

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA

**COMPORTAMENTO ELECTROMIOGRÁFICO DOS MÚSCULOS
VASTUS LATERALIS E *BICEPS BRACHII* DURANTE O TESTE
AERÓBIO DE BALKE. RELAÇÃO COM O CONSUMO DE OXIGÉNIO**

SAULO ANTÓNIO PIRES ANTUNES

COIMBRA, 2004

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA

**COMPORTAMENTO ELECTROMIOGRÁFICO DOS MÚSCULOS *VASTUS LATERALIS* E *BÍCEPS BRACHII* DURANTE O TESTE AERÓBIO DE BALKE.
RELAÇÃO COM O CONSUMO DE OXIGÉNIO**

Monografia de Licenciatura em Ciências do Desporto e Educação Física, realizada no âmbito do seminário de Fisiologia – **O comportamento electromiográfico dos músculos *Vastus Lateralis* e *Biceps Brachii* durante o teste aeróbio de Balke. Relação com o consumo de oxigénio.** Ano Lectivo 2003/2004.

Coordenador: Prof. Doutor Fontes Ribeiro

Orientadora: Prof.^a Doutora Paula Tavares

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Fontes Ribeiro, pela coordenação prestada no presente trabalho e pelos conhecimentos transmitidos durante a licenciatura.

À Prof. Doutora Paula Tavares, pelo apoio, compreensão e disponibilidade manifestados ao longo deste seminário.

À Dr^a Fátima Rosado, pela boa disposição e imprescindível apoio no Laboratório, assim como aos sujeitos que possibilitaram a realização deste estudo.

Aos meus colegas de seminário, Marta, Miguel, Ricardo e, em especial, à Ana, pela ajuda sempre pronta na realização dos testes.

A todos os meus amigos de curso, pelos bons momentos durante a vida académica.

Ao meu AMIGO Bruno Santo, ao lado do qual passei os cinco melhores anos da minha vida, por ter partilhado comigo os bons, os bons, os bons e os maus momentos.

À “ELSA”, em particular ao meu amigo Duarte, pelos anos em que vivemos juntos.

À minha irmã Marta, pela amizade, companhia e amor, por partilhar comigo TUDO, pela ajuda, não só ao longo deste trabalho, com em todos os dias da minha vida.

À minha irmã Sara, pela alegria e ternura contagiantes.

E porque os últimos são os primeiros, AOS MEUS PAIS, pela dedicação e amor, e porque sem eles nada era possível.

A TODOS UM MUITO OBRIGADO!

ÍNDICE

Lista de Abreviaturas	IX
Resumo	XI
Abstract	XII

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO **01**

1. ACTIVIDADE MUSCULAR DURANTE O EXERCÍCIO	04
2.1. <i>Electromiografia</i>	04
2.2.1 <i>Contração do músculo esquelético</i>	05
2.2.1 <i>Sinal Electromiográfico</i>	13
2.2. <i>Fadiga muscular</i>	15
2.3. <i>Metabolismo Energético</i>	16
2.3.1. <i>Vias Energéticas</i>	18
2. CONSUMO DE OXIGÉNIO DURANTE O EXERCÍCIO	27
2.1. <i>Capacidade Aeróbia</i>	29
2.2. <i>AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBIA</i>	29
2.2.1 <i>Critérios de obtenção do VO₂máx</i>	32
3. AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DO ESFORÇO	32

CAPÍTULO II – OBJECTIVOS **35**

1. OBJECTIVO GERAIS	37
2. OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	37

CAPÍTULO III – METODOLOGIA **39**

1. SELECÇÃO DA AMOSTRA	41
2. MEDIÇÕES ANTROPOMÉTRICAS	42
2.1. Massa Corporal	42
2.2. Estatura	42
2.3. Diâmetros Ósseos	43
2.4. Circunferências Musculares	43
2.5. Pregas de Adiposidade Cutânea	44
2.6. Índice de Massa Corporal (IMC)	46
2.7. Percentagem de Massa Gorda	46
2.8. Somatótipo	46
2.9. Representação Gráfica do Somatótipo	48
3. TESTE DE BALKE	50
4. DETERMINAÇÃO DE VO ₂ MÁX	54

4.1.Determinação Directa	54
4.2.Determinação Indirecta	55
5. ELECTROMIOGRAFIA	55
6. MONITORIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	58
7. QUANTIFICAÇÃO DE LACTATO SANGUÍNEO	59
8. PERCEÇÃO SUBJECTIVA DE ESFORÇO (PSE)	60
9. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	61
<u>CAPÍTULO IV – RESULTADOS</u>	63
1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	65
2. TESTE DE BALKE E ANÁLISE DE GASES EXPIRADOS	67
3. MONITORIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	69
4. REGISTO ELECTROMIOGRÁFICO	71
5. RESULTADOS DO LACTATO SANGUÍNEO E SENSAÇÃO SUBJECTIVA DE ESFORÇO	85
<u>CAPÍTULO V – DISCUSSÃO</u>	87
<u>CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES</u>	99
<u>CAPÍTULO VII – BIBLIOGRAFIA</u>	105
<u>ANEXOS</u>	119

LISTA DE ABREVIATURAS

μV: Microvolts
Acetil CoA: Acetil-coenzima A
Ach: Acetilcolina
ADP: Adenosina-difosfato
AEMG: Average EMG
AMP: Adenina – monofosfato
AMPc: Adenina – monofosfato cíclico
ATP: Adenosina-trifosfato
bpm: Batimentos por minuto
CoA: Coenzima A
Cr10: Category rate scale
CrP: Fosfocreatina
Db: Decibéis
e.g.: por exemplo
EMG: Electromiografia
et al.: e outros
FAD: Flavina adenina dinucleótido
FADH2: Flavina adenina dinucleótido reduzido
FC: Frequência cardíaca
Fig.: Figura
FR: Frequência respiratória
H+: Protão
Hz: Hertz
iEMG: Electromiografia integrada
LDH: Desidrogenase láctica
LPL: Lipase Lipoproteica
MF: Median frequency
mmol: milimoles
MPF: Mean power frequency
n: número de sujeitos da amostra
NAD+: Nicotinamina adenina dinucleótido
NADH: Nicotinamina adenina dinucleótido reduzido
PFK: Fosfofrutose
Pi: Fosfato inorgânico
rpm: Rotações por minuto
s: Segundos
SD: Desvio-padrão
SEM: Erro-padrão
SNS: Sistema nervoso central
t: Tempo
UM: Unidade motora
V: Volts
VCO2: Produção de dióxido de carbono
VE: Volume expirado
VO2: Consumo de oxigénio
VO2máx: Consumo máximo de oxigénio

W: Watt

\bar{X} : Média

ZCR: Zero crossing rate

RESUMO

Ao longo dos últimos anos, o desenvolvimento de estudos relacionados com o consumo de oxigénio (VO₂) e a capacidade de produzir força tem vindo a aumentar, mostrando-se, no entanto, ainda muito escasso e contraditório.

Este trabalho teve como objectivo determinar a correlação entre a actividade neuromuscular (electromiografia de superfície) e o consumo de oxigénio durante um esforço aeróbio em cicloergómetro.

Oito sujeitos do sexo masculino, praticantes de actividade física regular e com idades compreendidas entre os 22 e os 24 anos, realizaram o teste de Balke para o cicloergómetro (Monark[®]). Durante o mesmo foi efectuado o registo electromiográfico (sistema de electromiografia de superfície ME3000 da MegaWin[®]) dos músculos *Vastus lateralis* e *Biceps brachii*, acompanhado pela medição de VO₂. Os valores de VO₂máx, VCO₂, R e frequência respiratória, foram obtidos por medição directa (*on-line system*), através de um analisador de gases Metamax Ergospirometry System. De acordo com o teste de Balke, o valor de VO₂máx foi também calculado de forma indirecta através da carga máxima suportada pelo sujeito, de acordo com a seguinte fórmula: VO₂máx (ml.kg⁻¹.min⁻¹) = [200 + (12 x W)] / M. De forma a comparar os resultados dos dois músculos, os valores MPF (Mean Power Frequency) e AEMG foram normalizados pela circunferência crural e bicipital. Cinco minutos depois do teste realizou-se a análise de lactato, solicitando-se ao indivíduo a avaliação da intensidade do esforço através da escala Cr10 de Borg. A análise estatística dos dados foi feita pela análise de variância com um intervalo de confiança de 95%.

No nosso estudo encontramos diferenças altamente significativas entre os valores de VO₂máx calculado e real (*on-line*). A análise dos valores médios do registo total do EMG mostraram que não existe correlação entre os valores de VO₂máx calculado e real. Nos registos da amplitude, VO₂ e VCO₂ em função do tempo verificámos um comportamento diferente para os dois músculos estudados. No *Biceps brachii* os valores da amplitude são constantes até aos oito minutos, observando-se depois uma tendência para o aumento até ao final do teste. Relativamente ao *Vastus lateralis* verificámos um aumento da amplitude constante por patamar. Neste músculo há correspondência entre o aumento da amplitude, o VO₂ e o VCO₂. Quando analisámos os valores de MPF e AEMG nos quatro minutos iniciais e finais do teste de Balke verificámos que no *Vastus lateralis* aumentaram os valores da frequência (MPF) e AEMG enquanto que no *Biceps brachii* aumentaram os valores de AEMG com uma concomitante diminuição dos valores de MPF. Encontrámos ainda uma correlação entre a concentração de lactato e o MPF para o músculo *Vastus lateralis*, assim como uma correlação entre a frequência cardíaca e a EMG e entre a frequência cardíaca e o VO₂ para ambos os músculos. Não foram encontradas quaisquer correlações entre a intensidade do esforço e a frequência cardíaca ou VO₂.

Para o músculo *Biceps brachii* o recrutamento de fibras musculares indica o aumento da produção de força à medida que é atingida a exaustão, com indicadores de fadiga. Em relação ao *Vastus lateralis*, os valores do EMG mostram um aumento da mobilização de fibras ao longo do teste, acompanhado por uma maior velocidade de condução do impulso. Verificámos assim que o aumento de VO₂ está associado ao aumento do recrutamento de unidades motoras do músculo *Vastus lateralis*. No entanto, nos minutos finais parece existir uma correlação curvilínea. Os resultados obtidos sugerem alguma prudência na correlação entre os parâmetros aeróbios e os valores médios do registo total do EMG. Em testes longos, como é o caso, a análise do EMG deve ser feita por períodos de tempo (iniciais, intermédios e finais).

ABSTRACT

Throughout the last years, the development of studies related with the oxygen uptake (VO_2) and the ability to produce power has been increasing, however these studies have shown to be scarce and still very contradictory.

The aim of this study was to determine the correlation between the neuromuscular activity (surface electromyography) and VO_2 during an aerobic effort in cycle ergometer.

Eight male individuals that practice regular physical activity (age: $22,4 \pm 0,8$ yrs) completed the Balke test for the cycle ergometer (Monark®). During this test, the EMG register (system of electromyography of surface ME3000 of the MegaWin®) of the *Vastus lateralis* and *Biceps brachii* muscles was done, followed by the VO_2 measurement. The values of $\text{VO}_{2\text{max}}$, VCO_2 , R and respiratory frequency, were achieved by direct measurement (on-line system), through an analyzer of gases Metamax Ergospirometry System.

In accordance with the Balke test, the value of $\text{VO}_{2\text{max}}$ was also calculated in an indirect way through the maximum weight supported by the individual by the following formula: $\text{VO}_{2\text{máx.}} (\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = [200 + (12 \times W)] / M$.

Five minutes after the test, lactate analysis was effectuated, requesting the individual an evaluation of the effort's intensity through the scale Cr10 de Borg. The statistics analysis of the data was achieved by the variance analysis with a reliable interval of 95%.

In our study we found highly significant differences between the values of VO_2 max calculated and "on-line". The analysis of the average values of the total register of the EMG have showed that does not exist correlation between the values of VO_2 máx calculated and real. In the amplitude registers, concerning VO_2 and VCO_2 time, we verified a different behavior for the two studied muscles. In *Biceps brachii* the values of the amplitude are constant until eight minutes and later on it was noticed an increasing tendency until the end of the test. On *Vastus lateralis*, we verified an increase of the constant amplitude for stage. There is correspondence in this muscle between the increasing of amplitude, VO_2 and VCO_2 . When we analyzed the values of MPF (Mean Power Frequency) and AEMG (Average EMG) in the four initial and final minutes of the Balke test, we verified that in *Vastus lateralis* the values of the frequency (MPF) and AEMG increased while those in *Biceps brachii* increase the AEMG values with a simultaneous reduction of the MPF values. We also found a correlation between the lactate concentration and VO_2 for the *Vastus lateralis* muscle; a correlation between the heart rate frequency and the EMG for the same muscle; and between the heart rate frequency and VO_2 . There were no correlations found between the effort's intensity, the heart rate frequency or VO_2 .

For the muscle *Biceps brachii* the muscular staple fibre conscription indicates an increase of the production of strength until it reaches exhaustion, with fatigue pointers. Concerning the *Vastus lateralis*, EMG values show an increase of the staple fibre mobilization through the test, followed by a greater speed of impulse conduction. Thus, we realized that the increase of VO_2 is associated with the increase of the conscription of the muscle motor units *Vastus lateralis*. However, in the final minutes it seems to exist a curvilinear correlation. The achieved results suggest some caution in the correlation between the aerobic parameters and the average values of the total register of EMG. In extended tests, as in this case, the EMG analysis must be made by periods of time (initial, intermediate and final).