaut F, Bishop DJ. Mechanical work accounts for sex differences in fatigue during repeated sprint. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:1429-36.

Billaut F, Bishop D. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sports Med.* 2009;39:257-78.

Billaut F, Smith K. Sex alters impact of repeated bouts of sprint exercise on neuromuscular activity in trained athletes. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34:689–99.

Billaut F, Giacomoni M, Falgairette G. Maximal intermittent cycling exercise: effects of recovery duration and gender. *J Appl Physiol.* 2003;95:1632-37.

Bishop D, Spencer M. Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2004;44: 1-7.

Bishop D, Lawrence S, Spencer M. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J Sci Med Sport.* 2003; 6:199–209.

Esbjörnsson-Liljedahl M, Sylvén C, Holm I, Jansson E. Fast twitch fibres may predict anaerobic performance in both females and males. *Int J Sports Med.* 1993;14:257-63.

Esbjörnsson-Liljedahl M, Jansson E. Sex difference in plasma ammonia but not in muscle inosine monophosphate accumulation following sprint exercise in humans. *Eur J Appl Physiol.* 1999;79:404-8.

Esbjörnsson-Liljedahl M, Bodin K, Jansson E. Smaller muscle ATP reduction in women than in men by repeated bouts of sprint exercise. *J Appl Physiol.* 2002;93: 1075-83.

Esbjörnsson-Liljedahl M, Normam B, Suchdev S, Viru M, Lindhgren A, Jansson E. Greater growth hormone and insulin response in women than in men during repeated bouts of sprint exercise. *Acta Physiol.* 2009;197:107–15.

Esbjörnsson-Liljedahl M, Rundqvist HC, Mascher H, Österlund T, Rooyackers O, Blomstrand E, and Jansson E. Sprint exercise enhances skeletal muscle p70S6k phosphorylation and more so in women than in men. *Acta Physiol.* 2012;205:411-22.

Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994;74:49-94.

Froese EA, Houston ME. Performance during the Wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females. *Int J Sports Med.* 1987;8:35-9.

Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol.* 1993;75:712-9.

Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med.* 2001;31:725-41.

Glaister M. Multiple sprint work – physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* 2005;35:757-77.

Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability – part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med.* 2011;41:673-94.

Gratas-Delamarche A, Le Cam R, Delamarche P, Monnier M, Koubi H. Lactate and catecholamine responses in male and female sprinters during a Wingate test. *Eur J Appl Physiol.* 1994;68:362-6.

Green HJ, Fraser IG, Ranney DA. Male and female differences in enzyme activities of energy metabolism in vastus lateralis muscle. *J Neurol Sci.* 1984;65:323-31.

Hazie T, Kosar NS. Assessment of gender differences in maximal anaerobic power by ratio scaling and allometric scaling. *Isokinet Exerc Sci.* 2007;15:253–61.

Hill DW, Smith JC. Gender difference in anaerobic capacity: role of aerobic contribution. *Br J Sports Med.* 1993;27:45-48.

Jaworowski A, Porter MM, Holmbäck AM, Downham D, Lexell J. Enzyme activities in the tibialis anterior muscle of young moderately active men and women: relationship with body composition, muscle cross-sectional area and fibre type composition. *Acta Physiol Scand.* 2002;176:215-25.

Komi PV, Karlsson J. Skeletal muscle fiber types, enzyme activities and physical performance in young males and females. *Acta Physiol Scand.* 1978;103:210-8.

Laurent CM, Green JM, Bishop PA, Sjökvist J, Schumacker RE, Richardson MT, Curtner-Smith M. Effect of gender on fatigue and recovery following maximal intensity repeated sprint performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2010;50:243–53.

Leicht AS, Sealey RM, Sinclair WH. Influence of cycle ergometer type and sex on assessment of 30-second anaerobic capacity and power. *Int J Sports Med.* 2011;32: 688–92.

Lovell D, Mason D, Delphinus E, Eagles A, Shewring S, McLellan C. Does upper body strength and power influence upper body wingate performance in men and women? *Int J Sports Med.* 2011;32:771–5.

Mageean AL, Alexander RP, Mier CM. Repeated Sprint Performance in Male and Female College Athletes Matched for VO_{2max} Relative to Fat Free Mass. *Int J Exerc Sci.* 2011;4:229-37.

Medbø JI, Sejersted OM. Plasma potassium changes with high intensity exercise. *J Physiol.* 1990;421:105-22.

Medbø JI, Tabata I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhaustive bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1989;67:1881-6.

Mendez-Villanueva A, Hamer P, Bishop D. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103:411–9.

Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci.* 2009;272:107-14.

Perez-Gomez J, Rodriguez GV, Ara I, Olmedillas H, Chavarren J, Gonzáles-Henrique JJ, Dorado C, Calbet JA. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *Eur J Appl Physiol.* 2008;102:685-94.

Richmond SR, Whitman SA, Acree LA, Carper MJ, Godard MP. Power Output in Trained Male and Female Cyclists During the Wingate Test with Increasing Flywheel Resistance. *J Exerc Physiol.* 2011;14:46-53.

Rotto DM, Kaufman MP. Effect of metabolic products of muscular contraction on discharge of group III and IV afferents. *J Appl Physiol.* 1988;64:2306-13.

Sacco P, Newberry R, McFadden L, Brown T, McComas AJ. Depression of human electromyographic activity by fatigue of a synergistic muscle. *Muscle Nerve.* 1997;20: 710-17.

Spriet LL, Lindinger MI, McKelvie RS, Heigenhauser GJ, Jones NL. Muscle glycogenolysis and H^+ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol.* 1989;66:8-13.

Trump ME, Heigenhauser GJ, Putman CT, Spriet LL. Importance of muscle phosphocreatine during intermittent maximal cycling. *J Appl Physiol.* 1996;80:1574-80.

Vandewalle H, Maton B, Le Bozec S, Guerenbourg G. An electromyographic study of an all-out exercise on a cycle ergometer. *Arch Int Physiol Biochim Biophys.* 1991;99: 89-93.

Vardar SA, Tezel S, Öztürk L, Kaya O. The relationship between body composition and anaerobic performance of elite young wrestlers. *J Sports Sci Med.* 2007;6:34-8.

Vincent S, Berthon P, Zouhal H, Moussa E, Catheline M, Bentué-Ferrer D, Gratas-Delamarche A. Plasma glucose, insulin and catecholamine responses to a Wingate test in physically active women and men. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91:15-21.

Weber CL, Schneider DA. Maximal accumulated oxygen deficit expressed relative to the active muscle mass for cycling in untrained male and female subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2008;2:255-61.

Weber CL, Chia M, Inbar O. Gender differences in anaerobic power of the arms and legs: a scaling issue. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:129-37.

Withers RT, Sherman WM, Clark DG, Esselbach PC, Nolan SR, Mackay MH, Brinkman M. Muscle metabolism during 30, 60 and 90 s of maximal cycling on an air-braked ergometer. *Eur J Appl Physiol.* 1991;63:354-62.

Yanagiya T, Kanehisa H, Kouzaki M, Kawakami Y, Fukunaga, T. Effect of gender on mechanical power output during repeated bouts of maximal running in trained teenagers. *Int J Sports Med.* 2003;24:304-10.