

**UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física



**ESTUDO DO COMPORTAMENTO ELECTROMIOGRÁFICO  
DOS MÚSCULOS *RECTUS ABDOMINIS* E *RECTUS FEMORIS*  
EM DOIS PROTOCOLOS DE EXERCÍCIOS ABDOMINAIS**

**Miguel Alexandre de Castro Marcelino**

**Coimbra**

**2003/2004**

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA



**Estudo do Comportamento Electromiográfico dos Músculos  
*Rectus abdominis* e do *Rectus femoris* em dois protocolos de  
abdominais**

**Monografia da Licenciatura em Ciências do  
Desporto e Educação Física, realizada no  
âmbito do Seminário: “Estudo do  
comportamento electromiográfico dos  
músculos *Rectus abdominis* e do *Rectus  
femoris* em dois protocolos de abdominais”**

**Coordenador:** Prof. Doutor Fontes Ribeiro

**Orientadora:** Prof. Doutora Paula Tavares

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	I
LISTA DE ABREVIATURAS .....	III
AGRADECIMENTOS .....	IV
RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VII

## **CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO .....** 1

<b>1. ELECTROMIOGRAFIA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SISTEMA NERVOSO COMO FACTOR DETERMINANTE NA ELECTROMIOGRAFIA ----</b>	<b>6</b>
2.1 FACTORES NERVOSOS E SUA INFLUÊNCIA NA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE FORÇA .....	9
<b>3. FIBRAS MUSCULARES E A ELECTROMIOGRAFIA .....</b>	<b>15</b>
3.1 DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS .....	15
3.2 QUANTIDADE E DISTRIBUIÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES COMO FENÓMENO INFLUENCIADOR DA EMG .....	18
3.3 EFEITOS DO EXERCÍCIO NAS FIBRAS MUSCULARES .....	18
<b>4. IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE CONTRACÇÃO MUSCULAR NA EMG .....</b>	<b>19</b>
4.1 RELAXAMENTO MUSCULAR.....	21
<b>5. CONTRACÇÃO MUSCULAR E GASTOS ENERGÉTICOS .....</b>	<b>22</b>
5.1 SOLICITAÇÃO DAS DIFERENTES VIAS ENERGÉTICAS DURANTE O PROCESSO DE CONTRACÇÃO MUSCULAR.....	22
5.1 REGULAÇÃO DAS VIAS ENERGÉTICAS.....	29
5.2 UTILIZAÇÃO DOS DIFERENTES NUTRIENTES CONSOANTE AS VIAS METABÓLICAS SOLICITADAS .....	30
<b>6. ANÁLISE DOS MÚSCULOS RECTUS ABDOMINIS E RECTUS FEMORIS E ESTUDOS EFECTUADOS SOBRE OS MESMOS .....</b>	<b>34</b>

## **CAPÍTULO II - OBJECTIVOS .....** 39

<b>1- OBJECTIVOS GERAIS:.....</b>	<b>39</b>
<b>2 - OBJECTIVOS ESPECÍFICOS: .....</b>	<b>39</b>

## **CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....** 41

<b>1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....</b>	<b>41</b>
1.1 CRITÉRIOS DE SELECÇÃO DA AMOSTRA .....	41
<b>2. EXPLICAÇÃO DO PROTOCOLO .....</b>	<b>42</b>

<b>3. CARACTERIZAÇÃO ANTROPOMÉTRICA</b>	<b>44</b>
3.1. ESTATURA:	44
3.2. MASSA CORPORAL:	44
3.3. PREGAS DE GORDURA SUBCUTÂNEA:	45
3.4. CIRCUNFERÊNCIAS MUSCULARES	46
3.5. DIÂMETROS ÓSSEOS	47
<b>4. TESTES DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL</b>	<b>48</b>
4.1 TESTE DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL, SEGUNDO O PROTOCOLO DO FITNESSGRAM®- PROTOCOLO 1	48
4.2. TESTE DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL (PROTOCOLO MODIFICADO) – PROTOCOLO 2	50
<b>5. ELECTROMIOGRAFIA (EMG)</b>	<b>51</b>
5.1. PREPARAÇÃO DA EMG	51
5.2. PREPARAÇÃO DO ATLETA (COLOCAÇÃO DOS ELÉCTRODOS)	52
<b>6. FREQUÊNCIA CARDÍACA</b>	<b>54</b>
<b>7. LACTATO</b>	<b>56</b>
<b>8. PERCEPÇÃO SUBJECTIVA DE ESFORÇO</b>	<b>57</b>
<b>9. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO IV- RESULTADOS</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO V - DISCUSSÃO</b>	<b>76</b>
<b>CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO VII – BIBLIOGRAFIA</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>94</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

- Acetil CoA** – Acetil Coenzima A
- Actina F** – Actina Fibrosa
- ADP** – Difosfato de Adenosina
- AEMG** – *Averaged EMG*
- ATP** – Trifosfato de Adenosina
- ATPase** – Enzima de ATP
- bpm** – Batimentos por minuto
- CD** – *Compact Disc*
- Cr10** – *Category rate scale*
- CrP** – Fosfocreatina
- EMG** – Electromiografia
- FC** – Frequência Cardíaca
- FCR** - Frequência Cardíaca de Repouso
- IMC** – Índice de massa corporal
- LDH** – Enzima Desidrogenada Láctica
- MPF** – *Mean Power Frequency*
- Pi** – Grupo fosfato
- PSE** – Percepção Subjectiva de Esforço
- RRMC** – Razão de Rejeição de Modo Comum
- SNC** – Sistema Nervoso Central

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Fontes Ribeiro, pela coordenação prestada neste trabalho e por toda a sabedoria transmitida ao longo de todos estes anos.

À Prof. Doutora Paula Tavares, por toda a sua perspicácia de pensamento e organização de ideias, por todo o apoio prestado e por toda a paciência com que sempre me tranquilizou.

A todos aqueles que, quer fossem professores, mestres, técnicos, treinadores ou monitores, contribuíram para a minha formação, não só científica mas também humana.

Ao André, Azenha, Hélder, José, Marco, Pedro e Rodrigo, por tornarem possível a realização deste trabalho e por manifestarem sempre uma grande cooperação, disponibilidade, compreensão e amizade.

À Dr.<sup>a</sup> Fátima por todo o apoio prestado nos procedimentos de laboratório, bem como à grande motivação que sempre nos deu.

Ao Ricardo Gonçalves, por tudo aquilo que é como colega, como amigo e como homem, e por todas as ideias, conhecimentos e desabafos que mutuamente trocámos.

À minha namorada, por toda a força que sempre me deu, por toda a auto-confiança que me transmitiu, por toda a colaboração incondicional que me prestou e por todo o amor que me iluminou.

Aos professores e colegas da Universidade Federal da Bahia, da Academia Yacht Fitness Club e da Academia Jump Way Fitness, por todo o conhecimento e experiência que me permitiram obter nas diversas áreas do desporto, especialmente na musculação, bem como pela transmissão de novos ideais de vida, na procura de uma felicidade conjunta.

Ao Newton, Pitanga, Ney, Hélio, Ediney, Marcelo e Guga, por serem diferentes: ensinam, partilham e cooperam na formação científica, sem nada esperarem em troca.

Aos meus irmãos por sempre termos sido uns verdadeiros irmãos.

Ao Faustino, Daniel, Luís, Saulo e Ferreira, por toda a amizade e bons momentos que partilhámos ao longo deste percurso académico.

Ao Tiago, por toda a sua forma de ser e de estar, e por ter sempre “aquele” abraço para dar.

A todos os familiares por todo o carinho com que sempre me trataram.

**AOS MEUS PAIS PORQUE SEMPRE ME ACOMPANHARAM, SEMPRE ME AMARAM E SEMPRE FIZERAM TUDO PARA QUE EU ME CONCRETIZASSE EM TODOS OS ASPECTOS.**

A todos o meu sincero agradecimento!!!

## RESUMO

Os abdominais são músculos imprescindíveis para assegurar a manutenção de várias funções fisiológicas do organismo, e também na prevenção de várias patologias do foro ósteo-articular. No entanto, o método utilizado para o seu fortalecimento sempre foi um tema que suscitou grande controvérsia entre os profissionais de educação física, saúde e praticantes. Esta polémica levou-nos a estudar os aspectos electro-fisiológicos de duas posições distintas e vulgarmente utilizadas no treino abdominal.

Assim, o objectivo deste estudo consistiu em verificar qual dos dois protocolos utilizados (um sem fixação dos pés e um outro com fixação dos pés) permite trabalhar de forma mais eficiente o músculo *rectus abdominis* e qual a importância do *rectus femoris* nestes exercícios.

Neste trabalho foram estudados sete indivíduos voluntários, do sexo masculino, e com prática da modalidade de musculação há mais de três anos, com idades compreendidas entre os 23 e os 31 anos. Os indivíduos, em decúbito dorsal e com um ângulo de 140° na articulação do joelho, realizaram os exercícios abdominais de acordo com o protocolo de *FitnessGram*® (protocolo 1) ou o mesmo protocolo mas com os pés fixos ao solo (protocolo 2). A velocidade de realização dos testes foi determinada pela cadência sonora do *FitnessGram*® (teste de força e resistência abdominal). Em cada um dos testes os músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris* de cada indivíduo foram monitorizados com um sistema de electromiografia de superfície (ME3000 da *MegaWin*®). No início e após cada um dos testes foi colhida uma amostra de sangue para análise do lactato por método espectrofotométrico (Dr. Lange). No final de cada um dos testes o esforço percebido foi avaliado pela escala Cr10 de Borg. A análise estatística dos dados foi realizada com o teste T (Paired Samples Test), com um intervalo de confiança de 95%.

Em termos de níveis sanguíneos de lactatos, bem como no número de repetições efectuadas, ambos os protocolos se mostraram semelhantes. No entanto, em relação à percepção subjectiva do esforço, os atletas consideraram o protocolo 1 mais intenso que o protocolo 2. Também a nível electromiográfico os resultados foram diferentes para os dois músculos. No *rectus abdominis* não se registaram diferenças entre os dois protocolos nem nos valores de *MPF* (*Mean Power Frequency*) nem nos valores de *AEMG* (*Averaged EMG*). O mesmo não se verificou relativamente ao *rectus femoris*. Neste músculo, verificou-se um aumento dos valores de *AEMG* e de *MPF*. A amplitude do espectro corrigido foi também superior no protocolo 2 quando comparado com o protocolo 1.

Os níveis de lactatos sanguíneos e o número de repetições do movimento sugerem que ambos os protocolos apresentam um grau de dificuldade física semelhante. Por outro lado, a percepção subjectiva de esforço dos atletas aponta para um trabalho muscular mais intenso no segundo protocolo. Relativamente ao músculo *rectus abdominis*, tanto o protocolo de cadeia cinética aberta (sem fixação dos pés) como o de cadeia cinética fechada (com fixação dos pés) parecem exercitá-lo com a mesma eficácia. Porém, para o músculo *rectus femoris*, os resultados sugerem uma maior mobilização de fibras, acompanhada de uma maior velocidade de condução do potencial de acção no protocolo 2, tornando-o mais eficaz no treino deste músculo.

## ABSTRACT

The abdominals are essential muscles to assure the maintenance of very physiological functions of the organism, and also in the prevention of very pathologies of the osteo-articulate field. However, the method used for its strengthening always has been a subject that aroused great controversy among the professionals of physical education, of health and practitioners. This controversy took us to study the electro-physiological aspects of two distinct positions and commonly used in the abdominal training.

So, the purpose of this study consisted of verifying which of the two used protocols (one without setting of the feet and another one with setting of the feet) allows to work in a more efficient form the *rectus abdominis* muscle and which the importance of the *rectus femoris* in these exercises.

In this work seven male subjects had been studied, and with body-building athletes at least 3 years, with ages between the 23 and 31 years. The individuals, in dorsal decubitus and with an angle of 140° in the joint of the knee, had carried through the curl-ups in agreement with the protocol of *FitnessGram*® (protocol 1) or the same protocol but with the feet fixed to the ground (protocol 2). The speed of execution of the tests was determined by the sonorous cadence of *the FitnessGram*® (test of curl-ups). In each one of the tests the muscles *rectus abdominis* and *rectus femoris* of each subject were motorized with a surface electromyography (EMG) system (ME3000 da MegaWin®). In the beginning and after each test was gathered a sanguineous sample for sanguineous lactate analysis by the spectrophotometric method (Dr. Lange). In the end of each test the rate of perceived exertion was evaluated by the scale Cr10 de Borg. The statistical analysis was carried out with tests T (Paired Samples Test), with a confidence interval of 95%.

In what refers to the sanguineous lactate levels, as well as in the number of repetitions, both protocols had showed similar. However, in relation to rate of perceived exertion, the athletes had considered protocol 1 more intense than protocol 2. Also in the electromyographic level the results had been different for the two muscles. In *rectus abdominis* one there were no differences between the two protocols, nor in the values of *MPF* (*Mean Power Frequency*) nor in the values of *AEMG* (*Averaged EMG*). The same doesn't occurred relatively to the *rectus femoris*. In this muscle, an increase of the values of *AEMG* and *MPF* was verified. The amplitude of the corrected spectre was also superior in protocol 2 when compared with protocol 1.

The sanguineous lactate levels and the number of repetitions of the movement suggest that both protocols present a degree of similar physical difficulty. On the other hand, the rate of perceived exertion of the athletes points for a more intense muscular work in the second protocol. Relatively to the *rectus abdominis*, as much as the opened kinetic chain protocol (without setting of the feet) as the closed kinetic chain (with setting of the feet) seems to exercise the muscle *rectus abdominis* with the same effectiveness. However, for the muscle *rectus femoris*, the results suggest a bigger staple fibre mobilization, followed of a bigger speed of conduction of the potential of share in protocol 2, becoming it more efficient in *rectus femoris*'s training.

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

O fortalecimento dos músculos abdominais sempre foi um tema que suscitou grande controvérsia entre os profissionais de Educação Física, Saúde e inúmeros praticantes. Este teor polémico resulta especialmente da falta de conhecimentos de vários aspectos fisiológicos, anatómicos e biomecânicos, dos exercícios utilizados para aquele efeito.

A musculatura abdominal tem uma grande importância no controle postural e alinhamento dos segmentos corporais entre si. O seu fortalecimento previne o aparecimento de lesões na coluna lombar e de hérnias abdominais, muitas vezes resultantes do levantamento de cargas elevadas (*Zatsiorski, 1999*), e permite a correcção da hiperlordose lombar (*Kapanji, 1990*).

Este grupo muscular aumenta também a pressão intra-abdominal, facilitando a libertação do ar por parte do sistema respiratório e auxiliando desta forma a respiração (*Mcardle e col, 1998; Wilmore e Costil, 2001; Smith, 1997*). Esse aumento da pressão intra-abdominal provoca ainda uma compressão dos vasos sanguíneos, representando por isso uma importante colaboração no retorno venoso (*Wilmore e Costil, 2001*). De igual forma, estes músculos participam na micção, no parto, na defecação e no vômito (*Gray, 1995*).

Para além de todos estes aspectos funcionais, não podemos deixar de referir a importância cada vez maior que toda a sociedade atribui à estética corporal, beleza e forma física de uma forma geral, bem como à sobrevalorização destes padrões por parte dos “*media*”, sendo a “*barriguinha*” constante alvo das mais diversas apreciações, sendo elas emotivas ou factuais...

No entanto, apesar de todas as vantagens fisiológicas, mecânicas e demais, que uma forte musculatura abdominal possibilita, constatamos que a maioria das pessoas não treina este grupo muscular. Na população sedentária, as dores agudas e crónicas a nível da coluna lombar assumem um carácter especialmente preocupante. Segundo *Campos (2002)*, evidências médicas sugerem que mais de 80% de todos os problemas de dores na coluna lombar são causados devido a elevados défices de força na musculatura do tronco, especialmente a nível abdominal, possivelmente agravados com a constante industrialização da sociedade moderna.

Como se isso não bastasse, constatamos igualmente que as pessoas que treinam este grupo muscular, o faz de forma inadequada, podendo dar origem a situações lesivas da coluna vertebral e, inevitavelmente, às dores agudas e crónicas já referidas.

Neste contexto, e para esclarecimento de algumas dúvidas daqueles “curiosos” que, como nós, se preocupam em ir um pouco mais longe, na busca de um conhecimento científico e fundamentado, propomo-nos estudar os aspectos fisiológicos de duas posições distintas utilizadas no treino abdominal, no intuito de tirar ilações sobre as mesmas.

## 1. ELECTROMIOGRAFIA

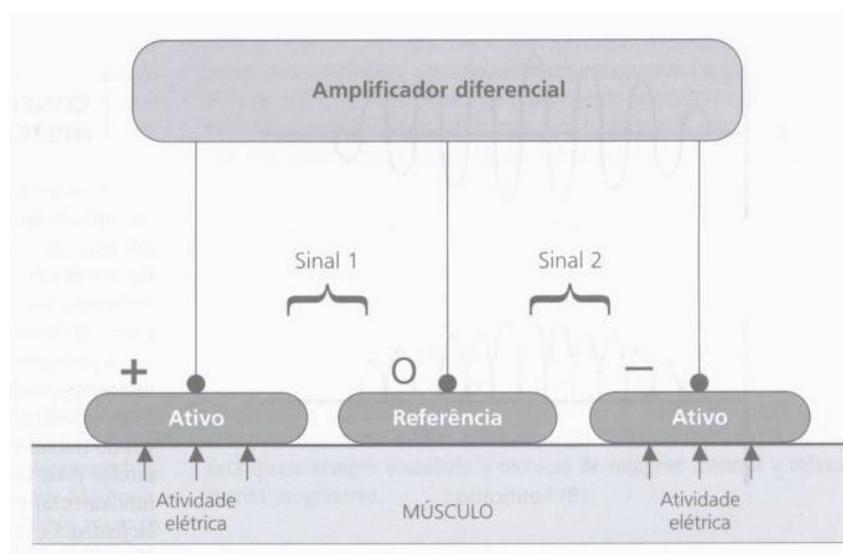
O presente trabalho jamais poderia ser desenvolvido sem um método de estudo da actividade neuromuscular. Para isso, recorreremos à electromiografia (EMG) de superfície, que, de uma forma geral, detecta, amplifica, regista e interpreta o sinal eléctrico produzido pelo músculo esquelético estudado (neste caso, o *rectus abdominis* e o *rectus femoris*).

Segundo *Pezarat e col.*, (1993), a utilização da EMG de superfície, sobretudo em aplicações no âmbito da cinesiologia, justifica-se plenamente, devido ao fácil manuseamento e controlo para o experimentador, aliado ao maior conforto para o executante (não invasivo e não doloroso) e à possibilidade de uma análise global do comportamento dos músculos estudados.

Também *McArdle e col.* (1996), referem que o sinal electromiográfico (EMG) proporciona um meio conveniente para estudar as complexidades da fisiologia neuromuscular durante os vários tipos de contracção muscular.

De forma mais prática, existem dois eléctrodos, designados activos ou de registo, que captam a actividade eléctrica das unidades motoras (UnM) (unidade básica funcional do sistema muscular) pertencentes aos músculos sobre os quais estão localizados. A magnitude das pequenas voltagens detectadas em cada eléctrodo, difere das magnitudes detectadas por um terceiro eléctrodo, designado de referência, o que origina dois sinais distintos.

De seguida, essa energia é separada ou filtrada de outras actividades eléctricas estranhas (fios eléctricos, motores, luzes, aparelhos, etc.) no ambiente circundante, através de um amplificador diferencial, que utiliza o eléctrodo de referência para comparar e subtrair os sinais dos dois eléctrodos de registo, eliminando ou rejeitando qualquer componente que estes tenham em comum, amplificando assim a diferença entre os mesmos.

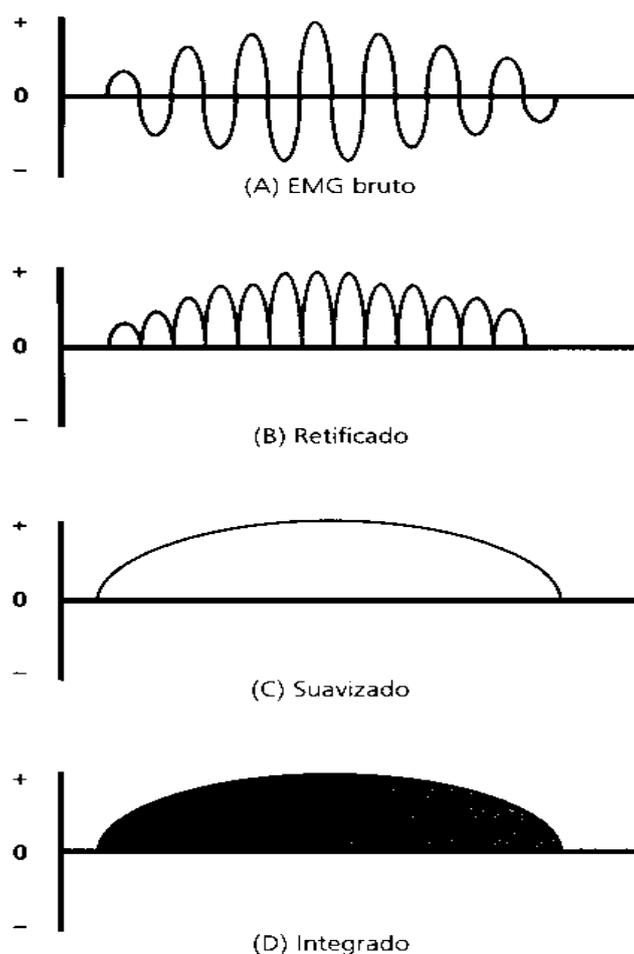


**Figura 1.** Amplificador Diferencial. Ao receber os sinais elétricos, amplifica a sua diferença e elimina o ruído externo (RRMC) tornando o registro eletromiográfico mais fiável. (Adaptada de Pretice WE. *Therapeutic Modalities for Allied Health Professionals*. New York, McGraw-Hill, 1998.)

A capacidade do amplificador diferencial em eliminar o “ruído” comum entre os eléctrodos activos é denominada de razão de rejeição do modo comum (RRMC) (Pretice e Voight, 2003). Este processo permite manter a fiabilidade das informações produzidas pela unidade de EMG.

Após amplificada e filtrada, esta actividade denominada *EMG bruta*, ou seja, de voltagem alternada, em que a polaridade é constantemente invertida, torna-se então indicativa da actividade eléctrica real das unidades motoras monitorizadas, convertendo-se num tipo de informação significativa para o nosso estudo.

O sinal EMG rectificado pode ser suavizado e integrado. A suavização implica eliminar os picos e quedas de alta frequência produzidas pela alternância de sinais eléctricos. A integração implica que, uma vez suavizado, o sinal pode ser integrado pela medição da área sob a curva por um período específico. A integração é a base da quantificação da actividade electromiográfica (Pretice e Voight, 2003).



**Figura 2.** O processamento do sinal electromiográfico: (A) EMG bruta, (B) Rectificação (inversão da polaridade), (C) Suavização (eliminação dos picos e quedas de alta frequência) (D) Integração (base de quantificação da actividade electromiográfica) . ( Adaptada de Pretice WE. *Therapeutic Modalities for Allied Health Professionals*. New York, McGraw-Hill, 1998.)

Como é óbvio, este processo está sujeito a algumas condicionantes da amplitude do sinal bruto da EMG. Segundo *Kippers (1999)*, estas podem de natureza biológica, como a força da contracção muscular (traduzida pelo número de unidades motoras activadas), o tamanho e posição do músculo (superficial versus profundo, etc.) e a espessura da gordura subcutânea (um isolante eléctrico); ou de natureza técnica, como a preparação da pele (determinar a impedância da pele), a distância entre eléctrodos, e a sua posição e orientação (em relação às fibras musculares).

## 2. SISTEMA NERVOSO COMO FACTOR DETERMINANTE NA ELECTROMIOGRAFIA

Todo o processo de detecção, registo e análise da actividade neuromuscular atrás referido, como é óbvio, apenas poderá ser elaborado na presença de uma contracção muscular. Então, antes de mais, torna-se necessário explicar todo o processo que antecede e origina a dita contracção.

Segundo *Foss e Keteyian* (2000), todo e qualquer movimento voluntário por nós realizado, resulta de uma ordem do sistema nervoso central (SNC), um complexo e rápido sistema de comunicação interna formado pelo cérebro e pela espinhal medula. Estas preciosas estruturas, encontram-se totalmente protegidas, sendo o cérebro encerrado pelo crânio, enquanto que a medula espinhal se encontra envolta pela coluna vertebral.

Este sistema, recebe constantemente um número infindável de dados sensoriais sobre o funcionamento interno do organismo e sobre o meio ambiente (*Clayman, 1989*). Assim, para além do controlo voluntário dos movimentos, ele assegura todo o controlo do ambiente interno, a programação dos reflexos da medula espinhal e a assimilação de experiências necessárias para a memória e aprendizagem (*Powers e Howley, 1997*).

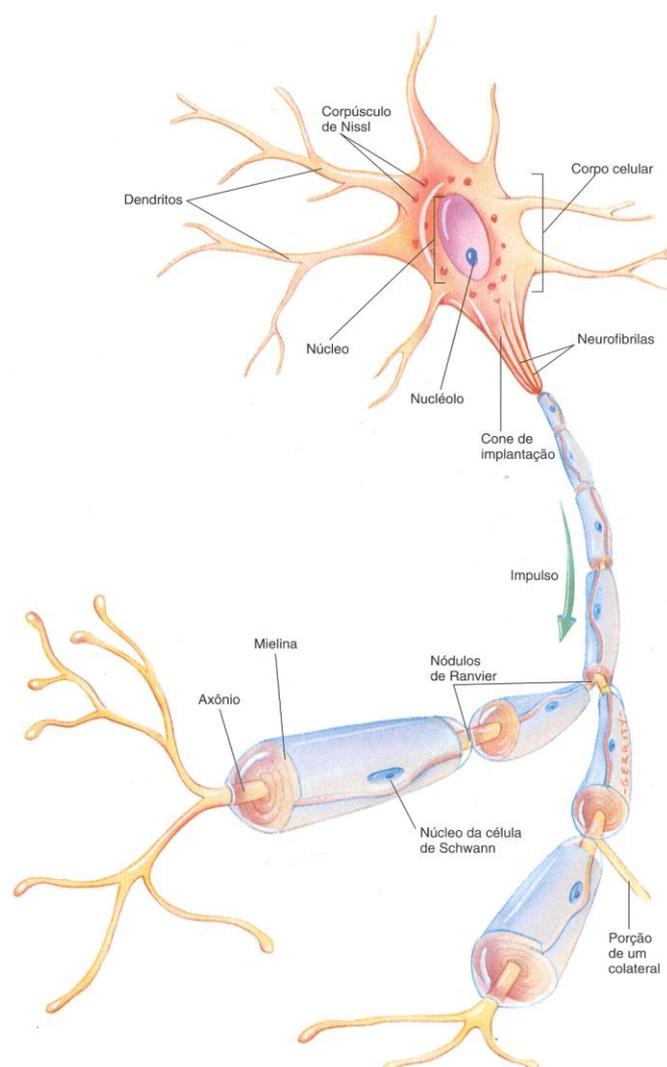
Em cooperação com o SNC, temos também o sistema nervoso periférico (SNP), constituído por nervos cranianos e nervos raquidianos, e pelos respectivos gânglios. Esta rede complexa, tem como função estabelecer a ligação do SNC aos locais de entrada de informação (órgãos dos sentidos e receptores) e aos dispositivos de saída de informação (músculos e glândulas) (*Clayman, 1989*).

Assim sendo, este sistema (SNP) compreende duas divisões, uma responsável pela condução de informações dos órgãos dos sentidos ao SNC, através das fibras aferentes (divisão aferente ou sensorial), e uma outra em que as fibras eferentes conduzem informações do SNC aos músculos (divisão eferente ou motora).

A divisão eferente do sistema nervoso, subdivide-se ainda no sistema nervoso somático motor e no sistema nervoso autónomo. O primeiro transmite os potenciais de acção do SNC aos músculos esqueléticos, enquanto que o segundo transmite os mesmos potenciais ao músculo liso, cardíaco e algumas glândulas. Dado que a pertinência do sistema nervoso autónomo no presente estudo é secundária, este não merecerá grande destaque.

A transmissão de informação (sinais) do sistema somático aos músculos é efectuada por células nervosas designadas por neurónios. Estes constituem as unidades básicas do sistema nervoso e, apesar do seu número elevado (cerca de 100 biliões no encéfalo), trabalham harmoniosamente e em sintonia, assegurando o normal funcionamento do corpo humano (Clayman, 1989).

Relativamente à sua estrutura, o neurónio é constituído essencialmente pelas seguintes componentes: dendrites (recebem informações das terminações nervosas graças a um neurotransmissor), corpo celular (contém o núcleo da célula) e axónio (conduz a informação desde o corpo da célula até ao destino).



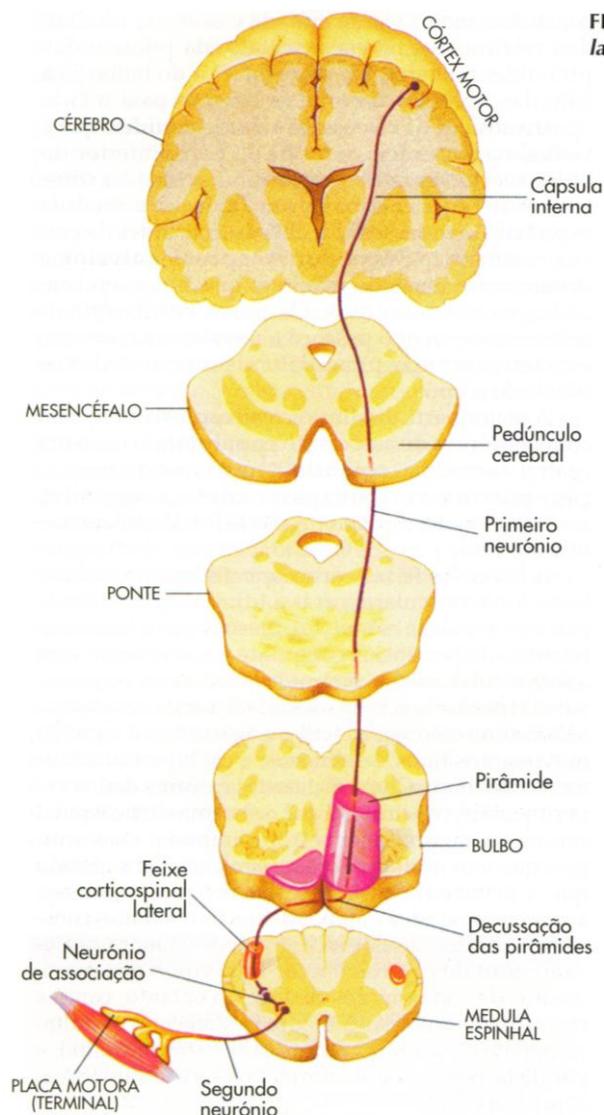
**Figura 3.** Constituição de um neurónio. (Adaptado de POWERS, S.; Howley, E.; *Exercise Physiology – Theory and application to Fitness and Performance*; 3ª Edição; Brown & Benchmark; USA; 1997.)

Voltando novamente à transmissão de informações ao músculo esquelético, ou seja, ao sistema somático, segundo Seeley (1997), este envolve dois grupos principais de

neurónios: os primeiros neurónios, originários no córtex cerebral, cerebelo e tronco cerebral, e os segundos neurónios, cujo corpo celular se localiza na substância cinzenta do corno anterior da espinhal-medula ou nos núcleos dos nervos cranianos do tronco cerebral. Os axónios destes últimos neurónios, estendem-se finalmente para os músculos esqueléticos, constituindo os nervos periféricos cranianos e raquidianos.

Consoante o trajecto que as fibras nervosas percorrem, elas podem representar o sistema piramidal ou o sistema extrapiramidal.

O sistema piramidal inclui três grupos de fibras nervosas, que atravessam as pirâmides bulbares e se dispõem em dois feixes: o feixe corticospinal, envolvido no controle cortical dos movimentos abaixo da cabeça, e o feixe corticobulbar, envolvido no controle cortical dos movimentos da cabeça e pescoço (Seeley, 1997).



**Figura 4.** Sistema Piramidal – Feixe corticospinal. (Adaptado de SEELEY, R. Stephens, T. e Tate, P. ; *Anatomia e Fisiologia*; 3ª Edição; Lusodidata; Lisboa; 1997.)

Devido a estas funções, torna-se facilmente compreensível a extrema importância do sistema piramidal, na compreensão de todo o mecanismo envolto do assunto que nos propomos investigar - exercícios de força e resistência abdominal.

O sistema extrapiramidal tem importância secundária neste estudo. De qualquer das formas, deve salientar-se que inclui as fibras que não passam pelas pirâmides bulbares, e tem como principais feixes o rubrospinal, vestibulospinal e reticuloespinal. As suas principais funções são essencialmente o controle de movimentos inconscientes, tais como a coordenação do movimento e a manutenção do equilíbrio e da postura (Seeley, 1997).

## **2.1 FACTORES NERVOSOS E SUA INFLUÊNCIA NA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE FORÇA**

Após a leitura das linhas anteriores, facilmente percebemos que caso os músculos fossem “desligados” das suas ligações nervosas, tornar-se-iam incapazes de se contrair voluntariamente, impossibilitando a realização de qualquer gesto.

No entanto, dentro dos factores nervosos que influenciam a capacidade do músculo produzir força, podemos distinguir entre aqueles que derivam do sistema nervoso central e os que derivam do sistema nervoso periférico. Assim sendo, temos:

### **2.1.1 Factores Nervosos Centrais – A Unidade Motora (UnM)**

Como já foi referido anteriormente, após ocorrer um estímulo no SNC, este envia uma informação (impulso nervoso) na forma de energia eléctrica, que se propaga através do sistema piramidal, até à medula anterior (Foss e Keteyian, 2000). A partir da espinhal medula, estende-se um neurónio motor que irá enervar um número de fibras musculares, variável entre cinco e mais de 1000, consoante o grau de precisão de movimentos de cada músculo (Billeter, 1992). Este conjunto, formado pelo neurónio motor e fibras musculares por ele enervadas, designa-se por Unidade Motora (UnM) (Noth, 1992). No Homem, o número de UnM existentes em cada músculo pode variar entre 100, para os pequenos músculos da mão, e 1000 ou mais, para os grandes músculos dos membros inferiores (Henneman e Mendell, 1981).

O neurónio motor é separado da fibra muscular por um pequeno espaço, denominado fenda sináptica, que, juntamente com o terminal nervoso (terminal pré-sináptico) e com membrana pós-sináptica, formam a junção neuromuscular (Powers e

*Howley, 1997*). Os processos que decorrem nesta junção serão abordados com maior profundidade no capítulo da contracção muscular.

Resta então saber, quais os mecanismos que o SNC dispõe para a regulação da intensidade de contracção muscular. Assim sendo, temos: o número de unidades motoras recrutadas, a frequência de activação das unidades motoras e a sincronização da activação das unidades motoras.

### **2.1.1.1 Recrutamento das Unidades Motoras**

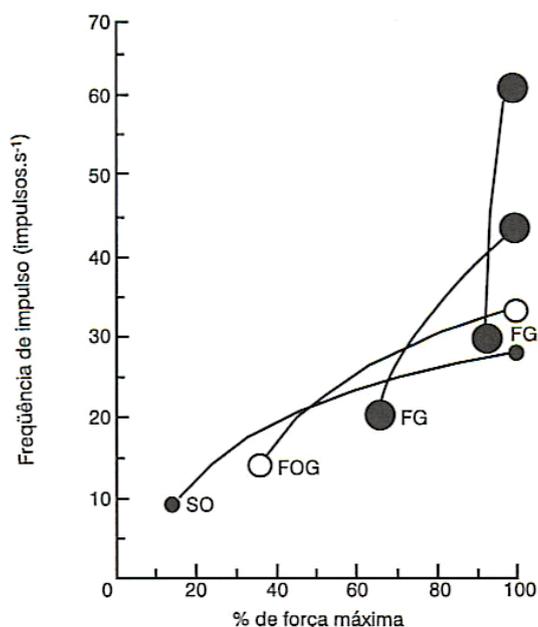
Um dos mecanismos de regulação da força produzida pelo músculo é o recrutamento de UnM. As UnM são recrutadas por ordem crescente da sua capacidade de produção de força ou seja, as UnM de menores dimensões possuem limiares de excitabilidade mais baixos e são recrutadas em primeiro lugar. Este padrão de recrutamento é conhecido como o princípio de *Henneman* (*Henneman e col., 1981; Burke, 1981*). À medida que as necessidades de produção de força vão aumentando, as UnM de maiores dimensões vão sendo recrutadas progressivamente. Desta forma, há uma correlação positiva entre as capacidades de produção de força das UnM e o seu limiar de recrutamento, ou seja, de excitabilidade.

Enquanto este limiar não for alcançado, o grupo de fibras musculares constituinte desta unidade motora permanece inactivo. Neste contexto, quando o neurónio envia um impulso nervoso às fibras musculares pertencentes a uma determinada unidade motora, só pode ocorrer uma das seguintes duas respostas: as fibras permanecem relaxadas se a intensidade do estímulo for inferior ao seu limiar de excitabilidade; e, as fibras contraem-se com toda a intensidade, se o estímulo for igual ou superior ao seu limiar de excitabilidade. A este fenómeno é atribuída a designação de “Lei do Tudo ou Nada” (*Powers e Howley, 1997*).

Resumindo, perante um estímulo acima do limiar de estimulação, a contracção obtida é sempre máxima. No entanto, a “lei” referida anteriormente, não se aplica ao músculo como um todo, uma vez que este é constituído por várias unidades motoras. Este aspecto permite que cada músculo possa desenvolver forças de intensidades gradativas, podendo ir de uma contracção fraca a uma contracção forte.

Na continuação do anteriormente descrito, segundo o princípio de *Henneman*, o recrutamento de diferentes unidades motoras em função da força isométrica máxima, tem início com a activação das unidades motoras que enervam as fibras lentas (por exemplo a 15% da força isométrica máxima). Seguidamente, e para um frequência de

estimulação de aproximadamente 40 a 50% da força isométrica máxima, começam a ser activadas as UnM que enervam as fibras do tipo IIa (especificadas mais à frente). Finalmente, a partir de intensidades correspondentes a 70 - 90% das força isométrica máxima, são activadas as UnM que enervam as fibras IIb (rápidas) (Sale, 1992).



**Figura 5.** Recrutamento de diferentes unidades motoras em função da força isométrica máxima, seguindo o “princípio do Henneman”. (De Sale, 1992) (Adaptada de Badillo, 2001).

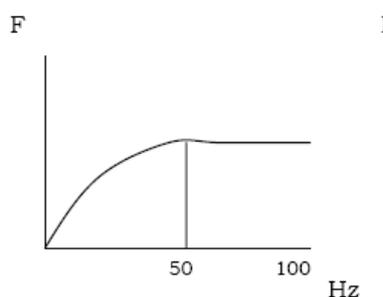
Apesar da aparente veracidade de todas as informações anteriormente mencionadas, a literatura tem mostrado algumas excepções ao princípio de Henneman. Segundo Hannertz (1974), Grimby (1977) e Sale (1992), as unidades motoras rápidas podem ser preferencialmente recrutadas, no caso dos movimentos explosivos que têm de ser realizados em velocidade máxima durante um espaço de tempo curto, invertendo assim o princípio do recrutamento com base na dimensão das unidades motoras.

Consequentemente, acredita-se que neste caso, somente seriam activadas as unidades motoras que enervam as fibras IIb. Isto sugere que o SNC possui mecanismos que permitem activar, de modo selectivo, unidades motoras que enervam fibras IIb (rápidas) sem que seja necessário activar antes as fibras lentas. Assim sendo, este fenómeno reflectir-se-ia num aumento da actividade electromiográfica total dos músculos, devido, provavelmente, a um aumento na frequência de impulso nervoso das unidades motoras que enervam as fibras rápidas (Badillo, 2001). Este facto torna-se particularmente importante na presente investigação.

### 2.1.1.2 Frequência de activação das Unidades Motoras

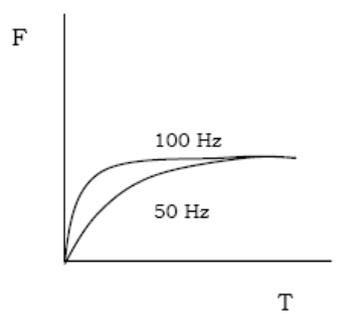
A força produzida por uma contracção muscular pode ser aumentada não só pelo maior número de UnM recrutadas, mas também pela variação da força produzida por cada UnM individualmente. Este aumento de força pode ser conseguido através de uma maior frequência de activação de cada UnM. A frequência de activação das UnM está intimamente relacionada com a velocidade de contracção, o que por si só, é condição suficiente para que este mecanismo de regulação nervosa adquira um papel preponderante no estudo dos factores neuronais que condicionam a capacidade do músculo produzir força.

Segundo *Badillo (2001)*, para frequências de impulso nervoso compreendidas entre zero e 50 Hz (50 impulsos por minuto), pequenos aumentos de frequência de impulso nervoso são acompanhados de grandes aumentos de força. No entanto, a partir de uma frequência de 50 Hz, não há elevação na produção de força (*Sale, 1992*). Desta forma, uma unidade motora pode produzir uma grande variação de força conforme varie a sua frequência de impulso nervoso.



**Figura 6.** Relação entre a frequência de impulso nervoso (Hz) e a tensão (% da força máxima) desenvolvida pelas fibras musculares inervadas por um nervo motor. (*Adaptada de Sale, 1992*)

Aparentemente, o esclarecimento efectuado no parágrafo anterior, diz-nos que não há interesse algum em estimular o nervo motor acima de uma frequência de 50 Hz. No entanto, não é isto que se verifica. De facto, apesar de não haver interesse quanto à produção de força máxima, o mesmo não se verifica no que diz respeito ao tempo necessário para atingir essa mesma força. Segundo *Grimby (1981)*, quanto maior for a frequência de estimulação, menor é o tempo necessário para que determinada UnM atinja a força máxima.



**Figura 7.** Efeito da estimulação do nervo motor a uma frequência elevada, na velocidade de produção de força das fibras musculares inervadas por esse nervo. Observa-se que em frequências elevadas (100z) de impulso nervoso, um nível determinado de força é produzido mais rapidamente do que em frequências baixas (50 Hz). No entanto, a força máxima alcançada é a mesma. (*Adaptada de Sale, 1992*)

### 2.1.1.3 Sincronização das Unidades Motoras

A sincronização de UnM pode ser definida como a coincidência temporal dos impulsos de duas ou mais UnM. Um aumento da força de contração pode ser obtido através da sincronização dos processos de somação temporal. A frequência de activação é o processo responsável pelo controlo da força produzida enquanto que o princípio de recrutamento é aquele que possibilita o atingir da força máxima através de mecanismos mais rápidos e mais potentes.

Neste sentido, quanto maior for a capacidade de recrutar simultaneamente, num dado momento, um elevado número de unidades motoras maior será a força produzida pelo músculo. A utilização do presente mecanismo parece só estar ao alcance de praticantes altamente treinados ao nível do treino da força. Os estudos clássicos de *Milner-Brown e col. (1975)* mostraram que halterofilistas possuíam uma maior sincronização no disparo das UM do que os seus sujeitos controlo. Estes autores, observaram também, num estudo longitudinal com um reduzido número de sujeitos (n=4) que, após seis semanas de treino isométrico do primeiro interósseo dorsal, a um aumento de 20% da força isométrica máxima estava associado um significativo incremento de 27% da taxa de sincronização de disparo das UnM.

Se uma maior sincronização de disparo das UnM não conduz a um aumento da força máxima, poder-se-á admitir que contribua para um aumento da taxa de produção de força (*Sale, 1988*).

### 2.1.2 Factores Nervosos Periféricos

Os factores nervosos periféricos estão associados aos processos de enervação sensitiva do músculo. Os músculos, tendões e articulações possuem órgãos sensoriais cuja função principal é de veicular as informações sensitivas até ao SNC. De todos esses órgãos, pensamos que aqueles que mais se relacionam e interagem no presente estudo, devido à produção de força muscular inerente, são os fusos musculares, os órgãos tendinosos de Golgi (OTG), os quimiorreceptores e os receptores articulares, que passaremos a abordar seguidamente.

O fuso muscular é composto por várias células musculares finas, localizadas no interior do músculo e circundadas por tecido conjuntivo. Este receptor fornece indicações sensoriais ao SNC sobre as alterações do comprimento das fibras musculares esqueléticas, podendo causar uma acção excitatória sobre os neurónios motores dos músculos antagonistas, caso se verifique um alongamento exagerado para o músculo em questão. Desta forma, estes órgãos tem um papel preponderante na regulação do movimento, bem como na manutenção da postura.

Os órgãos tendinosos de golgi são outros grandes receptores, localizados nos tendões, que fornecem informações ao SNC sobre a tensão desenvolvida na contracção muscular, servindo como “dispositivos de segurança”. De igual forma ao fuso neuromuscular, também os órgãos tendinosos de Golgi desencadeiam um processo de inibição recíproca, tornando a sua acção mais eficaz.

Segundo *Powers e Howley (1997)*, e apesar da polémica existente, parece ser possível que o treino de força reduza gradualmente as influências inibitórias dos órgãos, permitindo uma maior produção de força muscular.

Os quimiorreceptores são terminações nervosas livres especializadas, que enviam informações ao SNC acerca das alterações do pH muscular, de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, e das concentrações do potássio (K<sup>+</sup>) extracelular.

Por último, os receptores articulares (RA) (bulbos terminais de *Krause*, corpúsculos de *Pacini* e órgãos terminais de *Ruffini*) localizam-se nos tendões, ligamentos, perióstio (osso), músculo e cápsulas articulares, e remetem informação ao SNC acerca da posição das articulações, velocidade e amplitude do movimento. Estes órgãos (RA) são de extrema importância devido ao seu carácter preventivo e de protecção no que se refere a possíveis lesões.

### **3. FIBRAS MUSCULARES E A ELECTROMIOGRAFIA**

Como já foi referido, as unidades motoras e as fibras musculares que as constituem são recrutadas por ordem crescente da sua capacidade de produção de força.

Esta variação na capacidade de produção de força resulta das características metabólicas e funcionais de cada fibra. Assim, em função de diferenças de velocidade de reacção, da capacidade aeróbia e anaeróbia, do número de mitocôndrias e capilares, da força de contracção, da actividade ATPase e da resistência à fadiga, foi feita uma distinção das fibras em três tipos: dois sub-tipos de fibras rápidas, identificadas como Tipo IIa e IIb; e uma fibra lenta, identificada como Tipo I (Chicharro e Vaquero, 1995; Powers e Howley, 1997).

Estes diferentes tipos de fibras possuem igualmente diferentes frequências de activação, tal como já foi referido anteriormente, e, assim sendo, têm uma influência directa no sinal eléctrico produzido pelo músculo, com repercussão no registo electromiográfico.

Desta feita, torna-se importante o conhecimento mais profundo de cada tipo de fibras, para uma melhor interiorização destes conceitos e para facilitar uma futura análise dos resultados electromiográficos obtidos nos músculos que nos propomos estudar, no decorrer dos exercícios abdominais seleccionados.

#### **3.1 DIFERENTES TIPOS DE FIBRAS**

##### **3.1.1 Fibras Lentas**

As fibras Tipo I são especializadas na produção de energia para a contracção muscular ininterrupta, através da oxidação contínua dos géneros alimentícios disponíveis, com acumulação mínima de metabolitos produzidos anaerobicamente.

Para isso, estas fibras contêm muitas enzimas oxidativas, isto é, um grande número de mitocôndrias, e são envolvidas por mais capilares do que qualquer outro tipo de fibra, facilitando desta forma as trocas gasosas (*Powers e Howley, 1997*).

Estas fibras contraem-se mais lentamente, são de menor diâmetro, e apresentam maior resistência à fadiga do que as fibras de contracção rápida. Da mesma forma, têm mais quantidade de mioglobina, pigmento vermelho que fixa o oxigénio e actua como seu reservatório quando o sangue não oferece quantidades adequadas do mesmo, reforçando a capacidade da célula para efectuar o metabolismo aeróbio (*Seeley e col., 1997*).

Devido a todos os aspectos anteriormente referenciados, as fibras do tipo I são seleccionadas para actividades de baixa intensidade e de longa duração (*Ancharki e col., 2001*).

### 3.1.2 Fibras Rápidas

Existem dois tipos de fibras do Tipo II (também chamadas fibras de contracção rápida) nos seres humanos: as fibras do Tipo IIa e as fibras do Tipo IIb.

Estas fibras apresentam um número relativamente pequeno de mitocôndrias e uma conseqüente capacidade limitada de metabolismo aeróbio, tornando-se menos resistentes à fadiga do que as fibras do tipo I (*Powers e Howley, 1997*). As fibras do tipo II têm também, uma irrigação sanguínea menos desenvolvida e uma inferior quantidade de hemoglobina que as fibras tipo I (*Seeley e col., 1997*).

Por outro lado, contém moléculas de miosina que desdobram o ATP mais rapidamente do que as fibras de contracção lenta, permitindo que as pontes cruzadas se formem, libertem e reformem mais rapidamente do que nestas últimas (*Seeley e col., 1997*).

As fibras de contracção rápida apresentam um diâmetro maior relativamente às de contracção lenta, facto este extremamente importante para o desenvolvimento da tensão. A densidade de filamentos grossos e finos por unidade da área de secções cruzadas é basicamente a mesma em todos os tipos de fibras musculares esqueléticas. Desta forma, quanto maior for o diâmetro de uma fibra muscular, maior é a força de tensão que esta consegue desenvolver porque existem mais filamentos grossos e finos a agir em paralelo para produzir força. Consequentemente, a média de fibras glicolíticas desenvolve mais tensão quando encurta relativamente às fibras oxidativas (*Ancharki e col., 2001*).

Para além de tudo isto, as fibras Tipo II têm também grandes depósitos de glicogénio, estando por isso, totalmente adaptadas ao desempenho do metabolismo anaeróbio. Este metabolismo implica uma contracção rápida durante um período mais curto e, desta forma, o músculo atinge o cansaço mais depressa (*Seeley e col., 1997*).

**Tabela 1.** Características Estruturais e Funcionais das Fibras Musculares de Contração Lenta (Tipo I) e de Contração Rápida (Tipo IIa e IIb). Adaptado de Fox e col. (1989), “The Physiological Basis of Physical Education and Athletics” - 4th ed. Dubuque.

<b>Características Estruturais e Funcionais das Fibras Musculares de Contração Lenta (Tipo I) e de Contração Rápida (Tipo IIa e IIb)</b>				
Características		Tipos de Fibras		
		Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
Aspectos Neurónais	Tamanho do Neurónio Motor	Pequeno	Grande	Grande
	Limiar de recrutamento do neurónio motor	Baixo	Alto	Alto
	Velocidade de condução do nervo motor	Lenta	Rápida	Rápida
Aspectos Estruturais	Diâmetro da fibra muscular	Pequeno	Grande	Grande
	Desenvolvimento do retículo sarcoplasmático	Menos	Mais	Mais
	Densidade mitocondrial	Alta	Alta	Baixa
	Densidade capilar	Alta	Média	Baixa
	Conteúdo de mioglobina	Alto	Médio	Baixo
Substratos Energéticos	Reservas de fosfocreatina	Baixas	Altas	Altas
	Reservas de glicogénio	Baixas	Altas	Altas
	Reservas de triglicéridos	Altas	Médias	Baixas
Aspectos Enzimáticos	Actividade da miosina-ATPase	Baixa	Alta	Alta
	Actividade das enzimas glicolíticas	Baixa	Alta	Alta
	Actividade das enzimas oxidativas	Alta	Alta	Baixa
Aspectos funcionais	Tempo de contração	Lento	Rápido	Rápido
	Tempo de relaxamento	Lento	Rápido	Rápido
	Produção de força	Baixa	Alta	Alta
	Eficiência energética	Alta	Baixa	Baixa
	Resistência à fadiga	Alta	Baixa	Baixa
	Elasticidade	Baixa	Alta	Alta

### **3.2 QUANTIDADE E DISTRIBUIÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES COMO FENÓMENO INFLUENCIADOR DA EMG**

Os seres humanos não exibem uma separação clara das fibras de contracção lenta e de contracção rápida em cada músculo. A maior parte dos músculos tem ambos os tipos de fibras, embora varie o número de cada tipo para um dado músculo. Os grandes músculos posturais têm mais fibras de contracção lenta, enquanto os músculos dos membros superiores têm mais fibras de contracção rápida (*Seeley e col., 1997*).

Assim sendo, e sabendo que os três tipos de fibras musculares possuem diferentes frequências de activação, podemos constatar que também a quantidade e distribuição dessas fibras num dado músculo poderá exercer uma influência considerável no estudo da actividade eléctrica produzida pelo mesmo. Estes factos têm proporções ainda maiores, uma vez que, segundo *Ancharski e col., (2001)* a quantidade e distribuição das fibras são determinadas essencialmente pela genética de cada indivíduo.

O mesmo autor defende que, apesar da capacidade do corpo humano executar uma ampla gama de tarefas físicas, que combinam misturas variáveis de velocidade, potência e resistência, nenhum tipo exclusivo de fibras musculares possui as características que poderiam permitir um desempenho óptimo nesses vários desafios físicos. Pelo contrário, as fibras musculares possuem certas características que resultam numa especialização relativa.

No entanto, segundo *Fox e col. (1989)*, as pessoas sedentárias possuem aproximadamente 50% de fibras do tipo I e, em geral, essa distribuição é igual para todos os grupos musculares. Esta evidência suscita alguma polémica em torno do presente tema.

### **3.3 EFEITOS DO EXERCÍCIO NAS FIBRAS MUSCULARES**

Vários autores defendem que ainda não está esclarecida a influência de um determinado exercício, na modificação do tipo de fibras musculares (*Ancharski e col., 2001*). No entanto, estes mesmos autores defendem que o facto dos indivíduos mais bem sucedidos nas actividades de resistência em geral, possuírem uma alta proporção de fibras tipo I, deve-se, provavelmente, a factores genéticos associados a treino adequado.

Esta visão, leva-nos a perceber a razão pela qual nem todos os indivíduos poderiam ser atletas de resistência.

Também *Burke e col. (1977)* e *Costill e col. (1976)*, sugerem que o treino prolongado pode alterar o tipo de fibras, nomeadamente na transformação de fibras de contracção rápida, com pouca resistência à fadiga, em fibras de contracção rápida com maior resistência à fadiga.

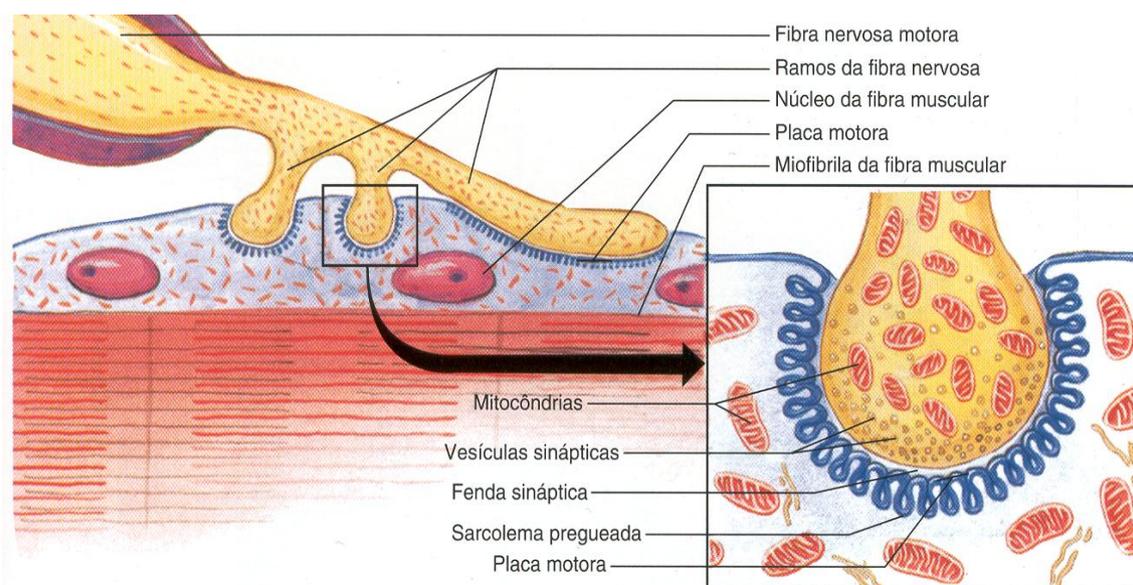
*Seeley e col. (1997)* defendem que nem as fibras de contracção muscular lenta, nem as fibras de contracção muscular rápida, se podem converter em fibras de outro tipo. No entanto, estes autores argumentam que o treino poderá aumentar a capacidade de ambos os tipos de fibras musculares para um rendimento mais eficiente.

#### **4. IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE CONTRACÇÃO MUSCULAR NA EMG**

Para que todo o processo de detecção, registo e análise da actividade neuromuscular atrás referido possa ser elaborado, é necessário, antes de qualquer outra coisa, que ocorra uma contracção do músculo que nos propomos estudar. Assim sendo, e uma vez revista toda a base teórica dos processos nervosos inerentes à produção de força do músculo esquelético, pensamos ter reunido então, as condições necessárias para abordar a contracção muscular propriamente dita.

O desencadeamento da contracção no músculo esquelético começa quando o potencial de acção, atinge o terminal pré-sináptico da junção neuromuscular. Neste momento, são produzidas correntes eléctricas que vão promover a abertura dos canais com portão de voltagem do  $\text{Ca}^{2+}$  na membrana celular do axónio, e que por sua vez leva à difusão de cálcio para dentro da célula.

Uma vez dentro da célula, os iões  $\text{Ca}^{2+}$  provocam a libertação de um produto químico - o neurotransmissor acetilcolina - das vesículas sinápticas existentes no terminal pré-sináptico, que se difunde através da fenda sináptica, para se ligar aos receptores da célula efectora, estimulando-a e produzindo um novo sinal eléctrico (*Seeley e col., 1997; Clayman, 1989*). Abrem-se então os canais com portão ligante, aumentando a permeabilidade da membrana aos iões de  $\text{Na}^{+}$ , e conseqüente difusão dos mesmos para dentro da célula, despolarizando-a, e produzindo um potencial de acção na fibra muscular (*Brooks, 1985*).

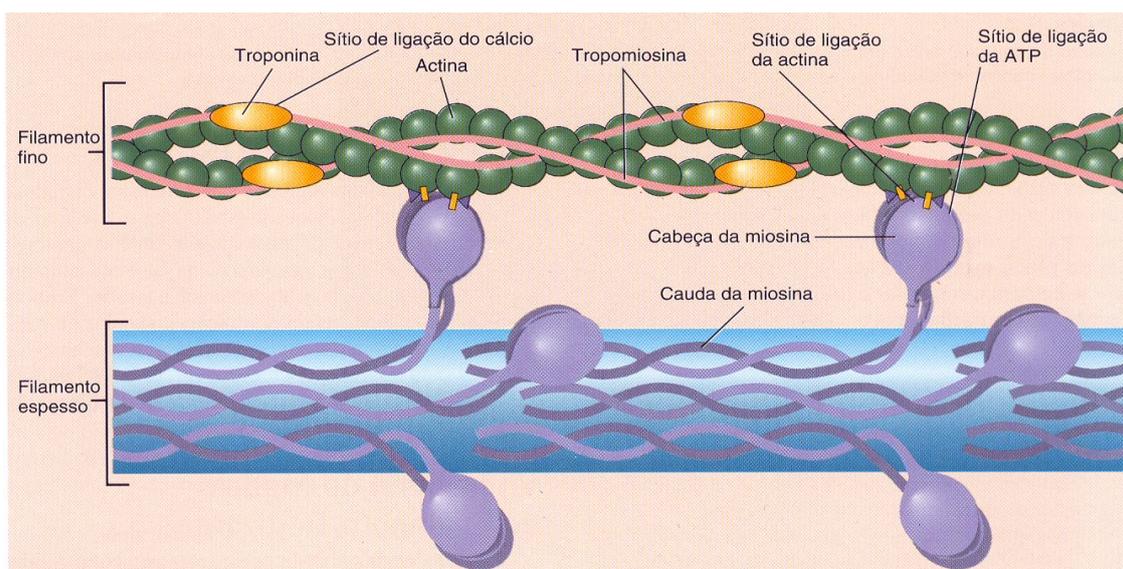


**Figura 8.** Junção Neuromuscular (Adaptado de Powers, S.; Howley, E.; *Exercise Physiology – Theory and application to Fitness and Performance*; 3ª Edição; Brown & Benchmark; USA; 1997.)

Este potencial de acção propaga-se ao longo do sarcolema e atinge os túbulos T (extensões internas da membrana celular), despolarizando as suas membranas e sendo a despolarização transmitida para o interior da fibra muscular (Foss e Kateyian, 2000). Esta despolarização leva à abertura dos canais de  $\text{Ca}^{2+}$  do retículo sarcoplasmático, difundindo-se estes iões para o sarcoplasma que rodeia as miofibrilhas (estruturas filamentosas compostas por duas espécies de filamentos proteicos: a actina e a miosina) (Seeley e col., 1997).

Os iões de  $\text{Ca}^{2+}$  ligam-se à troponina (componente proteico do filamento de actina), e esta ligação faz com que o complexo troponina-tropomiosina entre no espaço entre as duas moléculas de actina F (Seeley e col., 1997). Esta alteração de posição faz com que os lugares activos da actina fiquem livres para estabelecer ligações com miofilamentos de miosina, formando pontes cruzadas (Cairó, 1992).

Estabelecidas as ditas pontes, as cabeças da miosina movem-se na sua área curva, forçando o miofilamento de actina, a que estão ligadas, a deslizar, surgindo então a contracção muscular. Enquanto os iões de cálcio permanecerem com alta concentração no líquido sarcoplasmático, sendo difundidos até às miofibrilhas, esta contracção persistirá (Guyton, 1997).



**Figura 9.** Relações entre a troponina, tropomiosina, pontes cruzadas e cálcio. (Adaptado de Powers, S.; Howley, E.; *Exercise Physiology – Theory and application to Fitness and Performance*; 3ª Edição; Brown & Benchmark; USA; 1997.)

#### 4.1 RELAXAMENTO MUSCULAR

Quando termina o fluxo de impulsos nervosos sobre o nervo motor, o  $\text{Ca}^{2+}$  separa-se da troponina e é removido do sarcoplasma, passando a ser bombeado activamente (bomba de  $\text{Ca}^{2+}$ ) para o interior do retículo sarcoplasmático (Seeley e col., 1997). A remoção do  $\text{Ca}^{2+}$  altera a interacção troponina-tropomiosina, "desactivando" o filamento de actina. Assim sendo, as pontes cruzadas desfazem-se, ocorre o encurtamento do sarcómero, as cabeças da miosina voltam à posição inicial de modo a poderem formar novas pontes num local diferente do miofilamento de actina e o músculo relaxa (Seeley e col., 1997; Foss e Kateyian, 2000).

Este processo de relaxamento, tal como o processo de contração, também exige energia sob a forma de ATP, embora em menor quantidade (Seeley e col., 1997).

## 5. CONTRACÇÃO MUSCULAR E GASTOS ENERGÉTICOS

Quase todas as mudanças que ocorrem no corpo, especialmente dentro do músculo esquelético em processo de contracção, estão relacionadas com um aumento no metabolismo energético, ou seja, com um maior gasto de Trifosfato de Adenosina (ATP) (*Demaree e col., 2001*).

Embora o ATP não seja a única molécula transportadora de energia da célula, ela é a mais importante, e, sem quantidades suficientes, a maioria das células morre rapidamente (*Powers e Howley, 1997*). No entanto, é de referir que a quantidade de ATP que o corpo humano pode armazenar é limitada e relativamente baixa, o que faz com que seja necessário a sua ressíntese cada vez que é utilizado (*Cepeda, 1992*).

Para suprimir esta necessidade energética, as células dispõem de vias metabólicas capazes de converter nutrientes (hidratos de carbono, proteínas e lípidos) nessa forma de energia biologicamente utilizável (ATP) (*McArdle et al, 1996*).

Assim sendo, as células musculares podem produzir energia por qualquer uma ou pela combinação das três vias metabólicas: formação de ATP pela degradação da creatina fosfato, formação de ATP pela degradação da glicose ou do glicogénio (glicólise) e formação oxidativa de ATP (*Powers e Howley, 1997*). Estas três vias energéticas, diferem tanto na velocidade com que dão origem ao produto final, como na quantidade de produção desse mesmo produto.

### 5.1 SOLICITAÇÃO DAS DIFERENTES VIAS ENERGÉTICAS DURANTE O PROCESSO DE CONTRACÇÃO MUSCULAR

Apesar de ser comum falar-se sobre exercício aeróbio *versus* exercício anaeróbio, na realidade, a energia que possibilita o processo de contracção muscular na grande maioria dos exercícios é originária de uma combinação das três fontes metabólicas (*Powers e Howley, 1997*).

Segundo *Robergs e Roberts (1997)*, o metabolismo energético deve ser encarado numa perspectiva global, de modo a que possamos compreender os processos de regulação das várias formas de produção, bem como a forma como estas interagem.

Desta forma, na corrida de 400 metros (cerca de 55 segundos) a energia utilizada é entre 70 e 75% anaeróbia, correspondente a restante à fonte aeróbia. Similarmente, também na corrida de 100 metros a energia utilizada provém 90% da via aeróbica e 10% à via anaeróbia. O mesmo se passa na outra extremidade do espectro de energia. Por

exemplo, num esforço com duração de duas horas (ex: maratona), existe uma percentagem de trabalho anaeróbio de aproximadamente 1% (*Powers e Howley, 1997*).

De encontro ao parágrafo anterior, *Spriet (1995)* refere que apesar das percentagens mais altas de ATP anaeróbio proveniente das reservas de CrP, durante um esforço máximo, ocorrem durante os primeiros dez segundos de esforço, e apesar de o esforço entre os dez e os 30 segundos, ser mantido em grande parte pela intervenção da via glicolítica, em ambos os casos também as restantes vias intervêm, se bem que de forma pouco significativa.

Em suma, embora quanto menor for a duração de actividades máximas, maior seja a contribuição da produção anaeróbia de energia, e, quanto maior for a sua duração, maior a contribuição da produção aeróbia, as vias energéticas não podem ser dissociadas (*Powers e Howley, 1997*).

O quadro seguinte ilustra a contribuição de cada uma das vias na realização de esforços de várias durações.

**Tabela 2.** Percentagem (%) de contribuição das três vias energéticas em esforços de várias durações (segundos, minutos e horas). (Adaptado de Astrand, citado por Macdougall e col, 1990).

<b>Tempo de esforço máximo</b>	<b>Via anaeróbia aláctica</b>	<b>Via anaeróbia láctica</b>	<b>Via aeróbia</b>
5 seg.	85	10	5
10 seg.	50	35	15
30 seg.	15	65	20
1 min	8	62	30
2 min	4	46	50
4 min	2	28	70
10 min	1	9	90
30 min	1	5	95
1 h	1	2	98
2 h	1	1	99

### **5.1.1 Via Anaeróbia Aláctica no Processo de Contração Muscular**

A via anaeróbia aláctica é o método mais simples de produção de energia, assegurado pela fosfocreatina (CrP) (*Seeley e col., 1997*). Dado que este substrato é armazenado no músculo em poucas quantidades, a formação de ATP por esta reacção é

limitada, sendo por isso utilizada apenas em exercícios de curta duração e de alta intensidade (*Chicharro e Vaquero, 1995; Powers e Howley, 1997*).

A partir do momento em que se inicia o exercício, o aumento da concentração sarcoplasmática de ADP, que resulta da decomposição do ATP, vai estimular a actividade da enzima creatina cinase. Esta enzima funciona como catalisador da reacção que permite a quebra da ligação entre o fosfato e a creatina, da qual é libertada energia necessária à síntese de ATP (*Powers e Howley, 1997*).

A importância do sistema ATP-CrP nos atletas ganha especial importância uma vez que, em muitos casos, a sua performance é determinada pelos esforços intensos e de curta duração. Assim sendo, e uma vez que a depleção de creatina fosfato pode limitar o exercício de curta duração e de alta intensidade, vários autores sugerem que a suplementação de creatina pode melhorar o desempenho no exercício.

Após o exercício, o organismo tem a capacidade de voltar a armazenar energia em forma de CrP, o que demonstra a reversibilidade das reacções. Este armazenamento processa-se pelo facto de, em repouso, a concentração de ATP ser superior à concentração de ADP (*Vander e col., 1998*). Contudo, para a realização deste processo é necessária energia proveniente da decomposição química do ATP, sintetizado pela via aeróbia (*McArdle e col., 1996*).

### **5.1.2 Via Anaeróbia Láctica no Processo de Contração Muscular**

A via anaeróbia láctica representa a principal fonte de energia do músculo durante a execução de esforços com uma intensidade de contração muscular elevada, cuja duração não ultrapasse os dois minutos (*Nunes, 1996*), havendo autores que defendem a sua intensa participação até aos três minutos (*McArdle e col., 1996*). Apesar disso, a sua rentabilidade energética não é muito significativa, traduzindo-se em apenas 3% da sua eficiência global na formação de ATP. A compreensão desta via torna-se especialmente importante para o nosso estudo, uma vez que o exercício efectuado terá, consoante a aptidão muscular dos participantes, uma duração prevista entre os dois e os quatro minutos, sendo a intensidade de esforço considerável.

Assim, e tal como a via anaeróbia aláctica, esta via (também designada por glicólise) tem a capacidade de produzir ATP rapidamente, sem envolvimento de O<sub>2</sub> (*Powers e Howley, 1997*). Para isso, é necessário que a glicose penetre no interior das células, através de um processo denominado de difusão facilitada. Este processo não

implica o consumo de energia pela célula, uma vez que é processado a favor do gradiente de concentração. A velocidade com que este processo se realiza é determinada pela quantidade de insulina (hormona segregada pelo pâncreas) existente nos músculos (Guyton e col., 1997).

Após a entrada na célula a glicose é transformada, permitindo que não sofra difusão para fora da célula, uma vez que as membranas celulares não são permeáveis a compostos orgânicos com fosfatos. Assim sendo, combina-se com um radical de fosfato, através de um processo de fosforilação onde intervêm fundamentalmente as enzimas glicocinase (no fígado) ou pela hexocinase (na maioria das outras células), transformando a glicose em glicose-6-fosfato. A enzima necessária à "libertação" da glicose é a glicose-6-fosfatase, que se encontra essencialmente nas células hepáticas. Após a conversão da glicose em glicose-6-fosfato, esta pode ser imediatamente utilizada para a produção de energia, ou pode ser armazenada sob a forma de glicogénio (polímero da glicose) num processo designado por glicogénese.

Este processo de formação do glicogénio, resulta da transformação da glicose-6-fosfato em glicose-1-fosfato, seguindo-se a conversão desta em uridina-difosfato-glicose, que é convertida em glicogénio.

O processo inverso, que transforma o glicogénio armazenado em glicose, é designado por glicogenólise. Segundo Guyton e col. (1997), este é um processo que é realizado apenas quando o indivíduo se encontra em actividade, uma vez que em repouso a fosforilase (enzima preponderante no processo) se encontra inactiva, podendo, em casos de necessidade, ser activada pelas hormonas epinefrina e glucagon.

A via anaeróbia a que nos referimos ocorre no sarcoplasma da célula muscular e origina duas moléculas de ácido pirúvico ou de ácido láctico (Powers e Howley, 1997), bem como o ganho de duas ou três moléculas de ATP, conforme se trate da degradação da glicose ou glicogénio, respectivamente (Demaree e col., 2001).

Apesar desta via metabólica não utilizar oxigénio nas suas reacções, o piruvato formado pode participar imediatamente na produção aeróbica de ATP, se houver oxigénio disponível na célula. Por esta razão, a glicólise pode ser considerada a primeira etapa na degradação aeróbica de hidratos de carbono, sendo comum às duas vias aeróbia e anaeróbia (Demaree e col., 2001).

As reacções entre a glicose e o piruvato podem ser consideradas como duas fases distintas: fase de investimento de energia, correspondente às cinco primeiras reacções; e, fase de produção de energia, correspondente às últimas cinco reacções.

Na primeira fase, o ATP armazenado é utilizado para adicionar grupos fosfato à glicose, transformando-a em glicose-6-fosfato, pela acção da enzima hexocinase. Este composto é seguidamente transformado no seu isómero frutose-6-fosfato (pela acção da enzima fosfoglicose isomerase), que sofre mais uma fosforilação, sendo convertido em frutose-1,6-difosfato pela acção da enzima fosfofrutocinase. De salientar que se o glicogénio for o substrato utilizado, apenas é necessária a adição de um ATP, uma vez que aquele já se encontra fosforilado pelo fosfato inorgânico (*Powers e Howley, 1997*).

No seguimento da glicólise e por acção da enzima aldolase, a molécula de 1,6-difosfato transforma-se no Gliceraldeído-3-fosfato + dihidroxiacetona fosfato. Nesta primeira fase da glicólise é utilizada energia proveniente de duas moléculas de ATP (*Powers e Howley, 1997*).

Na segunda fase, ou fase de produção de energia da glicólise (da quinta à décima reacção) ocorre a síntese de quatro moléculas de ATP (*Powers e Howley, 1997*). Sendo assim, e tendo em conta que na fosforilação inicial da glicólise são gastas duas moléculas de ATP, o resultado final deste processo traduz-se num ganho de duas ou três moléculas de ATP por cada molécula de glicose ou glicogénio degradado, como já foi referido.

Este processo resulta na libertação de átomos de hidrogénio, que combinados com o  $\text{NAD}^+$  originam  $\text{NADH}$  e  $\text{H}^+$ , posteriormente utilizados na fosforilação oxidativa (*Guyton e col., 1997*).

#### **5.1.2.1 Sistema Do Ácido Láctico**

Para que todo o processo de glicólise anteriormente descrito se verifique, é necessário que haja quantidades adequadas de nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) (para além da flavina adenina dinucleótido (FAD)), para aceitar os átomos de hidrogénio removidos do gliceraldeído-3-fosfato. Como o NAD é convertido na sua forma reduzida (NADH) após aceitar o hidrogénio, é necessário que ocorra uma nova reformulação de NADH em NAD (*Powers e Howley, 1997*).

A reformulação mencionada pode surgir através de duas formas distintas. Por uma lado, e na presença de oxigénio, o NADH é “lançado” no interior das mitocôndrias, contribuindo para a produção aeróbica de ATP. Por outro lado, e na ausência de oxigénio, o ácido pirúvico aceita os hidrogénios e forma o ácido láctico, por acção da enzima lactato desidrogenase (LDH). Sendo assim, a formação do ácido láctico resulta

da conversão de NADH em NAD, de forma a que a glicólise possa continuar (*Powers e Howley, 1997*). Desta forma se compreende que o exercício realizado com défice de oxigénio resulta na transformação de ácido pirúvico em ácido láctico (*Guyton e col., 1997*).

Uma vez formado, o ácido láctico liberta imediatamente um protão ( $H^+$ ), convertendo-se em lactato. Este difunde-se rapidamente para o sangue, tendo-se constatado que, após a realização de um esforço supra-máximo, a máxima concentração de lactato no sangue ocorre entre os 3-5 minutos (*Rieu e col., 1988; e Stegmann e col., 1981*). Neste tipo de esforços os níveis de lactato podem aumentar desde um valor em repouso de aproximadamente 1mmol/kg de músculo, resultante das várias reacções ininterruptas que garantem o equilíbrio do organismo (*Roberts e Roberts, 1997*), até cerca de 25 mmol/kg (*Wilmore e Costill, 1999*).

Esta grande quantidade de ácido láctico que se forma durante a glicólise anaeróbia pode ser novamente convertido em glicose, através de um processo bioquímico que ocorre no fígado (ciclo de *Cori*), ou pode ser utilizado directamente como fonte energética durante um exercício moderado (*McArdle e col., 1996*).

A elevada acumulação de lactato no sangue e nos músculos e a síntese insuficiente de ATP, causa problemas no processo de contracção muscular (*Guyton e col., 1997*). Este facto verifica-se devido à acumulação inevitável de iões de hidrogénio, que baixa o pH intracelular, elevando o nível de acidez muscular e inibindo a glicogenólise, e que tem como resultado final o aparecimento de fadiga muscular. Numa fase extrema, pode levar a uma danificação séria das fibras musculares. ([www.lactate.com/ptlact1b.html](http://www.lactate.com/ptlact1b.html)). O tempo de recuperação pós exercício depende dos processos metabólicos e fisiológicos que resultam do esforço (*Chia e col., 1997*).

### **5.1.3 Via Aeróbia no Processo de Contracção Muscular**

A via aeróbia é o processo que apresenta a maior capacidade de produção de energia. No entanto, a complexidade das reacções do mesmo torna-o lento, limitando-o em termos de potência. Desta feita, esta é a via predominante em exercícios de longa duração e com baixa intensidade de contracção muscular (*Wilmore e Costill, 1999*).

A produção aeróbia de ATP ocorre no interior das mitocôndrias, na presença de oxigénio (*Powers e Howley, 1997*), e consiste no desdobramento da glicose ou glicogénio, produzindo respectivamente, 38 ou 39 moléculas de ATP, dióxido de

carbono e água (*Seeley e col., 1997*). O único produto final intoxicante desta via é o CO<sub>2</sub>, que é eliminado pela respiração (*Nunes, 1996*). Apesar deste sistema de energia

Este processo aeróbio, contrariamente à glicólise, pode utilizar gordura, proteínas e hidratos de carbono como substratos para produzir ATP (*Demaree e col., 2001*).

Segundo *Seeley e col. (1997)*, a via aeróbia pode ser dividida em quatro fases: glicólise, formação de acetil-CoA, ciclo de ácido cítrico e cadeia de transporte de electrões.

A glicólise, já explicada anteriormente na via anaeróbia láctica, produz duas (ou três) moléculas de ATP, de NADH e de ácido pirúvico (*Powers e Howley, 1997*).

Na segunda fase, as duas moléculas de ácido pirúvico são convertidas em duas moléculas de Acetil-CoA, resultando também duas moléculas de NADH e duas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Mais detalhadamente, as enzimas retiram um átomo de carbono da molécula de ácido pirúvico com três carbonos, para formar dióxido de carbono e um grupo acetil com dois carbonos. Este grupo acetil, por sua vez, irá combinar-se com a coenzima A (CoA), formando a Acetil-CoA. Nesta reacção é libertada energia utilizada para reduzir o NAD<sup>+</sup> em NADH. (*Seeley e col., 1997*).

A terceira fase corresponde ao ciclo de ácido cítrico ou ciclo de Krebs. A função primária deste ciclo, consiste em completar a oxidação dos hidratos de carbono, gorduras ou proteínas, produzindo CO<sub>2</sub> e fornecendo electrões que são passados à cadeia transportadora de electrões, a fim de fornecer energia à produção aeróbia de ATP (*Powers e Howley, 1997*).

Uma vez formada a Acetil-CoA, esta combina-se com o oxaloacetato para formar citrato, que, por sua vez, é sujeito a uma série de reacções que resultam na libertação de duas moléculas de CO<sub>2</sub>, três de NADH, uma de FADH<sub>2</sub> e uma de GTP (*McArdle e col., 1996*). A Acetil-CoA é o composto que garante a entrada de todos os combustíveis metabólicos no ciclo de Krebs (*McArdle e col., 1996*).

Em termos energéticos, a produção directa de ATP no ciclo de Krebs é pouco significativa (apenas uma molécula de ATP por cada ciclo de reacções). A principal função deste processo é a formação de hidrogénio, que é fundamental para o processo de fosforilação oxidativa (*McArdle et al., 1996*).

A quarta e última fase corresponde à cadeia transportadora de electrões. Nesta fase ocorre a produção aeróbica de ATP graças a um mecanismo que usa a energia

potencial disponível nos transportadores de hidrogénio reduzidos, como a NADH e a FADH, para fosforilar ADP em ATP.

Esse mecanismo consiste na passagem dos electrões removidos do átomo de hidrogénio por uma série de transportadores de electrões (citocromos), que resulta na libertação de energia utilizada para movimentar os  $H^+$  (protões) da matriz mitocondrial para o espaço intermembranar.

Esta passagem provoca a formação de moléculas altamente reactivas denominadas radicais livres que podem ser prejudiciais ao músculo e contribuir para a fadiga muscular (*Powers e Howley, 1997*).

O aumento de  $H^+$  no espaço intermembranar produz um gradiente favorável ao seu retorno à matriz da mitocôndria. Este retorno é realizado por um processo de difusão facilitada através de "canais especializados" existentes em três locais distintos da membrana interna. Nesta passagem é libertada a energia suficiente para refosforilar o ADP e formar ATP em três locais distintos (*Powers e Howley, 1997*).

O oxigénio intervém no final da cadeia, como último receptor de electrões (transferidos ao longo da cadeia) e protões ( $H^+$  que retomam à matriz mitocondrial), dando origem à formação de água. Esta reacção é fundamental para dar continuidade ao processo.

## 5.1 REGULAÇÃO DAS VIAS ENERGÉTICAS

As vias energéticas que resultam na produção de ATP celular estão sob controle meticuloso, conseguido pela regulação de uma ou mais enzimas reguladoras (alostéricas), que catalisam as reacções unidireccionais. Estas enzimas podem sofrer uma regulação ascendente ou descendente, dependendo da necessidade de ATP.

Sendo assim, e como forma de exemplo, o fraccionamento de CP é regulado pela actividade da creatina cinase, que está elevada quando as concentrações citoplasmáticas de ADP aumentam e os níveis de ATP diminuem. Da mesma forma na glicólise, a fosfofrutocinase (PKF), enzima que limita o ritmo, aumenta por uma elevação na concentração celular de ADP e redução nos níveis de ATP (*Ancharski e col., 2003*).

## 5.2 UTILIZAÇÃO DOS DIFERENTES NUTRIENTES CONSOANTE AS VIAS METABÓLICAS SOLICITADAS

Cada via metabólica possui uma especificidade que a caracteriza e que lhe permite responder adequadamente às necessidades do organismo na prática de exercício, quer ele apresente uma predominância de contracções musculares intensas ou não. Desta forma, torna-se óbvio que para cada situação específica, seja recrutado um determinado substrato em detrimento de outros. As linhas que se seguem procuram esclarecer a utilização desses mesmos substratos nos diferentes tipos de exercícios e vias energéticas.

### 5.3.1 Metabolismo Dos Hidratos De Carbono

Os hidratos de carbono são constituídos por uma molécula de carbono, duas moléculas de hidrogénio e uma de oxigénio ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) (Cepeda, 1992), e são formados nos vegetais, através da fotossíntese (Sá, 1990).

Estes compostos são armazenados como glicogénio nos músculos e no fígado. O glicogénio muscular representa uma fonte directa para o metabolismo energético muscular, enquanto que o glicogénio hepático serve como meio de reposição da glicose sanguínea (por exemplo quando o nível da glicemia diminui com o exercício prolongado) (Powers e Howley, 1997).

Segundo Cepeda (1992), os hidratos de carbono, para além do armazenamento no músculo e fígado, podem ser igualmente armazenados no líquido extracelular. As quantidades, em cada um destes três compartimentos, podem oscilar (dependendo da dieta) entre 300 e 600 g no músculo, de 60 a 90 g no fígado e de 8 a 11g no líquido extracelular, num adulto não obeso de 70 Kg de peso.

A contribuição relativa do glicogénio muscular e da glicose sanguínea no metabolismo energético durante o exercício, depende da sua duração e intensidade. A glicose desempenha um papel maior durante o exercício de baixa intensidade, enquanto que o glicogénio muscular assume-se como a principal fonte para exercício de alta intensidade (Powers e Howley, 1997).

Durante a primeira hora de exercício submáximo prolongado, grande parte dos hidratos de carbono metabolizados pelos músculos provêm do glicogénio muscular. Com o decorrer do tempo, os níveis deste diminuem e a glicose sanguínea torna-se cada vez mais, uma importante fonte de combustível (Powers e Howley, 1997).

O metabolismo dos hidratos de carbono tem início com a glicólise, que consiste numa série de reacções químicas no citosol, durante a qual se dá o desdobramento da glicose em duas moléculas de ácido pirúvico (*Seeley, 1997*), como já foi referido anteriormente na via anaeróbia láctica.

Relembrando, cada molécula de glicose origina quatro moléculas de ATP, duas de NADH e duas de ácido pirúvico. Como o início da glicólise exige a presença de duas moléculas de ATP, o rendimento final de cada molécula de glicose é duas moléculas de ATP, duas de NADH e duas de ácido pirúvico (*Seeley, 1997*).

Se a célula não tiver quantidade suficiente de oxigénio, as moléculas de NADH e ácido pirúvico são utilizadas na respiração anaeróbia para produzir ATP; caso contrário, são utilizadas na via aeróbia (*Seeley, 1997*).

Esta via aeróbia engloba quatro fases: glicólise, formação de Acetil-CoA, ciclo de Krebs e cadeia transportadora de electrões. Esta última, representa o passo mais importante na formação de ATP e conseqüente produção de energia pela via aeróbia (*Vander e col., 1998*).

Para um melhor esclarecimento da mesma, deverá ser consultado todo o seu processo, descrito anteriormente.

### 5.3.2 Metabolismo dos Lípidos

Os lípidos são substâncias orgânicas que fazem parte dos tecidos animais e vegetais, de onde são retiradas para a alimentação humana. Eles são compostos de carbono, oxigénio e hidrogénio, diferenciando-se dos hidratos de carbono pela proporção desses componentes (*Sá, 1990*).

Estas substâncias orgânicas são responsáveis pelo depósito de 99% da energia numa pessoa saudável (*Seeley, 1997*).

Quando um indivíduo consome mais energia do que gasta, essa energia adicional é armazenada sob a forma de gordura. Segundo *Powers e Howley (1997)*, um ganho de 3500 kilocalorias (Kcal) de energia acarreta o armazenamento de 454 gramas de gordura.

Essa gordura é essencialmente armazenada no tecido adiposo sob a forma de triglicerídeos, principais moléculas de armazenamento de energia do organismo. A degradação destas moléculas (triglicerídeos) nos seus elementos constituintes, um

glicerol e três moléculas de ácidos gordos, designa-se por lipólise (*Powers e Howley, 1997*).

Os lípidos utilizados como fonte de combustível variam em função da intensidade e da duração do exercício (*Powers e Howley, 1997*). No exercício de longa duração ou quando a ingestão de hidratos de carbono é reduzida, a degradação do glicerol é muito importante, uma vez que o "esqueleto de carbono" resultante pode ser utilizado na síntese de glicose (gliconeogénese) (*McArdle e col., 1996*). Os ácidos gordos livres plasmáticos são a principal fonte de energia durante o exercício de baixa intensidade (*Powers e Howley, 1997*).

O metabolismo dos ácidos gordos dá-se por  $\beta$ -oxidação, uma série de reacções nas quais são removidos dois átomos de carbono, sucessivamente, da cadeia do ácido gordo, para formar acetilCoA. A acetilCoA pode então, entrar no ciclo de Krebs e ser utilizada para produzir ATP (*Seeley e col., 1997*).

A acetilCoA também pode ser utilizada na cetogénese. Este processo decorre quando grandes quantidades de acetilCoA são produzidas no fígado e nem todas são utilizadas no ciclo de Krebs. Assim, estas moléculas combinando-se duas a duas e forma-se uma molécula de ácido ceto-acético. Este é principalmente convertido em ácido  $\beta$ -hidroxibutírico e, uma pequena parte, em acetona. Estes três componentes (contando com o ácido ceto-acético) constituem os corpos cetónicos que são libertados no sangue e conduzidos a outros tecidos, especialmente para o músculo esquelético. Nesses tecidos, são reconvertidos em acetilCoA, que entra no ácido cítrico para produzir ATP (*Seeley e col., 1997*).

A quantidade total de ATP produzida através do catabolismo de uma molécula de ácido gordo depende do número de carbonos contidos na cadeia original. A maior parte dos ácidos gordos do organismo tem entre 14 e 22. Considerando que, por cada dois átomos de carbono removidos da cadeia, são formados 13 ATP (um no ciclo de Krebs e 12 na fosforilação oxidativa), conclui-se, por exemplo, que a degradação total de um ácido gordo com 18 carbonos origina a formação de 146 ATP. Uma vez que cada triglicérido contém 3 moléculas de ácidos gordos e um glicerol, serão formadas 457 moléculas de ATP, por cada triglicérido metabolizado para produzir energia.

### 5.3.3 Metabolismo Das Proteínas

As proteínas são as principais substâncias construtoras do nosso organismo, com papel especialmente importante para a construção e reparação dos tecidos. São compostos de carbono, hidrogénio, oxigénio, nitrogénio e, frequentemente, enxofre (Sá, 1990).

Para serem utilizadas como fonte de substratos na produção de ATP, as proteínas devem, inicialmente, ser degradadas em aminoácidos. O exercício prolongado provoca a activação das enzimas capazes de degradar as proteínas musculares (Dohm e col., 1978 e 1981). Assim sendo, a degradação de proteínas implica perda de tecido, pelo que não são consideradas moléculas de armazenamento (Seeley e col., 1997).

O músculo esquelético pode metabolizar directamente alguns tipos de aminoácidos (ex: valina, leucina e isoleucina). Este seu papel como substrato é pequeno e depende principalmente da disponibilidade de aminoácidos de cadeia ramificada e do aminoácido alanina. Além disso, a alanina pode ser convertida em glicose e retomada, através do sangue, ao músculo esquelético afim de ser utilizada como substrato.

Existem duas reacções que levam à remoção do grupo amina presente nas proteínas. São elas a desaminação oxidativa, em que o grupo amina origina uma molécula de amónia; e a transaminação, que envolve a transferência do grupo amina do aminoácido para um cetoácido, que por sua vez se transforma num aminoácido (Vander e col., 1998).

Uma vez removido o grupo amina, que contém o nitrogénio, a parte restante da maioria dos aminoácidos pode ser metabolizada para intermediários capazes de entrar quer na glicólise, quer no ciclo de Krebs (Vander e col., 1998).

Durante a desaminação oxidativa, o NAD é reduzido em NADH que pode entrar na cadeia de transporte de electrões para formar ATP. A amónia resultante do processo é tóxica para as células e é convertida em ureia no fígado, posteriormente transportada, pelo sangue, para os rins, através dos quais será eliminada (Vander e col., 1998).

Após a desaminação oxidativa e conseqüente formação dos cetoácidos, estes podem entrar no ciclo do ácido cítrico e ser convertidos em ácido pirúvico ou em acetilCoA (Seeley, 1997).

## 6. ANÁLISE DOS MÚSCULOS *RECTUS ABDOMINIS* E *RECTUS FEMORIS* E ESTUDOS EFECTUADOS SOBRE OS MESMOS

Todos os processos descritos ao longo deste capítulo, relativamente à contracção muscular e à electromiografia, serão particularmente importantes nos músculos estudados neste trabalho - o *rectus abdominis* e o *rectus femoris*.

O músculo *rectus abdominis* localiza-se na face anterior do abdómen e forma duas bandas musculares, separadas sobre a linha mediana por um espaço, sendo este mais largo na parte superior do umbigo. Tem forma alongada e quadrangular, sendo mais largo e delgado na sua parte superior e mais estreito e grosso na parte inferior.

Os seus feixes inserem-se superiormente na face anterior e externa da cartilagem costal da quinta, sexta e sétima costelas, na apófise xifóide e nos ligamentos costoxifóideos. Estes feixes estendem-se paralelamente para baixo, convergem na sua parte inferior dando origem a um poderoso tendão chato que se fixa na crista púbica do osso do quadril e na superfície anterior da sínfise púbica.

Este músculo permite o desenvolvimento de todo o tipo de actividade flexoras do tronco sobre os membros inferiores e vice-versa, facilita a expiração e tem várias outras funções já mencionadas anteriormente.

Biomecanicamente, os músculos abdominais (juntamente com o glúteo maior e com os isquio-tibiais) realizam a retroversão da pélvis, são antagónicos dos extensores da coluna (quadrado lombar) e dos flexores do quadril (*rectus femoris* e psoas-íliaco), responsáveis pela anteversão da pélvis. Desta forma, os músculos abdominais são importantes na prevenção ou diminuição da hiperlordose lombar.

Por seu lado, o *rectus femoris* é músculo volumoso localizado na parte anterior da coxa e as suas fibras assumem uma orientação oblíqua, podendo ser fusiformes ou bipeniformes.

Superiormente fixa-se na crista ilíaca antero-inferior e, inferiormente, funde-se com os demais ventres do quadríceps no tendão comum do quadríceps, que se insere na patela (margem proximal e margem lateral) e na extremidade proximal da tibia (tuberosidade da tibia). Dado que se trata de um músculo bi-articular, exerce funções de extensão da perna e de flexão da coxa sobre o tronco ou vice-versa, consoante o seu ponto fixo seja superior ou inferiormente.

Biomecanicamente, o seu trajecto anterior ao eixo de flexão-extensão do quadril e do joelho, permite-lhe flectir o quadril e realizar a extensão do joelho. No entanto, a

sua eficácia na extensão do joelho depende da posição do quadril, e, inversamente, o seu papel de flexor do quadril está subordinado à posição do joelho. Estes factos estão directamente relacionados com o grau de alongamento do músculo.

Mais especificamente, o alongamento do músculo *rectus femoris* surge com a extensão do quadril e com a flexão do joelho, uma vez que estas acções mecânicas afastam as suas inserções superiores e inferiores, e, desta forma, resulta na sua maior eficiência. Seguindo o mesmo raciocínio, verificamos que a flexão do quadril e a extensão do joelho resultam no encurtamento muscular e, assim sendo, numa menor eficiência muscular.

Como já foi referido, as fibras do músculo *rectus femoris* têm orientação oblíqua, produzindo por isso a sua tensão máxima entre os 120 e 130% do comprimento de repouso. Quando é desenvolvida tensão num músculo com fibras oblíquas, como é o caso, estas giram em torno das suas inserções tendinosas, aumentando progressivamente o seu ângulo de inserção. Quanto maior for este ângulo, menor é a quantidade de força efectiva transmitida aos tendões para mover os ossos. Caso o ângulo de inserção exceda os 60 graus, a quantidade de força efectiva transmitida para o tendão torna-se inferior a metade da força produzida pelas próprias fibras musculares (Campos, 2002).

Após uma consulta da bibliografia disponível, constatámos que existe um número reduzido de estudos que relacionem a actividade neuromuscular efectuada pelos músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris* com a variação da cadeia cinética (com e sem fixação dos pés ao solo), na realização de um trabalho de fortalecimento da musculatura abdominal. No entanto, foram encontrados outros estudos para estes mesmos músculos, que apesar de apresentarem objectivos diferentes daqueles a que nos propusemos, possibilitam-nos uma visão mais detalhada e real acerca de toda a complexidade inerente a esta área. Para além disso, estamos certos que esta revisão de literatura enriquecerá a futura discussão de resultados deste mesmo estudo.

Desta forma, Hildenbrand (2004), num estudo efectuado com 10 homens (idades = 23,4±3,9 anos) e 13 mulheres (idades = 20,8±2,6 anos), saudáveis e praticantes de actividade física moderada, encontrou diferenças significativas na actividade eléctrica do músculo *rectus femoris*, quanto à AEMG, entre dois exercícios com maior estabilização dos membros inferiores (ABslide e FitBall) relativamente a outros dois exercícios sem a dita estabilização (Ab Roller e um exercício tradicional, semelhante ao protocolo 1 do nosso estudo). Neste estudo não foram encontradas diferenças

significativas entre a realização do exercício tradicional e a realização dos restantes exercícios, relativamente à actividade da parte superior e inferior do músculo *rectus abdominis*.

**Tabela 3:** Descrição dos exercícios estudados por Hildenbrand (2004): ABslide, FitBall, Ab Roller e um Exercício Tradicional.

Descrição dos exercícios estudados por <i>Hildenbrand</i> (2004)		
<b>Maior estabilização de membros inferiores</b>	<i>ABslide</i>	Exercício realizado com joelhos fixos no solo e mãos apoiadas num aparelho deslizante (também no solo), que efectua um percurso de vaivém da zona imediatamente próxima aos joelhos até cerca de 1m de distância. Durante a realização do movimento decorre a extensão do joelho e da anca e a flexão dos ombros.
	<i>FitBall</i>	Exercício com a coluna lombar e parte da dorsal apoiada numa bola utilizada para reabilitação, com 91 cm de diâmetro, pés fixos no solo e mãos entrelaçadas atrás da nuca, efectuando um movimento de enrolamento da coluna ( <i>Curl-Up</i> ) e voltando à mesma posição.
<b>Menor estabilização de membros inferiores</b>	<i>Ab Roller</i>	Exercício efectuado na posição de decúbito dorsal e pés apoiados no solo, que se caracteriza por um enrolamento limitado da coluna ( <i>Curl-Up</i> ), sendo este movimento controlado por um aparelho em forma de C, onde são apoiadas as mãos, a coluna cervical e a coluna dorsal. Este aparelho impede a má execução do movimento.
	Exercício tradicional	Exercício idêntico ao anterior ( <i>Ab Roller</i> ), com joelhos flectidos a 90°, pés apoiados no solo, e com amplitude de movimento limitada por uma barra colocada ligeiramente acima da apêndice xifóide do esterno, perpendicularmente ao corpo do participante e paralelamente ao solo. No entanto, este exercício foi efectuado sem utilização de nenhum aparelho adicional.

Segundo uma pesquisa electromiográfica elaborada por *Bankoff e Furlani* (1986), onde foram analisados quatro exercícios abdominais diferentes, o melhor trabalho muscular encontrado para o músculo *rectus abdominis* ocorreu durante o exercício *SIT-UP*. Este exercício foi efectuado com o participante em decúbito dorsal com os joelhos flectidos a 45 graus, pés fixos no solo, mãos entrelaçadas na nuca e realizando o movimento de subir o tronco em linha recta até à posição sentada.

No entanto, um outro estudo efectuado por *Beim e col.* (1997), ao comparar o protocolo mencionado no parágrafo anterior (*SIT-UP*) com um outro semelhante, em que a subida do tronco era efectuada através do enrolamento do mesmo até à elevação das escápulas do solo (*CURL-UP*), encontrou um maior potencial de acção muscular para este último.

Também *Sarti e col.* (1996), encontraram uma maior activação do músculo *rectus abdominis* na execução do exercício de *CURL-UP*, quando comparado com o exercício de *SIT-UP*, num estudo com ênfase na porção superior deste mesmo músculo.

Num estudo de *Vaz e col. (1991)*, foi referido que o movimento de flexão da coluna vertebral a partir da posição de decúbito dorsal, não pode ser realizado sem que os músculos do quadril entrem em actividade. O mesmo autor demonstrou que apenas um exercício abdominal, de um universo de doze, não apresentava uma participação significativa do músculo *rectus femoris*. Este estudo electromiográfico evidenciou também, que o músculo *rectus femoris* apresenta uma grande participação nos exercícios abdominais em que os pés se encontram presos num aparelho ou estabilizados por um auxiliar, comparativamente com outro tipo de exercícios. Ainda neste estudo, foi referido que independentemente da fixação ou não dos pés ao solo, o exercício *Sit-up* solicita uma maior actividade do músculo *rectus abdominis* que o exercício *Curl-up*.

Ainda sobre o músculo *rectus femoris*, *Guimarães e col. (1984)* demonstraram uma maior activação do mesmo, com maiores potenciais de acção motora, em exercícios realizados em prancha abdominal.

Ainda sobre este tema, *Bankoff e Furlani (1985)*, demonstraram que nos últimos 40 graus do exercício de *SIT-UP*, não houve uma participação significativa dos músculos abdominais, presumindo-se uma maior activação dos músculos flexores do quadril no restante movimento de flexão.

Num outro estudo realizado por *Ribeiro e col. (2002)* em três exercícios abdominais (*Curl-Up*, *Sit-Up* e *Posterior Pelvic Tit*) não foram encontradas diferenças significativas no registo electromiográfico do músculo *rectus abdominis*.

Já Pezarat (...), num estudo efectuado com 40 indivíduos saudáveis do sexo feminino (idade  $22,14 \pm 2,51$  e massa  $54,2 \pm 4,11$ ) comparou o exercício de *Sit-Up* e *Curl-Up*, com e sem fixação de pernas, através de um registo electromiográfico da parte superior e inferior do músculo *rectus abdominis*, *rectus femoris*, oblíquo externo e oblíquo interno. Este estudo concluiu que o exercício de *Sit-Up* solicita uma maior actividade dos músculos abdominais que o *Curl-Up*, quer o exercício seja efectuado com ou sem fixação das pernas. No entanto, o exercício de *Sit-Up* requisita uma maior actividade do músculo *rectus femoris*, principalmente com fixação das pernas. Este estudo defende que o *Sit-Up* é o melhor exercício para treinar a força dos abdominais. No entanto, é necessário encontrar uma boa relação entre os mínimos riscos para a coluna e a força desenvolvida, especialmente nas pessoas assintomáticas, uma vez que este exercício pode exercer forças compressivas na coluna.

*Konrad (2001)*, num estudo efectuado com doze exercícios de ginástica, sugere que os exercícios de fortalecimento da musculatura abdominal com maior estabilização dos membros inferiores (*Curl-Up Hiperextended* - inclinado com pés apoiados numa superfície estável) ou do tronco (exercício de elevação dos MI em decúbito dorsal) resultam numa maior média de actividade electromiográfica (% CVM) do músculo *rectus femoris*, quando comparados a exercícios com menor estabilização dos mesmos (*Stright Curl-Up*).

Ainda *Sparling (1997)*, revelou que o exercício *Curl-Up* (flexão da coluna em enrolamento) com os pés soltos, minimiza a acção do músculo *rectus femoris*.

Um outro estudo de *Juker (1998)*, revelou que todas as formas de exercícios abdominais em prancha dorsal (*Sit-Up*) activam o músculo psoas-ilíaco mais 15 a 35% da CVM, que o exercício abdominal com enrolamento da coluna cervical e dorsal (*Curl-Up*).

Segundo um outro estudo efectuado por *Cordo (2003)*, o exercício de *Sit-Up* divide-se em quatro fases (1ª flexão do pescoço e tronco, 2ª elevação da coluna lombar, correspondente ao pico de contracção máxima e ao máximo de instabilidade postural, e 3ª e 4ª rotação pélvica). Estas fases variam qualitativamente de umas para outras, o que sugere que o papel dos músculos varie ao longo do exercício, com a variação da coordenação muscular.

*Barnas (1996)* ao estudar seis exercícios abdominais (*Curl-Up*, *Sissel ball Curl-Up*, *Ab trainer Curl-Up*, *Leg lowering*, *Sissel ball roll out* e *Reverse Curl-Up*), revelou que tanto parte superior como a inferior do músculo *rectus-abdominis* tiveram amplitudes médias mais altas durante o *Sissel ball roll out* que nos restantes exercícios.

Um outro estudo efectuado por *Vera-Garcia (2000)* demonstrou que o *Curl-Up* feito em superfície instável aumenta o trabalho abdominal, elevando a co-activação muscular e a estabilização da coluna e de todo o corpo.

*Miller (1987)* revelou que os exercícios de *Curl-Back* sem os pés presos são mais efectivos para aumentar o trabalho dos músculos oblíquo interno e do transverso do abdómen.

Por último, alguns estudos encontrados defendem que a actividade abdominal aumenta quando os pés não estão presos e quando os joelhos se encontram flectidos (*DeLuca, 1997; Lipetz, 1971; Norris, 1993; DeLarcerda, 1978*).

## CAPÍTULO II - OBJECTIVOS

### 1- OBJECTIVOS GERAIS:

Após uma análise da literatura relacionada com a área em questão, constatámos que, apesar de existirem alguns estudos científicos relacionados com a musculatura abdominal, em nenhum deles é analisada e comparada a intensidade de trabalho dos músculos abdominais na realização de exercícios com diferentes cadeias cinéticas (aberta e fechada). Trata-se de uma grande lacuna nesta área, uma vez que a grande maioria dos exercícios de fortalecimento abdominal realizados, variam essencialmente neste aspecto.

Sendo assim, e sabendo da extrema importância da força abdominal para a manutenção da correcta postura corporal, prevenção de varias lesões, realização das tarefas indispensáveis do quotidiano, e, como não poderia deixar de ser, na prática de variadíssimos desportos, pretendemos com este estudo analisar o desempenho dos músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris*, em dois protocolos que diferem na estabilização (ou não) dos membros inferiores.

Neste estudo serão igualmente comparados os valores de frequência cardíaca, percepção subjectiva de esforço e lactato sanguíneo, entre os dois protocolos anteriormente mencionados.

### 2 - OBJECTIVOS ESPECÍFICOS:

Este trabalho apresenta como objectivos específicos:

- a) Comparar, através do registo electromiográfico, a actividade neuromuscular dos músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris* na realização de dois exercícios abdominais semelhantes, sendo um dos quais em cadeia cinética aberta e o outro em cadeia cinética fechada (estabilização dos membros inferiores);
- b) Comparar os valores da frequência cardíaca, obtidos na realização dos dois protocolos de força e resistência abdominal referidos;
- c) Comparar os lactatos sanguíneos, obtidos na realização dos dois protocolos de força e resistência abdominal referidos;
- d) Comparar, através da Escala Cr10 de *Borg*, a percepção subjectiva de esforço, obtida na realização dos dois protocolos de força e resistência abdominal referidos.



## CAPÍTULO III - METODOLOGIA

### 1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi constituída por sete atletas do sexo masculino, praticantes de musculação há pelo menos três anos, com idades compreendidas entre os 23 e os 32 anos.

#### 1.1 CRITÉRIOS DE SELECÇÃO DA AMOSTRA

Para a realização do presente estudo, foram seleccionados indivíduos do sexo masculino. Esta opção deveu-se ao facto de a prática regular de musculação não ser muito comum no género feminino, ou pelo menos, não o ser no local onde foi recrutada a amostra, e, desta feita, seria pouco exequível um estudo com uma população feminina.

Escolhemos uma amostra com uma prática na modalidade referida nos últimos três anos, uma vez que esta opção permite, de certa forma, homogeneizar a amostra, tornando a sua somatotipologia semelhante.

Da mesma forma, pensamos que este critério de selecção levará ao recrutamento de indivíduos com baixo índice de gordura corporal, e, assim sendo, há uma maior proximidade entre o registo electromiográfico inerente ao estudo e a realidade, uma vez que as influências externas são atenuadas.

Relativamente à idade mínima, foi estabelecida a idade de 21 anos pois, apesar de alguma controvérsia existente na bibliografia consultada, Gallahue (2003) defende que a maturação do sistema muscular, ósseo e articular, é atingida nesta idade.

No que diz respeito à idade máxima dos participantes, foram estabelecidos os 40 anos, pois, segundo o mesmo autor, este é o período que delimita a idade adulta jovem da meia-idade.

No seguimento desta afirmação, referimos alguns estudos que, ao caracterizarem as alterações fisiológicas da função motora e neurológica, bem como a capacidade aeróbia da população da meia-idade, nos apoiaram na escolha atrás referida. Assim sendo, segundo Baylor e Spirduso (1988), esta idade aparece associada a uma diminuição da velocidade de condução nervosa, recrutamento diminuído de unidades motoras do sistema nervoso central, e também, a perda de unidades motoras inteiras, retardando o desempenho neuro-motor.

De forma idêntica, também Lexell e col., (1983b) demonstraram a associação entre o escalão etário a que nos referimos e uma diminuição do tamanho das fibras de contracção rápida, perda de unidades motoras inteiras e ocorrência de mudanças neuropáticas. Estes factores evidenciam que a perda de neurónios motores de enervação é um factor de atrofia muscular. Segundo Grimby e Saltin (1966), a população deste mesmo escalão etário apresenta uma diminuição da taxa máxima de  $VO_2$  máximo, comparada com populações mais novas.

Relativamente à massa magra, segundo Borkan e Norris (1977) ocorre uma perda progressiva da mesma ao longo da meia-idade, com um aumento correspondente de massa gorda. Também Tzankoff e Norris (1977) defendem que ocorre uma perda de 6% de massa muscular esquelética por década, a partir dos 40 anos. Já Lexell e col., (1983), sugerem que ao longo da meia-idade, ocorre uma diminuição de 25% a 35% do volume muscular dos membros superiores e inferiores, associada a um aumento de massa gorda. Em sintonia com este estudo, surge um outro, de Aniansson e col., (1980), que demonstra a associação entre a diminuição do tamanho do músculo esquelético e o declínio nas forças musculares dinâmica, isocinética e estática. Este declínio encontra-se directamente relacionado com a diminuição de *performance* muscular. Ainda sobre este tema, segundo Evans (1995), esta mesma população sofre de uma diminuição progressiva da densidade muscular, associada a um aumento de gordura intra-muscular.

## 2. EXPLICAÇÃO DO PROTOCOLO

A presente investigação decorreu no Laboratório de Biocinética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra e teve como base um protocolo relativamente extenso, cujos vários pontos serão explicados mais adiante.

Assim, após recrutada a amostra e já na presença dos voluntários, procedemos à explicação de todo o protocolo dos testes a realizar. Posteriormente a este esclarecimento, foi preenchido e assinado um formulário de consentimento, no qual o indivíduo demonstra que foi informado e se compromete a seguir todas as indicações, podendo abandonar o estudo a qualquer momento caso seja essa a sua vontade.

Antes de mais, salientamos que foi pedido aos atletas que, nos quatro dias que antecederam os testes propriamente ditos, efectuassem um registo da sua frequência cardíaca de repouso ao acordar.

Procedeu-se então à caracterização de todos os sujeitos que aceitaram participar no estudo, através do preenchimento de um questionário individual, da avaliação da composição corporal e da frequência cardíaca de repouso antes do teste. O questionário individual teve como objectivo recolher informações do atleta acerca do seu estado de saúde, hábitos de consumo alimentares e de substâncias ergogénicas, e prática de exercício físico, na modalidade musculação. A avaliação da composição corporal foi efectuada através do recurso a medidas antropométricas das variáveis somáticas: peso, altura, diâmetros (bicôndilo-umeral, bicôndilo-femural, biacromial, tóraco-transverso, tóraco-sagital e bicristal), perímetros (braquial, geminal, torácico, crural, do pulso e tornozelo) e pregas de gordura subcutânea (tricipital, subescapular, suprailíaca, crural, geminal e abdominal) (Ponto 3).

Seguidamente, foi efectuada a medição da frequência cardíaca de repouso antes do teste. Para isso, foi realizada a média de quatro medições obtidas de 15 em 15 segundos, após os participantes permanecerem totalmente imóveis, ao longo de cinco minutos, na posição de decúbito dorsal. Posteriormente, recolheu-se uma amostra de sangue em cada um dos participantes, para determinar os níveis de lactato basais.

De imediato, foi limpa e, nos casos considerados necessários, depilada, a zona pré-definida da pele onde foram colocados os eléctrodos de superfície, utilizados para o registo electromiográfico dos músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris*.

Efectuados estes procedimentos, iniciou-se o teste de Força e Resistência Abdominal segundo o protocolo do *FitnessGram*<sup>®</sup> (cadeia cinética aberta), com medição da FC dos participantes (recorrendo ao cardiófrequencímetro *S810*, da marca Polar<sup>®</sup>), de 10 em 10 segundos, e com registo do número de repetições efectuada por cada um deles.

Após a realização do teste, e findado o registo electromiográfico, foi determinado novamente o nível de lactatémia, através de uma segunda amostra de sangue, e foi solicitado aos sujeitos que avaliem a sua percepção subjectiva de esforço, através da escala Cr10 de Borg. Foi também efectuada a medição da FC, um, três e cinco minutos, após o término do teste.

Seguidamente, os participantes entraram numa fase de repouso ao longo de 45 minutos, destinado à recuperação dos níveis basais de lactatémia. Findo este tempo e caso os níveis de lactatémia atingissem um valor igual ou inferior ao obtido na primeira recolha de sangue, era realizado um segundo teste de Força e Resistência Abdominal. Este decorria com estabilização dos membros inferiores (cadeia cinética fechada), sendo

esta a única diferença entre os dois testes. À semelhança do primeiro teste, também neste (segundo) se procedeu à medição de FC, medição de lactato e questionamento sobre a percepção subjectiva de esforço, segundo a mesma ordem de procedimentos.

De referir, que todos os dados foram assinalados numa ficha de registos, assim como qualquer ocorrência anómala, sucedida antes, durante e imediatamente após o protocolo.

### **3. CARACTERIZAÇÃO ANTROPOMÉTRICA**

As medições, de uma forma geral, foram executadas com o indivíduo na posição anatómica de referência: posição vertical, com o olhar dirigido para a frente, membros superiores suspensos e paralelos ao tronco, palmas das mãos orientadas para a frente e membros inferiores unidos e em extensão. Excepção a esta posição foram as medições das pregas geminal e crural, do perímetro crural e dos diâmetros bicôndilo-umeral e bicôndilo-femural,

#### **3.1. ESTATURA:**

A estatura, ou altura total do corpo, foi medida entre o *vertex* e o plano plantar, estando a cabeça com o plano de *Frankfurt* paralelo ao solo e o corpo na posição anatómica.

Depois de colocada a régua do estadiómetro (marca SECA<sup>®</sup>, modelo 220/221, com precisão até às décimas de centímetro) fixada à parede, os participantes descalçaram-se e colocaram-se de costas para a mesma, na posição já referida anteriormente. Efectuados estes procedimentos, o observador deslocou o cursor até este tocar no *vertex* da cabeça do atleta.

Por fim, o indivíduo retirou-se da posição de medida, de modo a permitir uma observação precisa e conseqüente registo por parte do observador. Os resultados foram expressos em centímetros, com aproximação às décimas.

#### **3.2. MASSA CORPORAL:**

Os participantes descalços e com vestuário leve (“t-shirt” e calções), colocaram-se em cima da balança mecânica portátil (marca SECA<sup>®</sup>, modelo 714), na posição já

referida e imóveis. Os valores foram expressos em quilogramas (kg), com aproximação às décimas.



**Figura 10.** Balança mecânica portátil SECA®, Modelo 714.

### 3.3. PREGAS DE GORDURA SUBCUTÂNEA:

As pregas de gordura subcutânea, ou “skinfolds”, são medidas dos valores dos depósitos de gordura subcutânea, sendo geralmente utilizadas em formas de estimação antropométrica da composição corporal (*Sobral e Silva, 1998*).



**Figura 11.** Adipómetro SLIM GUIDE® (P= 10g/mm<sup>2</sup>)

Todas as pregas foram medidas no lado direito do indivíduo, estando a musculatura relaxada.

Utilizando o polegar e o indicador em forma de pinça, destacou-se com firmeza a pele e a gordura subcutânea dos outros tecidos subjacentes. De seguida, colocaram-se as pinças do adipómetro (marca SLIM GUIDE®, com pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup> e precisão até às décimas de centímetro) dois centímetros ao lado dos dedos e a uma profundidade de um centímetro. A leitura foi realizada em milímetros, dois segundos após a colocação do adipómetro.

De referir, que todas as medições foram realizadas em triplicado, alternadamente, sendo posteriormente registada a média das três medições.

- Prega de gordura tricipital: a medição da prega tricipital foi realizada verticalmente, na face posterior do braço direito, a meia distância entre os pontos *acromiale* e *radiale*;

- Prega de gordura subescapular: a prega subescapular é oblíqua, dirigida para baixo e para o exterior (formando um ângulo de 45 graus com o plano horizontal), medida imediatamente abaixo do vértice inferior da omoplata direita;
- Prega de gordura suprailíaca: a prega suprailíaca é ligeiramente oblíqua, dirigida para baixo e para dentro, medida acima da crista ilíaca e sobre a linha midaxilar;
- Prega de gordura abdominal: a prega abdominal é vertical e paralela ao eixo longitudinal do corpo. É medida 5 centímetros para a esquerda do *omphalion* (cicatriz umbilical).
- Prega de gordura crural: a prega de gordura crural é vertical, medida sobre a face anterior da coxa direita, a meia distância entre os pontos *tibiale* e *iliospinale*. O participante deverá estar sentado, com o joelho flectido a 90 graus.
- Prega de gordura geminal: a prega de gordura geminal é vertical, medida na face interna da perna direita, na zona de maior circunferência, e com o participante na posição referida no início do capítulo. O participante deverá estar sentado, com o joelho flectido a 90 graus.

### 3.4. CIRCUNFERÊNCIAS MUSCULARES

As circunferências musculares proporcionam informações sobre a totalidade das estruturas morfológicas na secção transversal do segmento (*Sobral e col., 1997*) e podem também ser denominadas de perímetros musculares.

A sua medição foi efectuada com uma fita métrica flexível, da marca HOECHSTMASS<sup>®</sup>, no lado direito do indivíduo e ao nível da maior circunferência. Os valores foram registados em centímetros, com aproximação às décimas.



**Figura 12.** Fita métrica flexível HOECHSTMASS<sup>®</sup>.

- Circunferência do pulso: circunferência medida acima do *stylion*.
- Circunferência braquial: circunferência medida com o membro superior relaxado, ao nível do ponto médio do comprimento do braço.
- Circunferência do tornozelo: circunferência medida acima dos pontos *sphyrion tibiale* e *sphyrion fibulare*.

- Circunferência geminal: circunferência medida com o indivíduo de pé, colocando o membro inferior direito sobre um plano elevado, com o joelho flectido a 90 graus.
- Circunferência crural: circunferência medida ao nível da maior circunferência da perna direita. O participante deverá estar sentado, com o joelho flectido a 90 graus;
- Circunferência torácica: circunferência medida ao nível do ponto *mesoesternale*.
- Circunferência abdominal: circunferência medida ao nível do *omphalion* (cicatriz umbilical).

### 3.5. DIÂMETROS ÓSSEOS

Para determinação dos diâmetros ósseos foi utilizado um compasso de pontas redondas e um antropómetro de pontas curvas, ambos da marca GPM<sup>®</sup>. Os valores foram registados em centímetros, com aproximação às décimas.



**Figura 13.** Compasso de pontas redondas GPM<sup>®</sup>.

- Diâmetro bicôndilo-umeral: este diâmetro é medido entre a epitroclea e o epicôndilo do úmero. O atleta coloca-se com o cotovelo flectido a 90 graus, elevado à altura do ombro e em supinação. Os ramos do compasso estão dirigidos para cima na bissetriz do ângulo recto formado a nível do cotovelo. A medida é ligeiramente oblíqua devido ao facto da epitroclea estar num plano ligeiramente inferior ao epicôndilo.
- Diâmetro bicôndilo-femural: este diâmetro é medido entre os pontos mais salientes dos condilos lateral e mediano do fémur. O atleta encontra-se sentado, com o joelho flectido a 90 graus.
- Diâmetro biacromial: diâmetro medido entre os dois pontos acromiais.
- Diâmetro bicristal: diâmetro medido entre os dois pontos mais exteriores da crista ilíaca superior.
- Diâmetro tóraco-transverso: diâmetro medido colocando as pontas das hastes na linha midaxilar, sobre a face externa da costela, ao nível do ponto *mesoesternale*.
- Diâmetro toraco-sagital: diâmetro medido no plano sagital, à altura do ponto *mesoesternale*.

## 4. TESTES DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL

### 4.1 TESTE DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL, SEGUNDO O PROTOCOLO DO *FITNESSGRAM*® - PROTOCOLO 1

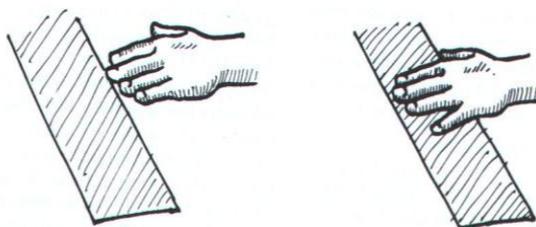


**Figura 14.** Posição inicial antes de cada repetição do Protocolo 1, com os braços em extensão junto ao corpo e pontas dos dedos na extremidade proximal da faixa de medição.

#### 4.1.1. Procedimento:

Cada participante colocou-se sobre um colchão (200x100x5cm) rígido e isolante, na posição de decúbito dorsal, com os braços em extensão e junto ao corpo. A nuca estava em contacto com o solo, tal como a face anterior (palmas) de ambas as mãos, colocadas em pronação, e também os calcanhares do participante. As suas pernas perfaziam um ângulo de 140 graus com a coxa, sendo para isso utilizado um transferidor e um goniómetro rígido previamente regulado (Figura 5).

O teste teve início com uma flexão da coluna dorsal, acompanhada por um deslizamento das mãos e antebraços ao longo dos 11,5 cm de largura de uma faixa de medição, fixada no colchão com fita-cola (Figura 6).



**Figura 15.** Trajecto realizado pelas mãos do atleta em cada repetição do protocolo efectuada. Adaptada do Manual de *FitnessGram*®.

Esta faixa, com comprimento mínimo de 75cm, foi colocada perpendicularmente ao corpo do participante, para que este, com a totalidade da coluna vertebral e com os membros superiores na posição inicial já referida, tocasse com as pontas dos dedos na sua extremidade proximal.

O movimento de flexão da coluna decorreu até que as pontas os dedos alcançassem a extremidade mais distante da mesma. (Figura 7). Seguidamente, o participante voltou à posição inicial, tocando com a cabeça no solo antes de iniciar um novo movimento.



**Figura 16.** Posição final de cada repetição do Protocolo 1 (momento em que as pontas dos dedos atingem a extremidade distal da faixa de medição).

O participante realizou o teste de forma contínua e ritmada, respeitando com rigor a cadência (vinte abdominais por minuto) imposta pelo sinal sonoro proveniente da reprodução de um *CD*, com a gravação do Teste de Força e Resistência Abdominal do *FITNESSGRAM*<sup>®</sup>.

Este movimento foi executado pelos participantes tantas vezes quantas foram possíveis, até um limite máximo de 80 repetições.

Caso o atleta não respeitasse algum dos procedimentos obrigatórios do teste, na execução de duas repetições, quer fossem elas consecutivas ou não, o teste era interrompido e anulado.

Este teste será designado por “teste 1”, ao longo do presente estudo, também lhe podendo ser atribuído o nome de “teste sem fixação dos pés” ou “teste em cadeia cinética aberta”.

## 4.2. TESTE DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL (PROTOCOLO MODIFICADO) – PROTOCOLO 2

### 4.2.1. Procedimento:

O procedimento deste teste foi muito semelhante ao protocolo do teste de Força e Resistência Abdominal, segundo o protocolo do *FITNESSGRAM*<sup>®</sup>, descrito anteriormente.



**Figura 17.** Posição inicial de cada repetição do Protocolo 2, com fixação dos pés, coluna e cabeça apoiada no solo, membros superiores em extensão e com as pontas dos dedos no início da faixa de medição.

A variação consistiu apenas na estabilização dos membros inferiores, durante a realização do mesmo. Para isso, ficou um segundo voluntário responsável pela fixação dos pés do participante, sem influenciar directamente qualquer outra superfície articular ou segmento corporal. Este segundo indivíduo ficou colocado de frente para o executante, segurando os pés deste com ambas as mãos, na zona do peito do pé (Figura 8).

Para maior conforto e estabilidade do ajudante, este apoiou os joelhos no colchão, lateralmente aos pés do atleta.

Este teste será designado por “teste 2”, ao longo do presente estudo, também lhe podendo ser atribuído o nome de “teste com fixação dos pés” ou “teste em cadeia cinética fechada”.

## 5. ELECTROMIOGRAFIA (EMG)

Para que, na execução dos dois testes anteriormente mencionados, fosse possível a análise electromiográfica dos músculos Recto-Femoral e Recto-Abdominal, foi necessário respeitar com enorme rigor, um conjunto de procedimentos, que directa ou indirectamente poderia afectar os resultados obtidos.

Assim, os procedimentos para a recolha dos dados electromiográficos (destes dois músculos) foram divididos em duas fases:

### 5.1. PREPARAÇÃO DA EMG

Para o registo electromiográfico foi utilizado um sistema MEGAWIN<sup>®</sup> da MEGAELECTRONICS<sup>®</sup>, onde foram inseridos alguns dados individuais do atleta (nome, data de nascimento, altura, peso e outros). O amplificador diferencial deste sistema apresentava uma razão de rejeição do modo comum (RRMC) (capacidade de eliminar actividades eléctricas estranhas no ambiente circundante) de 120 dB, com ruído inferior a 1  $\mu$ v, um ganho de 1000 e um filtro de 8 a 500 Hz.



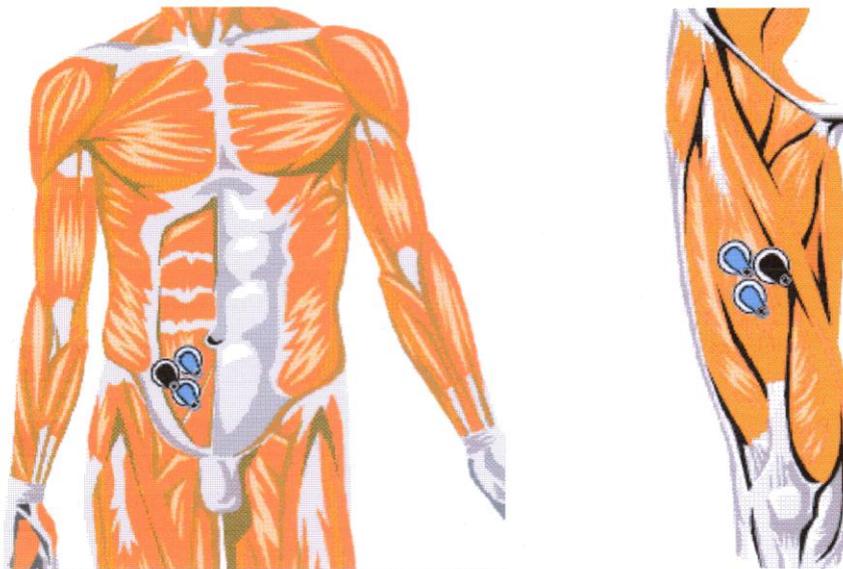
**Figura 18.** Sistema de registo electromiográfico MEGAWIN<sup>®</sup> da MEGAELECTRONICS<sup>®</sup>, com uma RRMC = 120 dB

Após realizado o registo do participante, foram seleccionados os dois canais a utilizar e os músculos cuja actividade eléctrica será registada. Seguidamente, o monitor

demonstrou uma imagem ilustrativa do local e da orientação precisos, onde deverão ser colocados os eléctrodos.

Por fim, a programação do sistema foi efectuada através da selecção das opções “Raw Online” a “1000 MHz”.

## 5.2. PREPARAÇÃO DO ATLETA (COLOCAÇÃO DOS ELÉCTRODOS)



**Figura 19.** Local de colocação dos eléctrodos de registo (cor azul) e de referência (cor preta), para o músculo *rectus abdominis* (esquerda da figura) e *rectus femoris* (direita da figura).

Primeiro, preparou-se apropriadamente a pele para colocação dos eléctrodos (descartáveis) de superfície (marca BLUE SENSOR<sup>®</sup>, modelo ECG Electrodes). Em cada um dos músculos foram colocados três eléctrodos, dois para a detecção do sinal produzido por cada músculo (uma vez que o registo é bipolar), e um terceiro eléctrodo, de referência.

A limpeza da pele foi efectuada com a utilização de algodão embebido em álcool etílico, removendo-se a oleosidade e as células mortas. Nos casos considerados necessários, foi também realizada a depilação dos indivíduos, com uma gilete descartável. Para além disso, e apesar dos eléctrodos virem preparados com um anel aderente, foi colocado um adesivo, de forma a evitar que o movimento ou mesmo o suor os descole.



**Figura 20.** Atleta com eléctrodos colocados nos devidos locais dos músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris*.

Depois, analisou-se o local onde seriam colocados os eléctrodos, tendo em atenção toda a anatomia óssea e muscular. Por fim, colocaram-se os eléctrodos no lado direito nos dois músculos estudados (como ilustrado na figura), paralelos ao sentido das fibras musculares, a fim de assegurar a monitorização de uma actividade eléctrica bastante significativa e, ao mesmo tempo, reduzir a actividade eléctrica extrínseca.

Por fim, os dois canais foram conectados com os eléctrodos anteriormente colocados, de forma que a sua colocação não perturbe a acção do participante na realização do teste.

### **5.3. PROCEDIMENTOS DURANTE O TESTE**

No preciso momento inicial do teste foi activado, em simultâneo, o aparelho de registo electromiográfico, o cardiófrequencímetro e o leitor de “CD”. O “CD” impôs a cadência sonora (estabelecida em 20 repetições por minuto), permitindo a manutenção de um movimento contínuo e ritmado.

Os sinais detectados foram transferidos em tempo real para o computador.

### **5.4. PROCEDIMENTOS APÓS O TESTE**

Cessado o teste, premiu-se o botão “stop” e os cabos foram desconectados.

Os eléctrodos apenas foram retirados após a execução do segundo teste Força e Resistência Abdominal. Este procedimento foi efectuado cuidadosamente, de forma a não provocar danos na pele do participante, e, seguidamente, foi utilizado algodão embebido em álcool para limpar a pele, retirando os vestígios de gel e da substância aderente fixados à mesma.

Posteriormente, foram imprimidos e analisados todos os resultados. Os parâmetros escolhidos para avaliação foram:

1. Raw Free (em bruto);
2. Espectro simples;
3. Raw Spectrum: averaging (aproximadamente de três em três segundos – no pico de amplitude de cada contracção efectuada para cada músculo).
4. *MPF* e *AEMG*;
5. Resultados básicos;
6. Distribuição cumulativa em curva (numérica);
7. Distribuição em histograma;

## 6. FREQUÊNCIA CARDÍACA

Para a medição da frequência cardíaca, foi escolhido o frequencímetro *S-810* da marca *POLAR*<sup>®</sup>, modelo, que tem incorporado o *software PC Coach Light*. Esta opção permite que os dados registados ao longo de todo o estudo sejam transferidos para um computador, a fim de serem mais facilmente observados e analisados.

Para detecção e transmissão da frequência cardíaca, foi colocada uma banda transmissora, marca *POLAR*<sup>®</sup>, modelo *T81-CODED* no peito, mais especificamente a nível do apêndice xifóide do esterno. Este transmissor contempla um cinto elástico, que circunda todo o volume torácico de forma a ficar totalmente ajustado à morfologia dos participantes, mantendo um relativo conforto e evitando possíveis oscilações da posição do mesmo. Os dados detectados são enviados para um receptor localizado no pulso esquerdo do sujeito.



**Figura 21.** Tecnologia utilizada para a medição da frequência cardíaca: Banda transmissora, marca POLAR®, modelo T81-CODED; cinto elástico, da marca polar, que permite ajustar a banda ao tórax do atleta; Cardiofrequencímetro, marca POLAR®, modelo 810, série S.

Este monitor de FC foi utilizado em várias etapas do presente estudo, que passaremos a descrever.

### **6.1 ANTES DA REALIZAÇÃO DOS TESTES DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL**

Antes da realização de cada um dos testes deste estudo, foi determinada a frequência cardíaca de repouso. Para isso, cada participante permaneceu totalmente imóvel, ao longo de 5 minutos, na posição de decúbito dorsal. Seguidamente, foram realizadas quatro medições de FC, intervaladas por períodos de 15 segundos. Para determinar o valor final da frequência cardíaca de repouso antes do teste, foi efectuada a média entre as quatro medições obtidas.

De salientar, que este procedimento permite a comparação entre o valor encontrado e a média dos valores de frequência cardíaca de repouso ao acordar, verificado nos quatro dias antecedentes aos testes, por cada um dos participantes.

### **6.2 DURANTE A REALIZAÇÃO DOS TESTES DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL**

No preciso momento em que o teste iniciou, foi activado o monitor de frequência cardíaca, através da pressão efectuada no “start” do receptor. De dez em dez segundos foram registadas as frequências cardíacas dos participantes e, posteriormente, foi verificada a FC máxima e média durante o teste.

### **6.3 APÓS A REALIZAÇÃO DOS TESTES DE FORÇA E RESISTÊNCIA ABDOMINAL**

Um, três e cinco minutos, após a realização de cada um dos testes, procedeu-se à verificação da FC. Após estas medições, foi pressionada a tecla “stop” e deu-se por concluído o registo de FC.

## 7. LACTATO

### 7.1. PROCEDIMENTO:

Os procedimentos para a determinação da concentração sanguínea de lactato dividiram-se em duas fases:

#### 7.1.1. Recolha da amostra de sangue

Inicialmente, e após colocadas as luvas, procedeu-se à limpeza e desinfecção do dedo polegar esquerdo do voluntário, através de um pouco de algodão embebido em álcool etílico. Posteriormente, secou-se a zona com um pouco de papel absorvente.



**Figura 22.** Lanceta descartável *UNISTICK<sup>®</sup> 2 extra*.

Entretanto, e de costas para o indivíduo, segurou-se o polegar do mesmo com a mão esquerda, orientando-o para baixo, e executou-se uma pequena picada com a lanceta descartável (marca *UNISTICK<sup>®</sup> 2 extra*). Em alguns casos, tornou-se necessária a compressão do polegar até formar uma gota.

De seguida, colocou-se o tubo capilar, com a marca *DR. LANGE<sup>®</sup>*, junto da gota de sangue e recolheu-se uma quantidade mínima de 10 µl de sangue. Depois, a ponta do capilar foi limpa com um pouco de papel e, caso o sangue fosse excedente, procedia-se à sua remoção, através de um contacto intermitente do mesmo com papel absorvente, até que se atinja o nível assinalado no capilar.

Imediatamente após a colocação da gota de sangue no capilar, e com a ajuda de uma micropipeta (marca *DR. LANGE<sup>®</sup>*) injectou-se a totalidade do sangue no tubo com a solução tampão *Lactate Enzimat* (marca *DR. LANGE<sup>®</sup>*, modelo *LKM 140*) e agitou-se o mesmo de forma a misturar ambos os componentes.

Por fim, a amostra recolhida foi analisada no mini-espectofotómetro, de marca *DR. LANGE<sup>®</sup>*, modelo *LP 20 plus*.

### 7.1.2. Análise da lactatémia

Durante o período da investigação foram realizadas análises ao lactato sanguíneo em quatro momentos distintos:

**La1:** recolha efectuada antes do primeiro protocolo de Força e Resistência Abdominal, para avaliar o lactato basal do indivíduo.

**La2:** recolha efectuada imediatamente após o final do primeiro protocolo de Força e Resistência Abdominal, para avaliar a concentração máxima de lactato sanguíneo.

**La3:** recolha efectuada antes do início do segundo protocolo de Força e Resistência Abdominal, para averiguar se o indivíduo já atingiu uma concentração igual ou inferior à do lactato basal.

**La4:** recolha efectuada imediatamente após o final do segundo protocolo de Força e Resistência Abdominal, para avaliar a concentração máxima de lactato sanguíneo.

## 8. PERCEPÇÃO SUBJECTIVA DE ESFORÇO

Para a avaliação da percepção subjectiva de esforço, foi utilizada a escala CR10 de Borg. Esta avaliação permitiu verificar qual dos protocolos utilizados provoca um maior nível de percepção de esforço e, conseqüentemente, uma maior sensação de fadiga.

Esta avaliação realizou-se imediatamente após cada um dos testes, coincidindo com o momento de recolha de sangue para determinação do nível de lactatémia.

A escala foi apresentada aos sujeitos num formato de 12cm x 13cm, letra Times New Roman, tamanho 16. Todas as instruções para o uso da escala foram fornecidas aos participantes antes da realização dos testes, e de acordo com o manual “Escala de Borg para a Dor e o Esforço Percebido” de *Gunnar Borg (2000)* (tradução brasileira).

## 9. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A análise estatística dos dados foi efectuada com a utilização do Teste T (*Paired Sample T-Test*), sendo estabelecido um intervalo de confiança de 95% (valor de significância de 0,05).



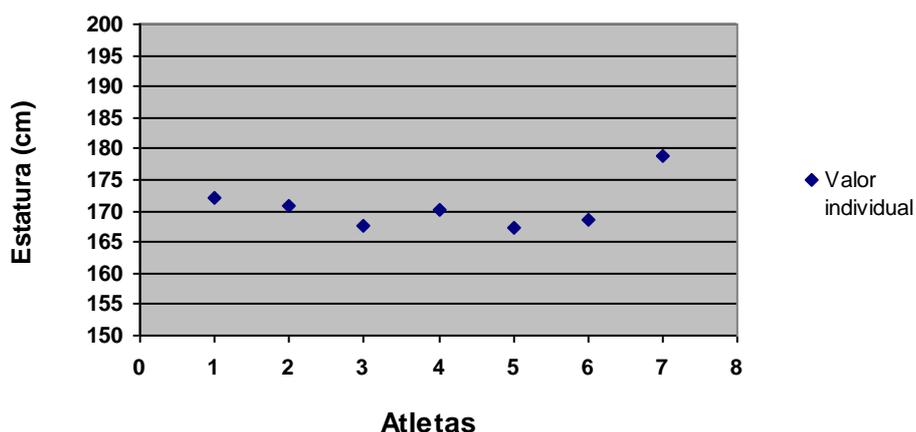
## CAPÍTULO IV - RESULTADOS

### 1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra que permitiu a realização deste estudo foi constituída por sete atletas do sexo masculino, praticantes de musculação há pelo menos três anos na Secção de Fisioculturismo da Associação Académica de Coimbra, e com idades compreendidas entre os 23 e os 32 anos, sendo a média de idades de  $27,1 \pm 3,4$  anos.

Nenhum dos atletas apresentava problemas de saúde nem hábitos tabágicos. Relativamente aos hábitos de prática de exercício físico na modalidade musculação, os mesmos apresentaram uma frequência média de  $5,3 \pm 1,5$  dias por semana.

Os atletas apresentaram uma estatura bastante semelhante, sendo a média de  $170,1 \pm 4$  cm, com os valores a variarem entre 167,4 cm e 178,9 cm (Gráfico 1).

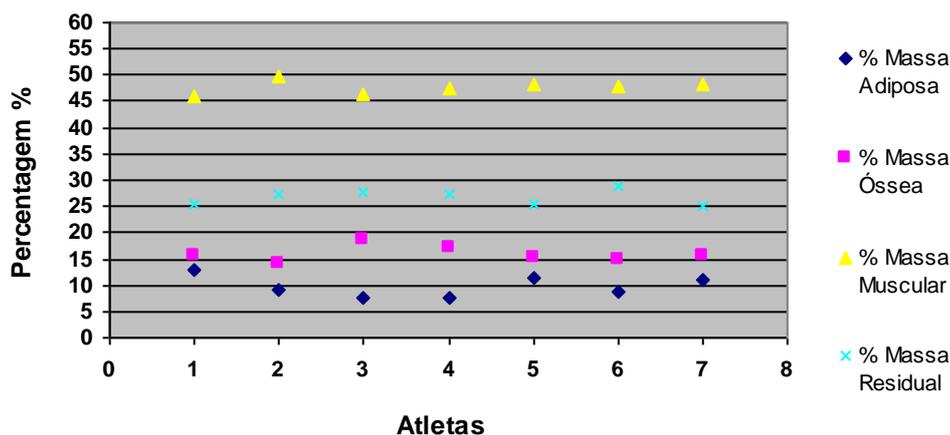


**Gráfico 1:** Estatura (cm) de cada um dos atletas em estudo, medida entre o *vertex* e o plano plantar. Verifica-se uma homogeneidade na amostra (atleta mais baixo tinha 167,4 cm e o atleta mais alto 178,9 cm).

A massa corporal média dos participantes foi de  $81,61 \pm 11,56$  kg.

Respectivamente ao índice de massa corporal (IMC), o valor médio apresentado pelos atletas foi de  $28 \pm 4,4$ ; que, segundo *Bray (1992)*, corresponde a um excesso de peso.

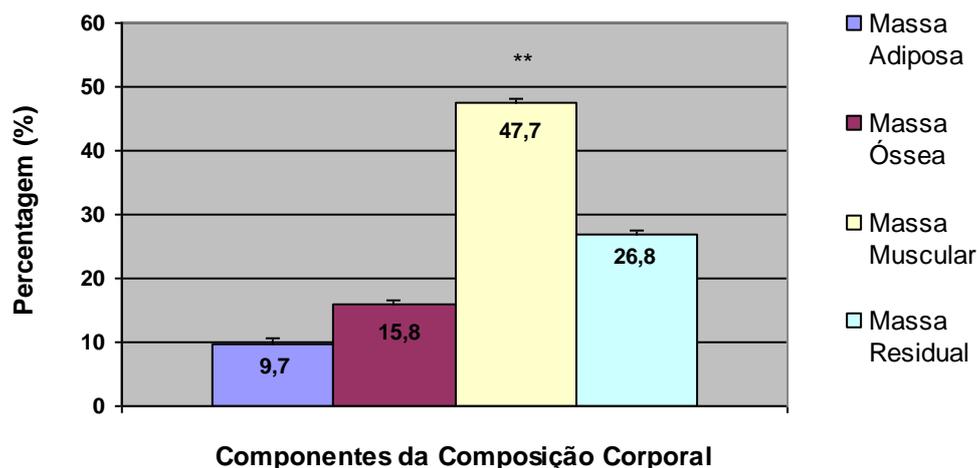
Podemos igualmente constatar, que os atletas que constituem a nossa amostra apresentam valores bastante aproximados em cada um das componentes da composição corporal (Gráfico 2).



**Gráfico 2:** Percentagem das diferentes componentes de composição corporal (massa adiposa, muscular, óssea e residual) em cada atleta estudado, calculada através do modelo multicompartmental, pelo método de fraccionação da massa corporal de Ross e Wilson (1974). Verificamos uma percentagem predominante de massa muscular, que ronda os 50%.

Mais especificamente e de uma forma global, a nossa amostra apresenta uma média de  $9,7 \pm 2$  % de massa gorda,  $15,8 \pm 1,5$  % de massa óssea,  $47,7 \pm 1,2$  % de massa muscular e  $26,8 \pm 1,4$  % de massa residual. Como podemos verificar, a massa muscular dos atletas representa uma parte muito significativa da sua composição corporal total, e apresenta diferenças altamente significativas, quando comparada com as restantes componentes da composição corporal (Gráfico 3).

Também é bastante visível um baixo valor nos desvios padrões, o que demonstra a grande homogeneização da amostra.



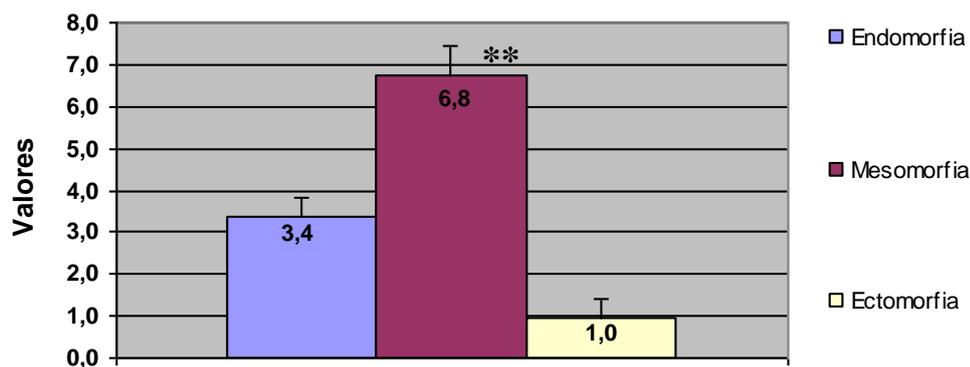
**Gráfico 3.** Percentagem média de cada componente da composição corporal (massa adiposa, muscular, óssea e residual) nos participantes em estudo. Determinada através do modelo multicompartmental, pelo método de fraccionação da massa corporal de Ross e Wilson (1974). O erro padrão correspondente a valor assinalado está representado por uma barra vertical. (\*\*  $p < 0.01$  do mesomorfismo em relação às outras componentes).

A nossa amostra apresentou uma média de  $11,1 \pm 3,6$  mm nas pregas de gordura (subescapular, tricipital, suprailíaca, abdominal, crural e geminal) medidas. Já no que diz respeito aos diâmetros e circunferências, estes apresentam uma média de  $23,9 \pm 1,7$  cm e  $46,4 \pm 3,9$  cm, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4:** Dados antropométricos médios (pregas, diâmetros e circunferências) dos atletas estudados, e respectivos desvios padrões de cada parâmetro mencionado. (n= número de atletas).

<b>Caracterização da Amostra (n= 7)</b>		<b>Média <math>\pm</math> Desvio Padrão</b>
Pregas (mm)	Subescapular	$14,4 \pm 4,4$
	Tricipital	$6,9 \pm 2,6$
	Suprailíaca	$12 \pm 5,2$
	Abdominal	$14,8 \pm 4,8$
	Crural	$11,7 \pm 6$
	Geminal	$7 \pm 2,9$
Diâmetros (cm)	Bicôndilo-humeral	$6,8 \pm 0,2$
	Bicôndilo-femural	$9,6 \pm 0,3$
	Bi-acromial	$40,5 \pm 1,7$
	Bi-cristal	$30 \pm 4,7$
	Toraco-transverso	$33 \pm 2,4$
	Toraco-sagital	$23,7 \pm 3,9$
Circunferências (cm)	Pulso	$18 \pm 0,6$
	Braquial Máx	$40,1 \pm 5,3$
	Braquial Relax	$36,8 \pm 4,6$
	Tornozelo	$23,1 \pm 1,4$
	Geminal	$39,3 \pm 2,6$
	Crural	$59,4 \pm 6,3$
	Torácica	$108,4 \pm 8,4$

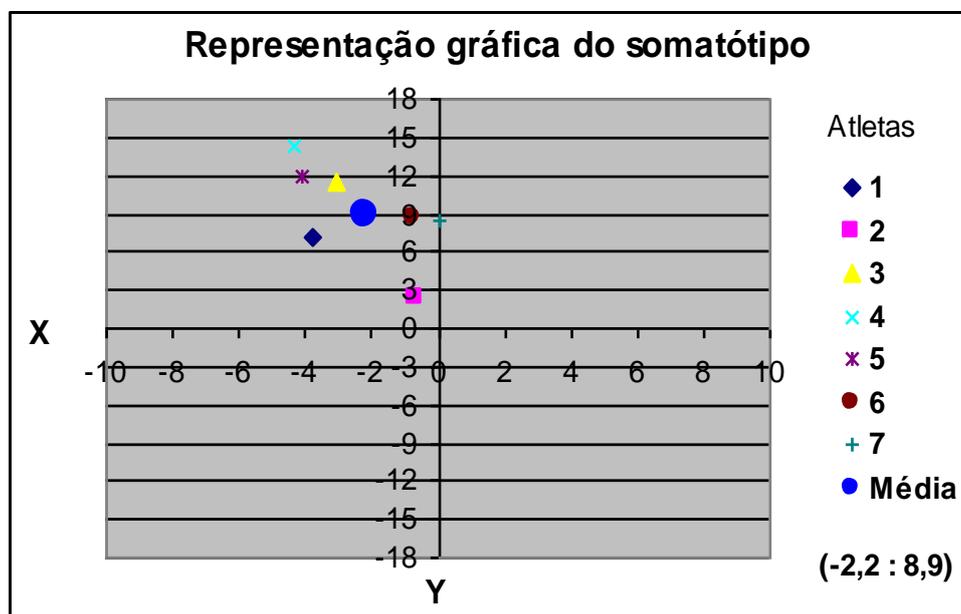
O resultado médio do somatótipo dos sujeitos constituintes da amostra, calculado através do método *Heath-Carter (1970)*, foi de para  $3,4 \pm 0,4$  para o endomorfismo,  $6,8 \pm 0,7$  para o mesomorfismo e  $1,0 \pm 0,4$  para o ectomorfismo. O valor da componente mesomorfa apresenta uma diferença estatisticamente significativa em relação às demais componentes. Este somatótipo, segundo o triângulo de *Reuleux*, é classificado como endo-mesomorfo com ectopénia (Gráfico 4).



### Componentes do Somatótipo

**Gráfico 4.** Valores médios das componentes primárias (endomorfismo, mesomorfismo e ectomorfismo) do somatótipo dos atletas, segundo o método de *Heath-Carter (1970)*, e respectivos erros padrões, assinalados por uma linha vertical. Classificação do somatótipo da amostra (3,4; 6,8; 1) de endo-mesomorfo com ectopénia. Existem diferenças altamente significativas (\*\* $p < 0,01$ ) do mesomorfismo em relação às restantes componentes da somatotipologia.

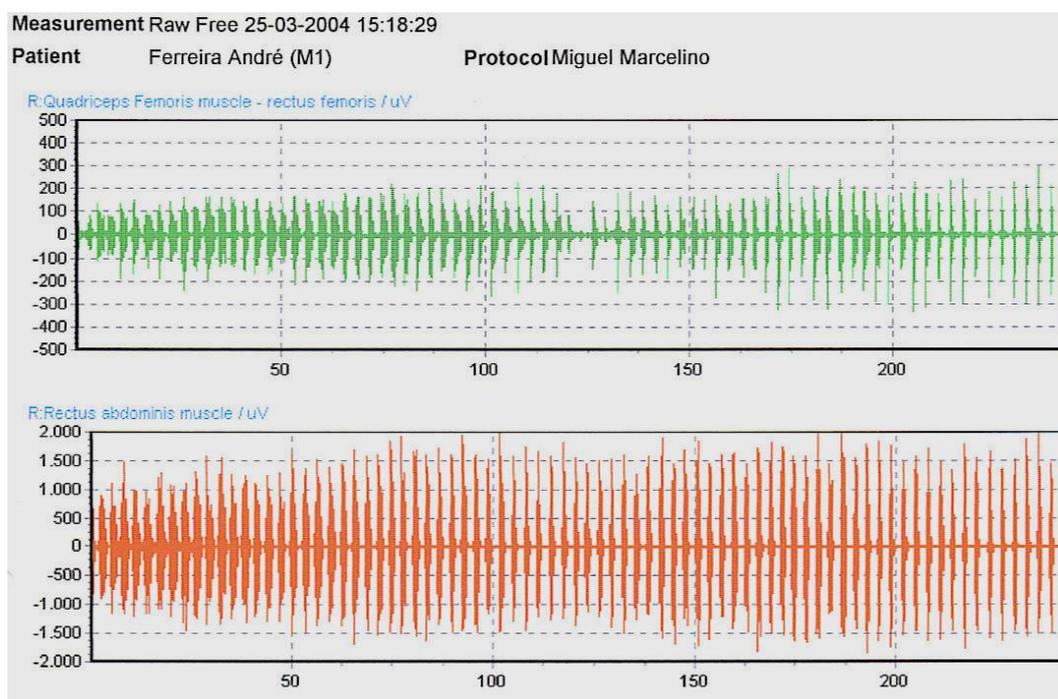
Todos os valores do somatótipo dos atletas estão localizados no quadrante superior esquerdo do gráfico 5 (imediatamente abaixo), o que, segundo ao Triângulo de *Reuleux*, reforça a prevalência do mesomorfismo, ou seja, do elevado grau de desenvolvimento músculo-esquelético.



**Gráfico 5.** Representação gráfica do somatótipo de cada atleta, construída a partir do triângulo de *Reuleux* (triângulo imaginário, com o seu centro no ponto  $x=0$  e  $y=0$ ; o vértice superior corresponde à componente mesomorfismo, vértice inferior esquerdo ao endomorfismo e vértice inferior direito ao ectomorfismo). A média dos valores apresentados encontra-se assinalada com uma bola azul (-2,2; 8,9). Os valores das abcissas e das ordenadas foi calculado através das fórmulas:  $X = III - I$  e  $Y = 2II - (I + III)$ , em que I, II e III correspondem aos valores de endomorfismo, mesomorfismo e ectomorfismo, respectivamente.

### 3. ELECTROMIOGRAFIA

Os dados electromiográficos recolhidos ao longo dos protocolos 1 e 2, permitiram-nos constatar que os resultados gerais de cada um dos músculos estudados diferem em alguns dos parâmetros analisados. De forma a estabelecer uma sequência lógica e facilmente interpretável destes resultados, começamos por mencionar os valores de amplitude corrigida em função das repetições do movimento, para os músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris*, passando posteriormente a uma descrição dos valores individuais destes mesmos músculos, separadamente.

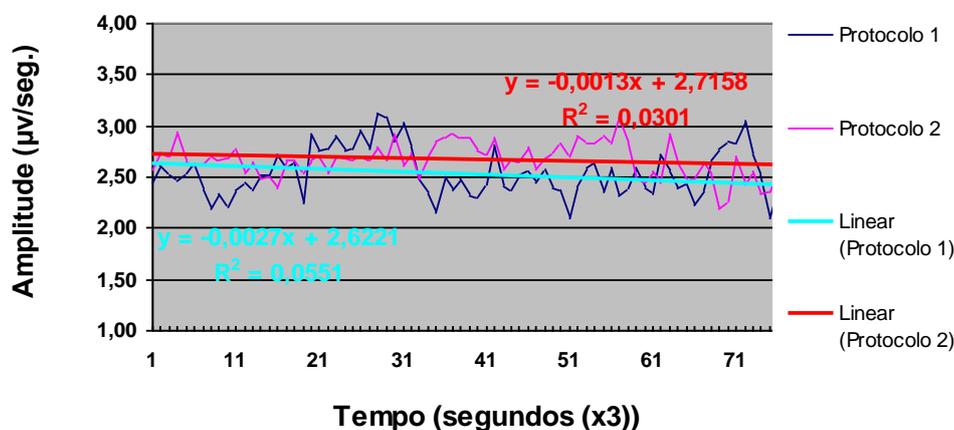


**Gráfico 6.** Exemplo de um registo electromiográfico (espectro de frequências), dos músculos *Rectus abdominis* e *Rectus femoris*, ao longo do protocolo 1 (sem fixação dos pés).

Esta descrição incluirá, por esta ordem, a comparação entre os valores médios de *Averaged EMG (AEMG)* de cada protocolo, a comparação entre o valor médio de *AEMG* obtido das primeiras repetições e o valor médio de *AEMG* das últimas repetições de cada um dos protocolos, a comparação entre os valores médios de *Mean Power Frequency (MPF)* de cada protocolo, e a comparação entre o valor médio de *MPF* obtido das primeiras repetições e o valor médio de *MPF* das últimas repetições de cada um dos protocolos.

Para completar estes dados, será feita uma referência final ao trabalho total ( $\mu\text{v}$ ) exercido pelos músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris* em cada um dos protocolos, bem como à percentagem de trabalho de cada músculo em cada um dos protocolos.

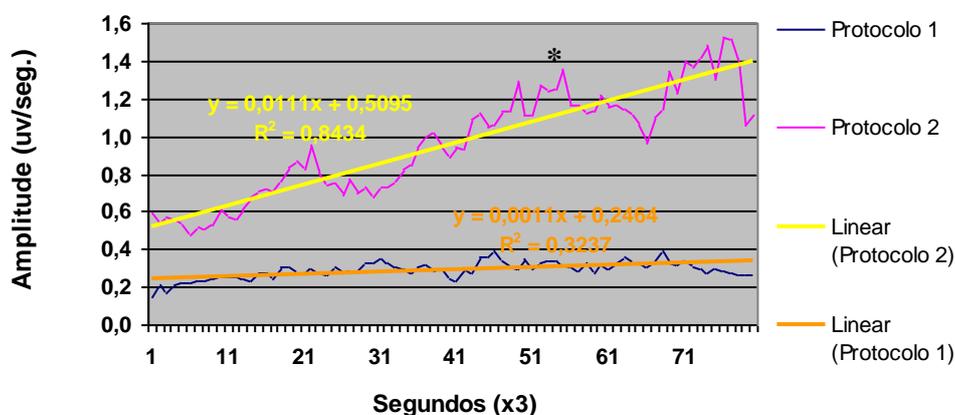
Desta forma, os valores médios de amplitude corrigida em função das repetições do movimento (medida no pico de cada contração), obtidos em cada um dos protocolos, relativamente ao músculo *rectus abdominis*, são semelhantes e revelam uma tendência para decrescer ao longo do tempo (gráfico 7).



**Gráfico 7.** Registo dos valores de amplitude ( $\mu\text{v/seg.}$ ) verificadas no pico de cada contração do músculo *rectus abdominis*, no decorrer dos protocolos 1 (sem pés fixos) e 2 (com pés fixos). O conjunto de valores de cada protocolo é acompanhado por uma linha de tendência e a sua respectiva fórmula.

Para o músculo *rectus femoris* os resultados neste parâmetro são bastante diferentes. Assim, encontrámos diferenças estatisticamente significativas entre os valores médios de amplitude corrigida em função das repetições do movimento (medida no pico de cada contração), obtidos em cada um dos protocolos.

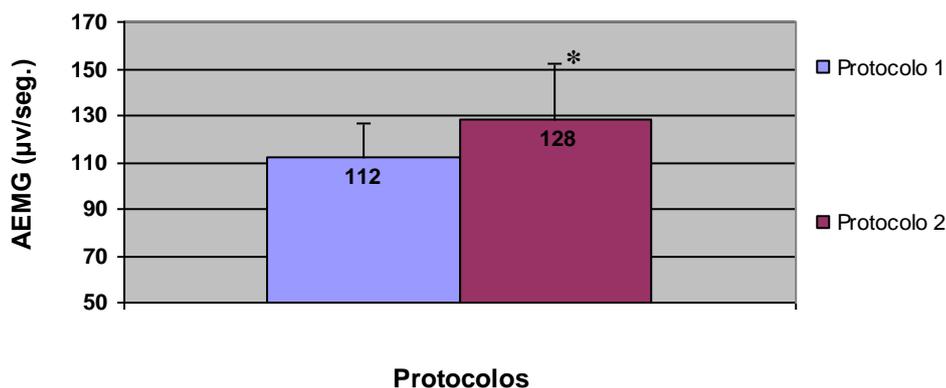
Para além da grande discrepância de valores, a tendência dos mesmos também é bastante diferente. Enquanto que no primeiro protocolo os resultados da amplitude tendem a manter-se constantes, no segundo protocolo esses valores tendem a aumentar bastante no decorrer do mesmo, de uma forma progressiva (Gráfico 8).



**Gráfico 8.** Registo dos valores de amplitude ( $\mu\text{v/seg.}$ ) verificadas no pico de cada contração do músculo *rectus femoris*, no decorrer dos protocolos 1 (sem pés fixos) e 2 (com pés fixos). O conjunto de valores de cada protocolo é acompanhado por uma linha de tendência e a sua respectiva fórmula. (\*  $p < 0,05$  do protocolo 2 em relação ao protocolo 1).

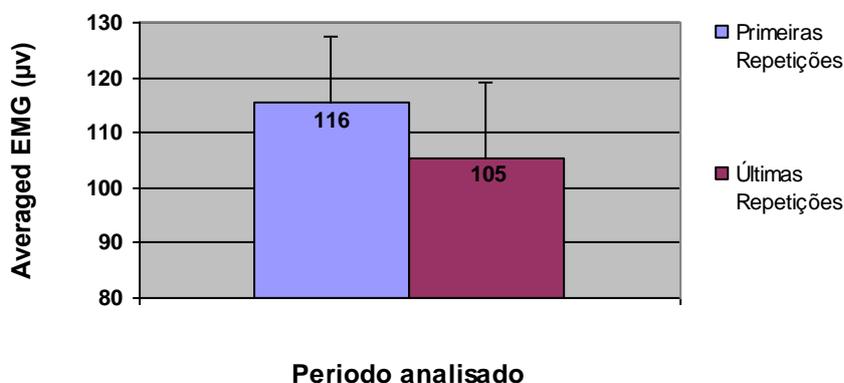
Tal como foi referido anteriormente, passaremos agora à análise individual do músculo *rectus abdominis*.

Comparando a média de valores de *Averaged EMG (AEMG)* (representa a intensidade de activação do músculo em unidades motoras mobilizadas) entre o protocolo 1 (sem pés fixos) e o protocolo 2 (com pés fixos), verificámos que não existem diferenças significativas entre os mesmos. A amplitude média do primeiro foi de  $112,14 \pm 14,38 \mu\text{v}/\text{seg}$  e a amplitude média do segundo de  $128,14 \pm 24,24 \mu\text{v}/\text{seg}$ .



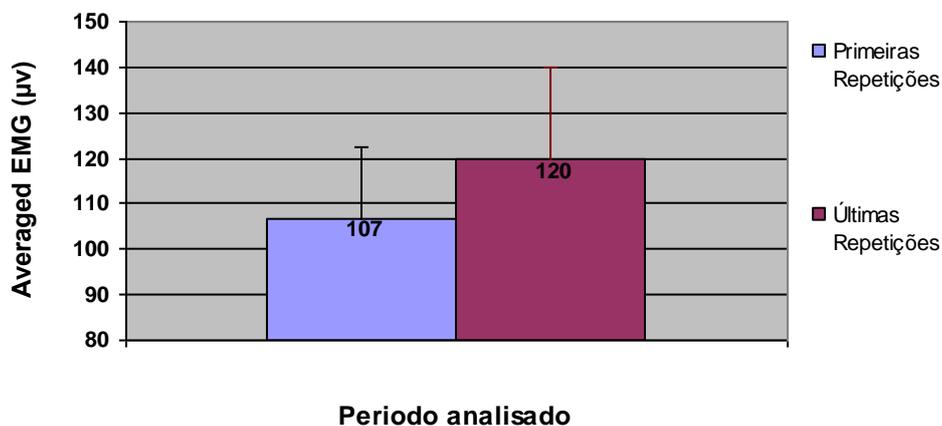
**Gráfico 9.** Comparação dos valores médios de *AEMG* ( $\mu\text{v}/\text{seg.}$ ) do músculo *rectus abdominis*, obtidos nos atletas nos protocolos 1 (sem fixação dos pés) e 2 (com fixação dos pés). As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores. (\*  $p < 0.05$  do protocolo 2 em relação ao protocolo 1).

Ao compararmos o valor médio de *Averaged EMG*, da segunda, terceira e quarta repetições a contar do início do protocolo 1 (sem fixação dos pés), com a segunda, terceira e quarta repetições a contar do seu fim (intervalo aproximado de nove segundos para ambos os casos), constatámos que não existem diferenças significativas entre os mesmos. Apesar disso, denotámos um decréscimo dos valores obtidos nas últimas repetições, comparativamente às primeiras.



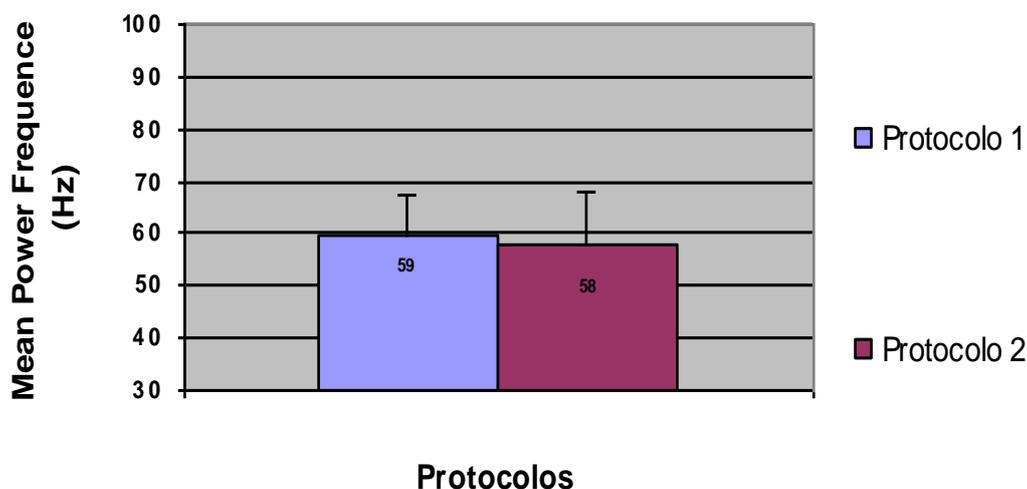
**Gráfico 10.** Comparação entre o valor médio de *Averaged EMG* da 2ª, 3ª e 4ª repetições iniciais com o valor médio da 2ª, 3ª e 4ª repetições a contar do fim, relativamente ao Protocolo 1 (sem fixação dos pés) e para o músculo *rectus abdominis*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

Ao efectuarmos esta mesma comparação (média de *Averaged EMG* entre as repetições iniciais e as finais) (no protocolo 2 (com fixação de pés), verificámos que também não existem diferenças significativas entre os valores encontrados. No entanto, contrariamente ao Protocolo 1, neste caso denotámos uma tendência para o aumento do valor médio de *Averaged EMG* nas últimas repetições, comparativamente às primeiras.



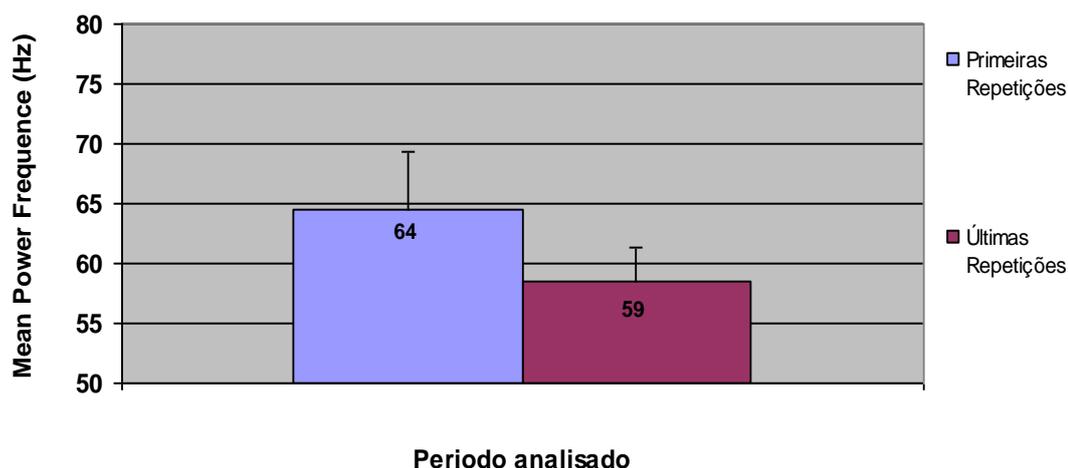
**Gráfico 11.** Comparação entre o valor médio de *Averaged EMG* da 2ª, 3ª e 4ª repetições iniciais com o valor médio da 2ª, 3ª e 4ª repetições a contar do fim, relativamente ao Protocolo 2 (com fixação dos pés) e para o músculo *rectus abdominis*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

Quanto à média de valores de *Mean Power Frequency (MPF)* obtidos nos dois protocolos analisados, verificámos que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os mesmos. Para o primeiro protocolo o valor médio encontrado foi de  $59,43 \pm 3,29$  Hz, e, no segundo protocolo, este valor foi de  $58,14 \pm 4,12$  Hz. Desta forma fica explícita a aproximação dos valores, relativamente à frequência de estimulação das unidades motoras.



**Gráfico 12.** Valor médio do *Mean Power Frequency* (Hz) do músculo *rectus abdominis* nos protocolos 1 (sem fixação dos pés) e 2 (com fixação dos pés). As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

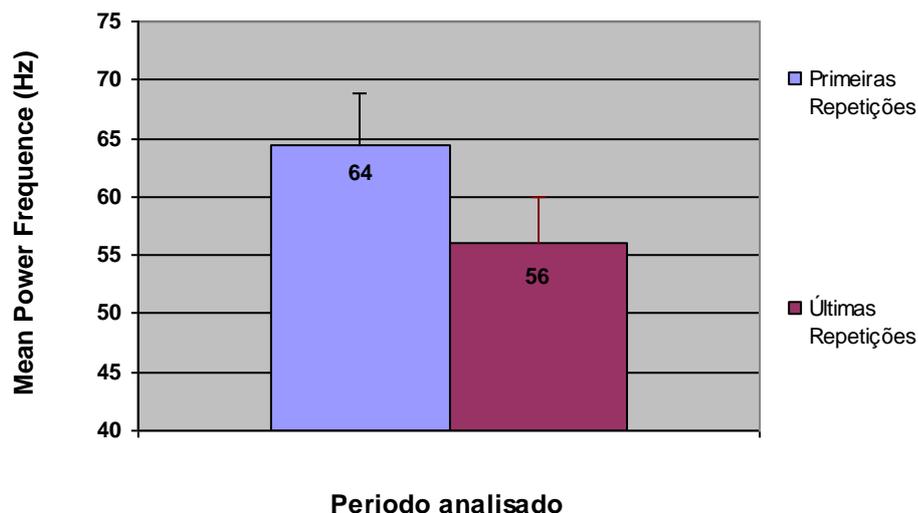
Relativamente à comparação do valor médio de *Mean Power Frequency* obtido na segunda, terceira e quarta repetições a contar do início do protocolo 1 (sem fixação dos pés), com o valor obtido na segunda, terceira e quarta repetições a contar do fim do mesmo (intervalo aproximado de nove segundos para ambos os casos), constatámos que não existem diferenças significativas entre os mesmos. Apesar disso, denotámos um decréscimo dos valores obtidos nas últimas repetições, comparativamente às primeiras.



**Gráfico 13.** Comparação entre o valor médio de *Mean Power Frequency* da 2ª, 3ª e 4ª repetições iniciais com o valor médio da 2ª, 3ª e 4ª repetições a contar do fim, relativamente ao Protocolo 1 (sem fixação dos pés) e para o músculo *rectus abdominis*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

Ao efectuarmos esta mesma comparação (média de *Mean Power Frequency* entre as repetições iniciais e as finais) no protocolo 2 (com fixação de pés), verificámos que também não existem diferenças significativas entre os valores encontrados.

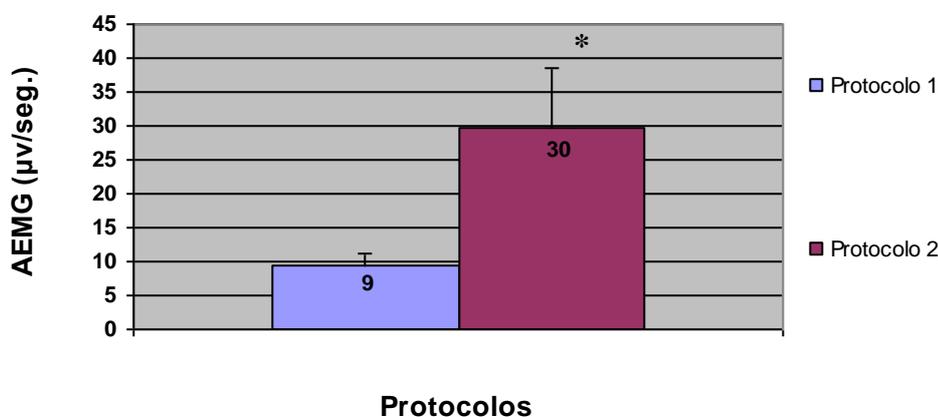
Também a tendência dos valores obtidos foi semelhante à encontrada para o Protocolo 1 (sem fixação dos pés), ou seja, houve um decréscimo no *MPF* médio das últimas repetições comparativamente às primeiras.



**Figura 23** Comparação entre o valor médio de *Mean Power Frequency* da 2ª, 3ª e 4ª repetições iniciais com o valor médio da 2ª, 3ª e 4ª repetições a contar do fim, relativamente ao Protocolo 2 (com fixação dos pés) e para o músculo *rectus abdominis*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

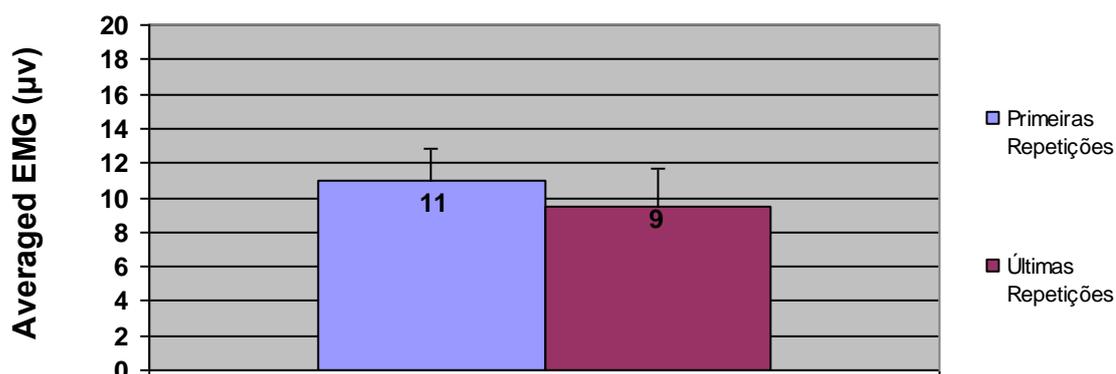
Concluída a descrição de resultados obtidos relativamente ao músculo *rectus abdominis*, procederemos, seguidamente, a uma situação análoga para o músculo *rectus femoris*.

Comparando a média de valores de *Averaged EMG (AEMG)* entre o protocolo 1 (sem pés fixos) e o protocolo 2 (com pés fixos) para o músculo *rectus femoris*, verificámos que existem diferenças significativas entre os mesmos. O protocolo 1 apresenta um valor médio de *AEMG* de  $9,43 \pm 1,86 \mu\text{v}$ , enquanto que no protocolo 2 o valor médio de *AEMG* é  $29,57 \pm 8,89 \mu\text{v}$ . Desta forma, o recrutamento de unidades motoras do músculo *rectus femoris* foi superior na realização do protocolo 2, com fixação dos pés ao solo.



**Gráfico 14.** Comparação dos valores médios de *AEMG* ( $\mu\text{v}/\text{seg.}$ ) do músculo *rectus femoris*, obtidos nos atletas nos protocolos 1 (sem fixação dos pés) e 2 (com fixação dos pés). As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores. (\*  $p < 0.05$  do protocolo 2 em relação ao protocolo 1).

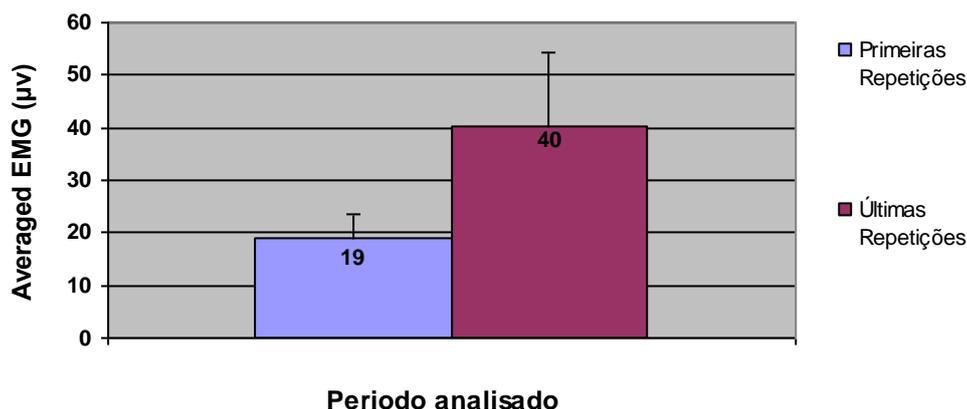
Ao compararmos o valor médio obtido na segunda, terceira e quarta repetições a contar do início do protocolo 1 (sem fixação dos pés), com a segunda, terceira e quarta repetições a contar do fim do mesmo (intervalo aproximado de nove segundos para ambos os casos), respectivamente ao *Averaged EMG*, constatámos que não foram encontradas diferenças significativas entre as mesmas. De facto, estes valores foram extremamente aproximados, sendo de  $11 \pm 2,2 \mu\text{v}$  para as primeiras repetições e de  $9 \pm 1,8 \mu\text{v}$  para as últimas.



#### Período analisado

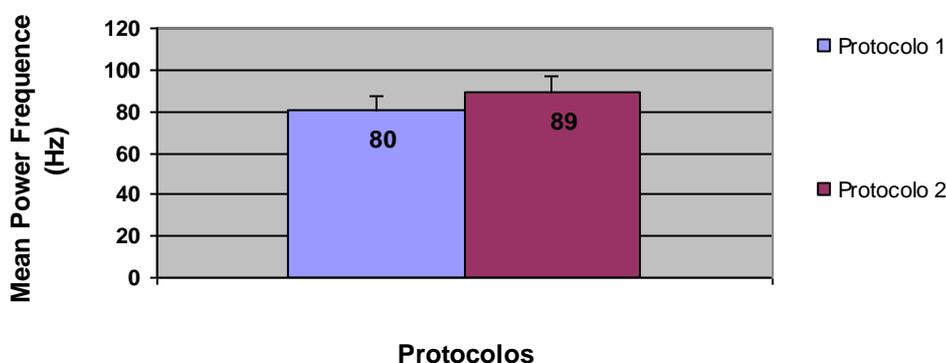
**Gráfico 15.** Comparação entre o valor médio de *Averaged* da 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> repetições iniciais com o valor médio da 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> repetições a contar do fim, relativamente ao Protocolo 1 (sem fixação dos pés) e para o músculo *rectus femoris*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

Ao efectuarmos esta mesma comparação (média de *Averaged EMG* entre as repetições iniciais e as finais) (no protocolo 2 (com fixação de pés), verificámos que também não existem diferenças significativas entre os valores encontrados. No entanto, contrariamente ao Protocolo 1, neste caso denotámos uma tendência para o aumento do valor médio de *Averaged EMG* nas últimas repetições, comparativamente às primeiras.



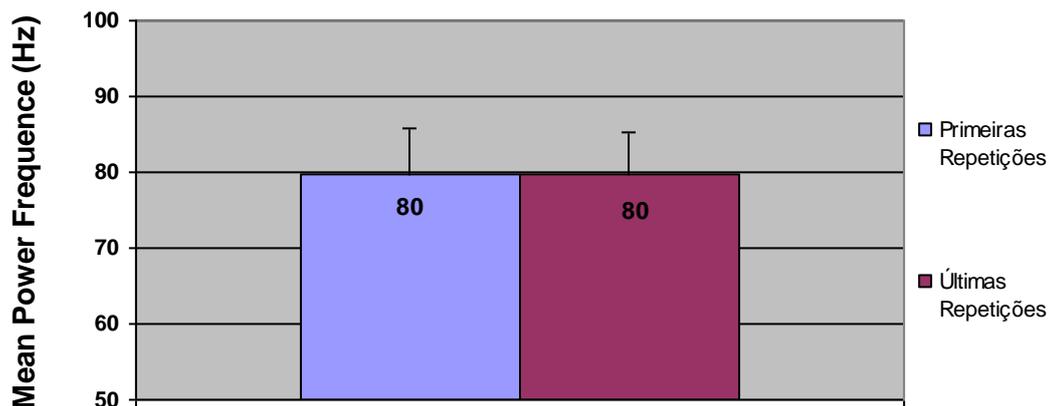
**Gráfico 16.** Comparação entre o valor médio de *Averaged EMG* da 2ª, 3ª e 4ª repetições iniciais com o valor médio da 2ª, 3ª e 4ª repetições a contar do fim, relativamente Protocolo 2 (com fixação de pés) e para o músculo *rectus femoris*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

Relativamente ao valor médio de *MPF*, verificámos que existem diferenças estatisticamente significativas entre o primeiro ( $80,43 \pm 6,59$  Hz) e o segundo protocolo ( $89,43 \pm 7,85$  Hz). Desta forma, a velocidade de condução nervosa no músculo *rectus femoris* foi mais elevada na realização do protocolo 2 (com fixação dos pés) do que no protocolo 1 (sem fixação dos pés).



**Gráfico 17.** Valor médio do *Mean Power Frequency* (Hz) do músculo *rectus femoris* nos protocolos 1 (sem fixação dos pés) e 2 (com fixação dos pés). As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

Relativamente à comparação do valor médio de *Mean Power Frequency* obtido na segunda, terceira e quarta repetições a contar do início do protocolo 1 (sem fixação dos pés), com o valor obtido na segunda, terceira e quarta repetições a contar do seu fim desse mesmo protocolo (intervalo aproximado de nove segundos para ambos os casos), constatámos que não existem diferenças significativas entre os mesmos. De facto esses valores coincidiram (80Hz), apenas variando nos erros padrão que lhes estão associados (6,1 e 5,3 Hz para as primeiras e segundas repetições, respectivamente).

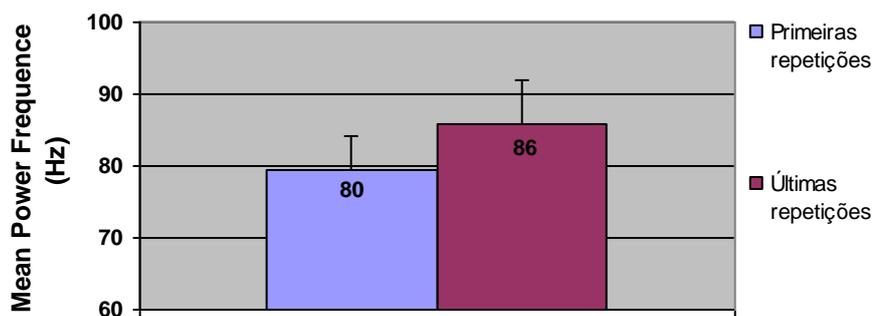


### Período analisado

**Gráfico 18.** Comparação entre o valor médio de *Mean Power Frequency* da 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> repetições iniciais com o valor médio da 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> repetições a contar do fim, relativamente ao Protocolo 1 (sem fixação dos pés) e para o músculo *rectus femoris*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

Ao efectuarmos esta mesma comparação (média de *Mean Power Frequency* entre as repetições iniciais e as finais) no protocolo 2 (com fixação de pés), verificámos que também não existem diferenças significativas entre os valores encontrados.

No entanto, contrariamente ao Protocolo 1, neste caso denotámos uma tendência para o aumento do valor médio de *Mean Power Frequency* nas últimas repetições, comparativamente às primeiras.

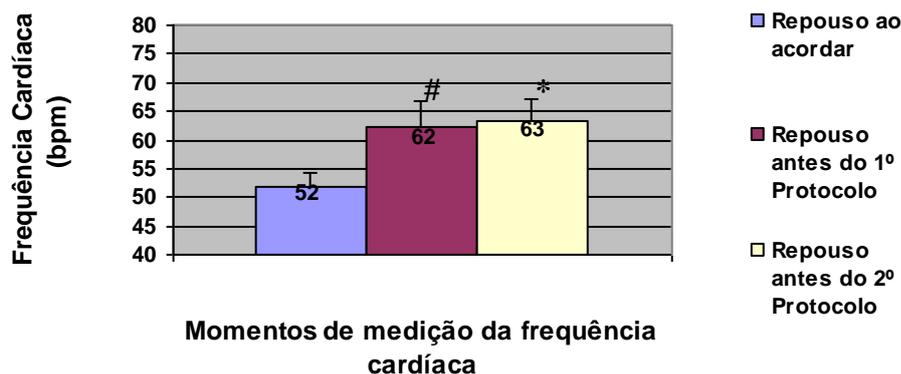


### Período analisado

**Gráfico 19.** Comparação entre o valor médio de *Mean Power Frequency* da 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> repetições iniciais com o valor médio da 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> repetições a contar do fim, relativamente Protocolo 2 (com fixação de pés) e para o músculo *rectus femoris*. As linhas verticais assinalam o erro padrão verificado para cada conjunto de valores.

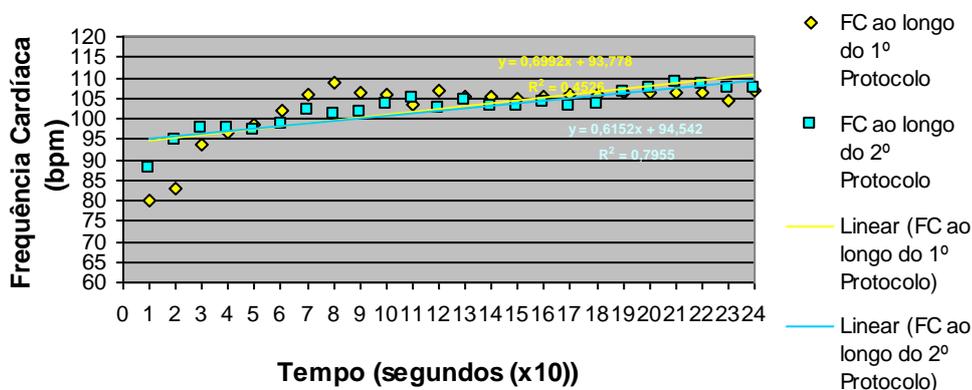
### 3. FREQUÊNCIA CARDÍACA (FC)

Os participantes apresentaram uma frequência cardíaca (FC) média de repouso ao acordar de  $52 \pm 2$  bpm. Este valor apresenta diferenças estatisticamente significativas relativamente aos valores médios de frequência cardíaca de repouso, obtidos imediatamente antes de cada um dos protocolos, que correspondem a  $62 \pm 4$  bpm e  $63 \pm 4$  bpm, para o primeiro e segundo, respectivamente.



**Gráfico 20.** Comparação dos resultados médios obtidos na Frequência Cardíaca de Repouso (bpm) dos atletas (ao acordar, antes do 1º protocolo e antes do 2º protocolo) e respectivos erros padrões assinalados por linhas verticais. (\*  $p < 0.05$  dos valores de repouso antes do 1º protocolo em relação com o valor ao acordar; #  $p < 0.05$  dos valores de repouso antes do 2º protocolo em relação com o valor ao acordar).

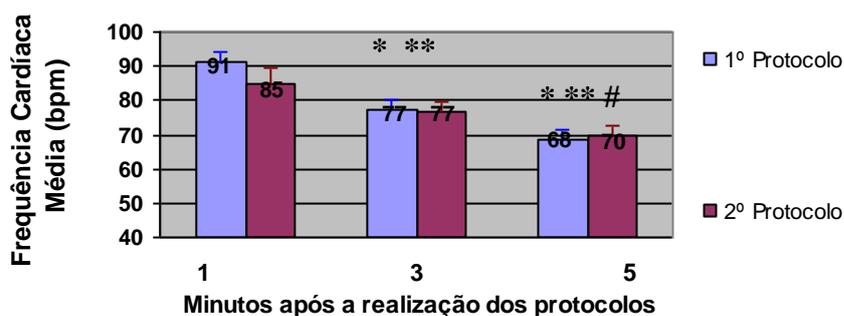
No que diz respeito à FC no decorrer dos testes que realizámos, os resultados são semelhantes ao longo de todo o espectro de tempo registado. No entanto, deve-se salientar que a média de FC mais elevada para o primeiro protocolo, ocorreu aos 80 segundos, enquanto que para o segundo protocolo esse registo máximo ocorreu aos três minutos e quarenta segundos ou seja, perto do final deste mesmo teste. Esta diferença é estatisticamente significativa.



**Gráfico 21.** Comparação dos valores médios de frequência cardíaca obtidos no decorrer dos protocolos 1 e 2. O primeiro valor médio de frequência cardíaca apresentado para cada um dos protocolos, corresponde aos 10 segundos após o início dos mesmos. Em todos os protocolos a medição da FC foi efectuada de 10 em 10 segundos. Os valores de erro padrão para cada valor médio de FC mencionado estão representados por linhas verticais.

Relativamente à FC após a realização dos testes, pudémos constatar os valores encontrados nos dois protocolos são semelhantes, para os mesmos intervalos de tempo.

Assim, um, três e cinco minutos após a realização do primeiro protocolo, os participantes apresentaram uma FC média de  $91 \pm 7$  bpm,  $77 \pm 8$  bpm e  $68 \pm 8$  bpm, respectivamente. Para o segundo protocolo, a FC média registada para esses mesmos períodos de tempo foi de  $85 \pm 10$  bpm,  $77 \pm 7$  bpm e  $70 \pm 8$  bpm, respectivamente.

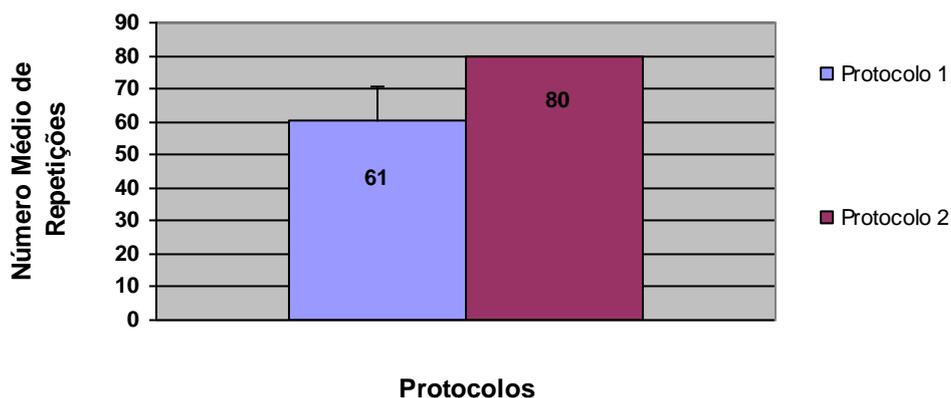


**Gráfico 22.** Valores de frequência cardíaca média dos atletas 1', 3' e 5' após a realização dos protocolos 1 (sem fixação dos pés) e 2 (com fixação dos pés). As linhas verticais assinalam o erro padrão correspondente a cada valor apresentado. (\*  $p < 0.01$  dos valores correspondentes a 3 e 5 minutos em relação ao valor do minuto 1, no protocolo 1; \*\*  $p < 0.01$  dos valores correspondentes a 3 e 5 minutos em relação ao valor do minuto 1, no protocolo 2; #  $p < 0.01$  do valores correspondente a 5 minutos em relação ao valor do minuto 3, no protocolo 1 e 2).

#### 4. NÚMERO DE REPETIÇÕES EFECTUADAS

Os participantes realizaram uma média de  $61 \pm 25$  repetições para o Teste de Força e Resistência Abdominal em cadeia cinética aberta (Protocolo 1), enquanto que para o teste idêntico em cadeia cinética fechada, todos os participantes conseguiram terminar o protocolo na sua totalidade, efectuando por isso 80 repetições. No entanto, estes valores não apresentam diferenças estatisticamente significativas.

De salientar que foram três os indivíduos não conseguiram completar o primeiro protocolo.



**Gráfico 23.** Comparação entre o número médio de repetições efectuadas pelos atletas no protocolo 1 (sem fixação dos pés) e 2 (com fixação dos pés). O erro padrão está assinalado pela barra vertical (apenas no caso do primeiro protocolo, uma vez que no segundo não há erro padrão).

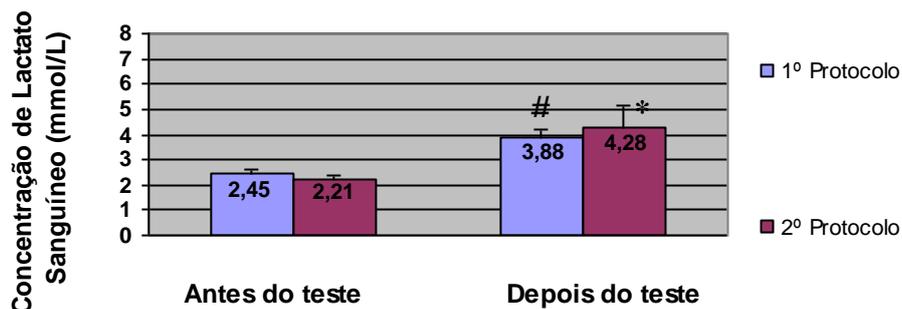
## 5. NÍVEL DE LACTATO SANGUÍNEO

Os participantes apresentaram um nível médio de lactato sanguíneo de  $2,45 \pm 0,43$  mmol/L imediatamente antes do primeiro teste e de  $2,21 \pm 0,43$  mmol/L imediatamente antes do segundo teste. Assim sendo, constatámos que o valor de lactato inicial foi mais baixo para o segundo protocolo.

Após a realização do primeiro teste de força e resitência abdominal, o valor médio de lactato sanguíneo foi  $3,88 \pm 0,71$  mmol/L e após a realização do segundo teste o valor médio foi de  $4,28 \pm 2,10$  mmol/L. Desta forma, os participantes, em média, apresentaram um maior nível de lactato sanguíneo após a realização deste mesmo protocolo, quando comparado com o primeiro.

No entanto, estes valores não apresentam diferenças estatisticamente significativas.

O mesmo já não podemos dizer quando comparamos os resultados obtidos no final dos protocolos com os resultados de lactato basais. No caso do protocolo 1 existem diferenças altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre os valores iniciais e finais de lactato e, no protocolo 2, encontramos igualmente diferenças, apesar de não tão significativas (0,024).

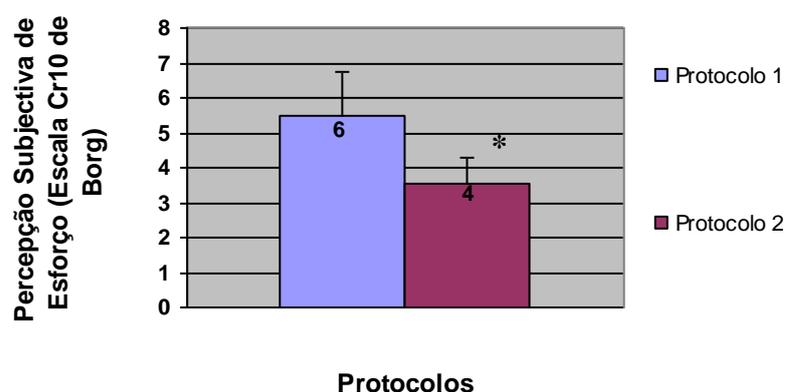


**Gráfico 24.** Concentração média de lactatos sanguíneos apresentados pelos atletas imediatamente antes e depois de cada um dos protocolos efectuados. O erro padrão correspondente a cada valor apresentado encontra-se assinalado por uma linha vertical. (\*  $p < 0.05$  do valor antes do protocolo 2 em relação ao valor ao valor depois do protocolo 2; #  $p < 0.01$  do valor antes do protocolo 1 em relação ao valor ao valor depois do protocolo 1).

## 6. PERCEÇÃO SUBJECTIVA DE ESFORÇO

Relativamente à percepção subjectiva de esforço dos atletas após o término de cada um dos protocolos, pudemos verificar que existe uma diferença estatisticamente significativa entre os resultados obtidos. Os participantes tiveram, em média, uma percepção subjectiva de esforço de  $6 \pm 1,23$  para o primeiro protocolo e de  $4 \pm 0,74$  para o segundo protocolo, segundo a Escala Cr10 de Borg.

Desta forma e segundo a opinião dos atletas, o segundo protocolo caracteriza-se por um menor índice de esforço.



**Gráfico 25.** Valores médios da percepção subjectiva de esforço dos atletas, segundo a Escala Cr10 de Borg, após a realização de cada um dos protocolos. O erro padrão correspondente a cada valor apresentado encontra-se assinalado por uma barra vertical. (\*  $p < 0.05$  do valor do protocolo 2 em relação ao valor do protocolo 1).



## CAPÍTULO V - DISCUSSÃO

Iniciámos este trabalho com a clara intenção de analisar a actividade neuromuscular dos músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris* na execução de dois exercícios abdominais, que diferem apenas no tipo de cadeia cinética em que o movimento decorre.

Para a realização desta análise, foram estabelecidos dois protocolos, ambos com a duração máxima de quatro minutos, um sem estabilização dos membros inferiores (de acordo com o protocolo do *FitnessGram*®) e o outro com os pés fixos no solo. Ambos os protocolos decorreram em decúbito dorsal, com um angulação do joelho de 140 graus, e com a velocidade de execução determinada pela cadência sonora do *FitnessGram*®. Em cada um dos testes, os músculos *rectus abdominis* e *rectus femoris* foram monitorizados com um sistema de electromiografia de superfície (*ME3000* da *Mega Win*®), e foi analisada a concentração de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e percepção subjectiva de esforço.

Desta forma e após a exposição dos resultados, passaremos à discussão dos mesmos, recorrendo, sempre que se torne pertinente, a referências de outros estudos que enriqueçam e prestem eventuais esclarecimentos sobre o nosso trabalho.

Verificámos que a nossa amostra apresentava diferenças estatisticamente significativas entre a percentagem média de massa muscular ( $47,7 \pm 1,2$  %) e as restantes componentes da composição corporal ( $9,7 \pm 2$  % de massa gorda,  $15,8 \pm 1,5$  % de massa óssea e  $26,8 \pm 1,4$  % de massa residual). De qualquer das formas, a nossa discussão recairá essencialmente nos resultados obtidos na massa muscular e massa adiposa, influenciadores directos do registo electromiografico, uma vez que julgamos que a pertinência das outras componentes para o nosso estudo é secundária.

Antes de mais, pensamos ser útil dizer que, num estudo realizado com atletas espanhóis de culturismo (semelhante à nossa modalidade), foi encontrada uma percentagem de gordura corporal variável entre 4 e 13 % (*Varela e Montero, 1996*), o que vai de encontro ao valor ( $9,7 \pm 2$  %) encontrado no nosso estudo. Salientamos igualmente que a gordura corporal, geralmente associada a várias doenças cardiovasculares entre outras (neste caso falamos do seu excesso), se classifica como

excelente para a nossa amostra, segundo a hierarquia de valores da gordura corporal estabelecida por *Jackson e Pollock (1980)*.

Desta forma, consideramos os resultados obtidos normais, uma vez que a prática regular da modalidade musculação (a nossa amostra apresenta uma frequência média semanal  $5,3 \pm 1,5$  dias de treino por semana) contribui para uma diminuição significativa da massa adiposa (*Martin, 1996*) e permite um aumento significativo de massa muscular (*Martin, 1996; Santos, 2002*). Também outros estudos revelam que a prática regular de exercício físico provoca diminuições significativas na massa adiposa (*Ballor e Keeseey, 1991; Epsein e Wing, 1980*).

Similarmente, *Åstrand e Rodahl (1986)* demonstraram que atletas altamente treinados na modalidade de musculação apresentam uma alta relação entre a massa corporal magra e massa adiposa.

Na continuação do anteriormente mencionado, algumas adaptações ao treino sistemático de força a nível neuromuscular, são um aumento no recrutamento de unidades motoras e maior sincronização das mesmas. Esta melhoria na eficácia dos elementos neuronais conduz a um aumento no tamanho e número de miofibrilhas, com hipertrofia do músculo esquelético (*Hakkinen e Komi, 1983; Åstrand e Rodahl, 1986*), facilmente visível na nossa amostra.

Passando para a análise dos resultados obtidos no somatótipo dos atletas e sabendo que, tal como para o cálculo das diferentes componentes de composição corporal, também este recorre às medições antropométricas (pregas, diâmetros e circunferências), era de esperar que os valores encontrados para estes dois parâmetros estivessem em consonância.

Assim, o resultado médio do somatótipo dos nossos atletas, calculado através do método *Heath-Carter (1970)*, foi de para  $3,4 \pm 0,4$  para o endomorfismo,  $6,8 \pm 0,7$  para o mesomorfismo e  $1,0 \pm 0,4$  para o ectomorfismo. Desta forma, constatámos diferenças estatisticamente significativas entre a mesomorfia (componente que quantifica o grau de desenvolvimento músculo-esquelético) e os restantes componentes (ectomorfismo e endomorfismo), o que vai totalmente de encontro ao parágrafo anterior.

Apesar de todos os factos mencionados anteriormente, quando calculámos o índice de massa corporal para classificar os atletas do nosso estudo relativamente à obesidade, deparamos com alguns aspectos discordantes. Assim, o valor médio encontrado na nossa amostra foi de  $28 \pm 4,4$ , que corresponde a um excesso de peso ou

obesidade grau I, conforme se trate das normas para classificação do IMC segundo *Bray (1992)* ou segundo *Garrow e Webster (1985)*, respectivamente.

Desta forma, julgamos que este não será o meio mais indicado para avaliar a gordura ou obesidade de um atleta. Pensamos que este facto se deve à grande percentagem de massa muscular dos atletas, caracterizada por uma elevada densidade (grande quantidade de água), maximizar o valor real da classificação de obesidade.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas em nenhum dos músculos estudados (*rectus abdominis* e *rectus femoris*), relativamente aos valores médios de *Averaged EMG* e de *Mean Power Frequency*, entre as primeiras e as últimas repetições efectuadas no protocolo 1 (sem fixação de pés), constatámos alguns aspectos curiosos.

Assim, do início para o fim do primeiro protocolo, denotámos uma ligeira tendência para uma diminuição nos valores de *Averaged EMG* e de *Mean Power Frequency* no músculo *rectus abdominis* e para uma manutenção desses mesmos valores no músculo *rectus femoris*, que, quanto a nós, sugere que o protocolo decorreu sem grande exigência física e que poderia ter sido prolongado por mais tempo.

Apesar de também não termos encontrado diferenças significativas em nenhum dos músculos estudados (*rectus abdominis* e *rectus femoris*), relativamente aos valores médios de *Averaged EMG* e de *Mean Power Frequency*, entre as primeiras e as últimas repetições efectuadas no protocolo 2 (com fixação de pés), neste caso verificámos uma situação particularmente interessante. Pensamos que o aumento dos valores de *Averaged EMG* e a diminuição dos valores de *Mean Power Frequency*, do início para o fim do teste, relativamente ao músculo *rectus abdominis*, sugere uma possível situação de fadiga (*Bigland, 1954; Miyashita, 1981; Modod, 1965; Potvin, 1993; Wittekopf, 1975*).

Outro aspecto que reforça esta nossa opinião é o facto de os músculos com predominância de fibras de contracção lenta apresentarem um período mais prolongado para demonstrar a fadiga através da electromiografia (*Woods e Bigland-Ritchie, 1978*). Desta forma, sabendo que os músculos abdominais são dos principais músculos posturais do corpo humano (*Wilmore e Costil, 2001; Gray, 1995; Kapandji, 1990; Zatsiorsky, 1999*) e sabendo igualmente que os grandes músculos posturais possuem mais fibras de contracção lenta (*Seeley e col., 1997*), podemos sugerir que o estado real de fadiga do músculo *rectus abdominis* poderá ter sido omitido na electromiografia.

Esta análise ao músculo *rectus abdominis* (relativamente aos valores médios de *Averaged EMG* e de *Mean Power Frequency*, entre as primeiras e as últimas repetições efectuadas no protocolo 2) poderá, em parte, justificar os resultados obtidos no músculo *rectus femoris* neste mesmo protocolo. De forma mais específica, a tendência verificada para um aumento nos valores de *AEMG* e de *MPF*, no músculo *rectus femoris*, do início para o fim do segundo protocolo, poderá ter resultado de um mecanismo de compensação do corpo humano face à potencial situação de fadiga do músculo *rectus abdominis*. Tal como referiu *Denadai (1999)*, o corpo humano apresenta mecanismos de compensação mecânicos e fisiológicos, na tentativa de uma maior economia de energia, seja metabolicamente ou no deslocamento dos seus segmentos. Desta forma, pretendemos deixar explícito que são vários os factores (idade, sexo, massa corporal, frequência cardíaca, tipo de fibra muscular e tipo de treino, entre outros) que influenciam esta economia de movimento, e que podem, por vezes, ser correlacionados com o recrutamento das fibras musculares e influenciar preponderantemente o registo electromiográfico.

No que diz respeito aos valores médios de *Averaged EMG* e de *Mean Power Frequency* obtidos para o músculo *rectus abdominis*, pensamos que o facto do número de unidades motoras activadas bem como a velocidade de condução nervosa não apresentarem diferenças estatisticamente significativas entre os dois protocolos, sugere que os atletas poderiam, em ambos os casos, ter continuado o exercício. De igual forma, pensamos não haverá vantagens claras de nenhum dos protocolos sobre o outro, em relação à activação neuromuscular e ganhos daí advenientes para o músculo *rectus abdominis*. No entanto, dado que o valor médio de *Averaged EMG* apresenta uma ligeira tendência para ser mais elevada (maior número de unidades motoras recrutadas) no segundo protocolo (com fixação de pés), pensamos ser correcto dizer que, na presença de incertezas, optamos pela opção que aparentemente poderá causar uma maior eficiência de trabalho neuromuscular (de salientar que apenas nos estamos a referir à fisiologia muscular e não a possíveis malefícios ou benefícios para a integridade osteo-articular dos praticantes).

Os resultados (ausência de diferenças significativas entre os protocolos) por nós encontrados para o músculo *rectus abdominis* são idênticos aos obtidos por *Hildenbrand (2004)*, num estudo efectuado com 10 homens (idades =  $23,4 \pm 3,9$  anos) e 13 mulheres (idades =  $20,8 \pm 2,6$  anos), saudáveis e praticantes de actividade física

moderada, ao não encontrar diferenças significativas entre a realização de um exercício tradicional (semelhante ao realizado no protocolo 1 do nosso estudo) e a realização de três outros exercícios abdominais (ABslide, FitBall e Ab Roller), relativamente à actividade da parte superior e inferior do músculo *rectus-abdominis*. De salientar que dois destes três exercícios estudados, envolviam uma estabilização parcial dos pés.

No entanto, outros estudos encontrados revelam resultados contraditórios com os nossos, dado que defendem que a actividade abdominal aumenta quando os pés não estão presos e quando os joelhos se encontram flectidos (*DeLuca, 1997; Lipetz, 1971; Norris, 1993; DeLarcerda, 1978*).

No que diz respeito aos valores médios de *Averaged EMG* e de *Mean Power Frequency* obtidos, no nosso trabalho, para o músculo *rectus femoris*, pensamos que o facto do número de unidades motoras activadas bem como a velocidade de condução nervosa apresentarem um aumento estatisticamente significativo no protocolo 2 (com fixação dos pés) comparativamente ao 1 (sem fixação dos pés), sugere que o exercício efectuado com fixação dos pés exige uma maior activação neuromuscular do músculo a que nos referimos (*rectus femoris*).

Também *Hildenbrand (2004)*, num estudo efectuado com 10 homens (idades = 23,4±3,9 anos) e 13 mulheres (idades = 20,8±2,6 anos), saudáveis e praticantes de actividade física moderada, encontrou diferenças significativas na actividade eléctrica do músculo *rectus femoris*, quanto à *AEMG*, entre dois exercícios com maior estabilização dos membros inferiores relativamente a outros dois exercícios sem a dita estabilização.

De igual forma, *Konrad (2001)*, num estudo efectuado com doze exercícios de ginástica, sugere que os exercícios de fortalecimento da musculatura abdominal com maior estabilização dos membros inferiores (*Curl-Up Hiperextended* - inclinado com pés apoiados numa superfície estável) ou do tronco (exercício de elevação dos MI em decúbito dorsal) resultam numa maior média de actividade electromiográfica (% CVM) do músculo *rectus femoris*, quando comparados a exercícios com menor estabilização dos mesmos (*Stright Curl-Up*).

Ainda *Sparling (1997)*, revelou que o exercício *Curl-Up* (flexão da coluna em enrolamento) com os pés soltos, minimiza a acção do músculo *rectus femoris*.

Quanto à frequência cardíaca média de repouso ao acordar da nossa amostra, consideramos que o valor encontrado ( $52 \pm 2$  bpm) revela uma adaptação fisiológica ao treino de força. De facto, este treino quando realizado de forma regular, provoca um aumento do volume ventricular esquerdo, com alguns aumentos na espessura das paredes posterior do septo (*Ehsani e col. 1991*), que, por sua vez, está associado a uma menor frequência cardíaca de repouso (*Rowell, 1986*).

Estes valores (frequência cardíaca de repouso ao acordar) obtidos pela nossa amostra, surgem em consonância com os resultados encontrados em outros estudos, onde era comparada a frequência cardíaca de repouso, o volume de ejeção cardíaca e o débito cardíaco, entre adultos-jovens não treinados e atletas treinados. Como dados principais, salientamos que o valor médio de frequência cardíaca de repouso encontrado para a população não treinada correspondia a 72 batimentos por minuto, enquanto que para a população treinada correspondia a 50 batimentos por minuto (*Åstrand e Rodahl, 1986; Fox, 1993*).

No que diz respeito às diferenças significativas encontradas entre os valores de frequência cardíaca de repouso obtidos ao acordar e aqueles obtidos imediatamente antes dos testes, pensamos que este facto é absolutamente normal. Uma das razões em que nos baseamos para justificar esta afirmação, prende-se com o facto de todos os testes terem sido realizados após as 16 horas, ou seja, após um dia de trabalho dos nossos atletas. Desta forma, sabendo que a frequência cardíaca apresenta variações ao longo do dia e sabendo igualmente que a mesma se eleva após qualquer esforço considerável, com inúmeros factores que condicionam a sua velocidade de recuperação (*Mcardle, 1998*), facilmente compreendemos estes resultados.

Consideramos que a aproximação da média de batimentos por minuto, verificada entre os dois protocolos de exercícios abdominais ( $101 \pm 11$  bpm para o primeiro protocolo e  $102 \pm 9$  bpm para o segundo protocolo), indica um semelhante grau de exigência cardiovascular entre os mesmos. No entanto, segundo a classificação de intensidade de actividades físicas estabelecida por *Kesaniemi e col. (2001)* e com base na percentagem de frequência cardíaca máxima calculada para a nossa amostra, segundo a fórmula de *Karvonen (García Manso, Navarro e Ruiz Caballero, 1996)*, o esforço exercido nos dois protocolos (entre 50 e 55% da frequência cardíaca máxima) classifica-se como fácil. Desta forma, este exercício é predominantemente aeróbio (*Bravo, 1998*), e não melhora a capacidade máxima de produzir ATP aerobicamente (*Mcardle, 1991*).

Mais à frente, na abordagem aos resultados de lactato sanguíneo, estes aspectos serão novamente discutidos.

Um dado estranho respectivamente à frequência cardíaca média de cada um dos testes, diz respeito ao momento em que foi atingido o seu valor máximo. Julgamos que o facto de no primeiro teste este valor ter sido atingido aos 80 segundos poderá ser justificada pela desistência de três dos participantes nos momentos imediatos a este momento. Mais especificamente, dado que os valores de frequência cardíaca máximos de cada atleta foram atingidos na parte final dos testes que realizavam, e que os três atletas mencionados anteriormente desistiram do teste entre aos 83, 95 e 126 segundos, respectivamente, facilmente se compreendem estes resultados.

Quanto à frequência cardíaca verificada um, três e cinco minutos após o término dos testes, consideramos normal a recuperação efectuada, bem como a ausência de disparidades entre os dois protocolos, uma vez que os valores ao longo dos mesmos sempre foram bastante aproximados.

Relativamente à diferença encontrada no número de repetições médias efectuadas ( $61 \pm 25$  repetições para o primeiro protocolo e 80 repetições para o segundo protocolo) entre os dois exercícios abdominais estudados, pensamos que a mesma se deve ao facto de três atletas terem desistido prematuramente do teste sem fixação dos pés (protocolo 1), enquanto que para o segundo teste todos os atletas realizaram o máximo de repetições previstas (80).

Tal como já tinha sido referido na discussão dos resultados de frequência cardíaca, ambos os exercícios abdominais são predominantemente aeróbios. Este facto, para além de comprovado pela percentagem de frequência cardíaca máxima em que os exercícios decorreram, torna-se bastante visível nos níveis de lactato sanguíneo encontrados imediatamente após o fim de cada um dos testes ( $3,88 \pm 0,71$  mmol/L após o primeiro teste e  $4,28 \pm 2,10$  mmol/L após o segundo teste). Como complemento desta informação, pensamos ser pertinente referir que, classicamente, considera-se o valor de concentração de lactato igual a 4 mmol/L como o limiar anaeróbio (Wilmore e Costill, 2001). No entanto, existem atletas que podem apresentar um limiar aeróbio de 4,5 mmol/L.

Embora os valores finais de lactato sanguíneo serem consideravelmente baixos (Wilmore e Costill, 2001) em ambos os dois protocolos, foram verificadas diferenças

significativas quando estes foram comparados com os valores de lactato sanguíneo basal, facto este que evidencia o empreendimento de algum esforço.

Apesar de não haver diferenças significativas nos indicadores fisiológicos analisados (frequência cardíaca e lactato sanguíneo), entre os dois exercícios abdominais que nos propusemos estudar, o mesmo não acontece para a percepção subjectiva de esforço. Pensamos que os resultados obtidos para este parâmetro foram superiores no exercício sem estabilização dos pés, uma vez que o trabalho realizado ao longo deste exercício era suportado principalmente pelo músculo *rectus abdominis*, actuando assim de forma mais isolada. Já para o outro exercício (com fixação dos pés), a contribuição do músculo *rectus femoris* foi mais elevada, ficando o trabalho mais dividido entre os músculos analisados, o que resultou na menor percepção subjectiva de esforço.

## CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados obtidos, estes permitem-nos sugerir que para esta amostra e com este desenho experimental:

- a) A actividade neuromuscular do músculo *rectus abdominis* não apresenta diferenças estatisticamente significativas entre o teste de força e resistência abdominal sem fixação dos pés e o teste de força e resistência abdominal com fixação dos pés ao solo, relativamente à velocidade de condução do potencial de acção (*Mean Power Frequency*) e ao número de unidades motoras recrutadas (*Averaged EMG*).
- b) A actividade neuromuscular do músculo *rectus femoris* apresenta uma aumento estatisticamente significativo no número de unidades motoras mobilizadas (*Averaged EMG*) e na velocidade de condução do potencial de acção (*Mean Power Frequency*) no teste de força e resistência abdominal com fixação dos pés ao solo, comparativamente com o teste de força e resistência abdominal realizado sem fixação dos pés.
- c) Não houve diferenças estatisticamente significativas entre o teste de força e resistência abdominal sem fixação dos pés e o teste de força e resistência abdominal com fixação dos pés ao solo, relativamente à frequência cardíaca medida durante, e um, três e cinco minutos após a realização de cada um dos testes.
- d) Não houve diferenças estatisticamente significativas entre o teste de força e resistência abdominal sem fixação dos pés e o teste de força e resistência abdominal com fixação dos pés ao solo, relativamente ao nível de lactato sanguíneo obtido imediatamente após os mesmos.

- e) A percepção subjectiva de esforço apresenta um aumento estatisticamente significativo no teste de força e resistência abdominal sem fixação dos pés, comparativamente com o teste de força e resistência abdominal realizado com fixação dos pés ao solo.

Desta forma, pensamos poder informar os praticantes do tipo de exercícios que nos propusemos estudar, que quando o objectivo dos seus treinos visar o fortalecimento da musculatura abdominal, poderão optar, indiferentemente, por qualquer um dos protocolos por nós investigados, já que nenhum deles apresenta uma maior activação neuromuscular em relação ao outro. Sugerimos assim, que estes mesmos praticantes escolham o exercício que maior conforto lhes proporcione, uma vez que a actividade física regular implica uma satisfação pessoal.

No entanto, caso o objectivo do treino seja mais orientado para um fortalecimento do músculo *rectus femoris*, aconselhamos a prática do exercício abdominal com fixação dos pés ao solo, uma vez que este se revelou bastante mais eficiente na activação deste músculo.

**CAPÍTULO VII – BIBLIOGRAFIA**

- ✎ ACIERNO, S.; Baratta, R.; Solomonow, M.; *A practical guide to electromyography*. New Orleans: Louisiana State University, 1995.
- ✎ ACSM; *ACSM'S Resources manual for guidelines for exercise testing and prescription*, 4ª Edição; Williams & Wilkins; USA; 2001.
- ✎ AYESTARAN, E.; Badillo, J.; *Fundamentos dos Treinamento de Força – aplicação do Alto Rendimento Desportivo*; 2ª Edição; Artmed Editora; Porto Alegre; 2001.
- ✎ ÅSTRAND, P.; and K. Rodahl; *Textbook of Work Physiology*. McGraw-Hill. New York; 1986.
- ✎ BACURAU, R.; *Hipertrofia/Hiperplasia: Fisiologia, Nutrição e treinamento do Crescimento Muscular*; Phorte Editora; São Paulo; 2001.
- ✎ BANKOFF, A.; *Contribuição eletromiográfica ao estudo dos músculos reto abdominal e oblíquo externo*; São Paulo; USP, 1982. (Tese de Doutorado).
- ✎ BANKOFF ADP e Furlani, J; *Estudo eletromiográfico dos músculos: reto abdominal e oblíquo externo*; Revista Brasileira Ciência e Morfologia; 2 (2); 48-54, 1985.
- ✎ BANKOFF ADP e Furlani J.; *Estudo eletromiográfico dos músculo reto abdominal e oblíquo esterno em diversos, na posição de decúbitodorsal*; Revista Brasileira de Ciência do Esporte; 7 (2) 69-74, 1986.
- ✎ BASMAJIAN, J.; De Luca, C.; *Muscles alive; their functions revealed by electromyography*; 5ª Edição; Baltimore; Williams & Wilkins; 1985.
- ✎ BASMAJIAN, J. V.; *Anatomia de Grant John V. Basmajian*; 10ª Edição; São Paulo; Manole; 1993; 139-148.
- ✎ BAXTER RE; *Improvement in sit up performance associated with 2 different training regimens*; J Orthop Sports Phys Ther.; 2003.
- ✎ BEIM G.M.; Giraldo J.; *Abdominal Strengthening exercices: A comparative EMG*; Study. Journa o'sport 5:11-20; 1997.
- ✎ BENACHE, J.; *Guia Prático do Culturismo*; Coleção Habitat; Vol.66; 1ª Edição; Editora Presença; Lisboa; 1990.
- ✎ BIGLAND-RITCHIE, B.; *The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles*. Journal of Physiology 123:214-1954.

- ✂ BIGLAND-RITCHIE, B.; *Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle*. Clin. Sci. Molec. Med. 54, 609-14, 1978.
- ✂ BOMPA TO, Cornacchia LJ.; *Treinamento de força consciente*; São Paulo; phorte Editora; 2000.
- ✂ BRAY, G.; Pathophysiology of obesity. The American Journal of Clinical Nutrition; V.55; 1992.
- ✂ BRENTANO MA, Pinto RS.; *Adaptações neurais ao treinamento de força*. Revista Atividade física e saúde, vol.6 n°3; 65-77, 2001.
- ✂ BURKE et al; *Characteristics of Skeletal muscle in competitive cyclists*; Med Sci Sport Exerc; 1997.
- ✂ CAIRÓ, J.; Fisiologia del músculo; “*Fisiologia de la Actividad Física y del Deporte*”; Cap 3; 1992.
- ✂ CAMARGO, D.et al; *Análise do músculo Reto Abdominal*. Universidade Gama Filho. Brasília ;2002.
- ✂ CAMPOS, M.; *Exercícios Abdominais – Uma Abordagem Prática e Científica*; Sprint, Rio de Janeiro, 2002.
- ✂ CAMPOS, M.A. ; *Biomecânica da Musculação*; Rio de Janeiro; Sprint; 2000.
- ✂ CARVALHO, A.; *Anatomia e fisiologia humanas*; ESTeScoimbra; 2001.
- ✂ CAVALHEIRO, I.; *Manual de teste muscular*; ESTeScoimbra; 1994.
- ✂ CEPEDA, N. T; Metabolismo energético durante la actividad física; “*Fisiologia de la Actividad Física y del Deporte*”; Cap 4; 1992.
- ✂ CHEVALIER, J. ; *Anatomie – Appareil Locomoteur* ; Paris; Flammarion; 1998.
- ✂ CHICHARRO, J.; Vaquero, A.; *Fisiología del ejercicio*; Editorial Médica Panamericana; Madrid; 1995.
- ✂ CLAYMAN, Ch.; *Cérebro e Sistema Nervoso*; Biblioteca Médica da Família; Vol.6; Editora Civilização; Minho; 1993.
- ✂ CLARK KM; *Electro myographic comparison of upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises*; J. Strength Cond Res.; 2003.
- ✂ COGGAN A.; Williams B.; *Exercise Metabolism - Metabolic Adaptations to Endurance Training: Substrate Metabolism During Exercise*; Cap 6; Human Kinetics; EUA; 1995.

- ✎ COOK T.C.; *Chronic low level Physical Activity as determinant of high density lipoprotein cholesterol and subfractions*. Medicine Sciences Sport Exercise; 1986.
- ✎ CORDO PJ; *The sit up: complex Kinematics and muscle activity in volutary axial movement*; J. Electromyogr. Kinesiol., 2003.
- ✎ CORREIA P. et al; *Comparison of abdominal wall activation during sit up and curl up exercices in women*; Faculty of Human Movement-Technical University of Lisbon; 2002.
- ✎ COSTILL et al; *Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes*; J. Appz Phisiol; 1976.
- ✎ DAWSON, D.; e col.; *Exercício Físico e Reabilitação*; Artmed Editora; Porto Alegre, 2001.
- ✎ DELACERDA F.; *Anatomical analysis of basic abdominal exercises*. J. Phys. Edu.; 1978.
- ✎ DELUCA, C.; *The use of surface electromyography in biomechanics*. Journal appl. Biomech, 1997.
- ✎ DENADAI, B.S. *Índices fisiológicos de avaliação aeróbia. Conceitos e aplicações*. Ribeirão Preto, B.S.D., 1999.
- ✎ DeVRIES, H.A. *Method for evaluation of muscle fatigue and endurance from electromyographic fatigue curves*. American Journal of Physical Medicine; 1968.
- ✎ DE ROSE; *Técnicas de avaliação da composição corporal*. Revista de medicina do esporte. Porto Alegre, 1973.
- ✎ EHSANI, A. e tal; *Exercise training improves left ventricular systolic function in older men*. Circulation 83:96-103. 1991.
- ✎ FONSECA ST, et al; *Análise de um método electromiográfico para quantificação de co-contracção muscular*; Universidade Federal de Minas Gerais; Revista brasileira de ciência e movimento; vol.9; 2001.
- ✎ FOSS, M.; Keteyian; S. *Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte*, 6ª Edição, Guanabara-Koogan; 2000.
- ✎ FOX EL; Bowers RW; Foss ML; *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*; 4ª Edição; Dubuque; WC Brown, 1989.
- ✎ FOX, S.; *Human Physiology*. Dubuque, IA:Wm.C.Brown. 1993.
- ✎ GALLAHUE, D.; Ozmun, J.; *Compreendendo o Desenvolvimento Motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos*; 2ª Edição; Phorte Editora; São Paulo, 2003.

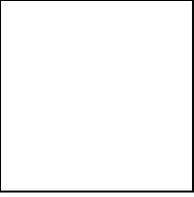
- ✂ GARROW; Webster; *Quetelet's Index (W/F) as measure of fatness. International Journal of Obesity*; nº9; 1985.
- ✂ GHORAYEB, N.; Barros, T.; *O Exercício: Preparação Fisiológica, Avaliação Médica, Aspectos Especiais e preventivos*; Atheneu; São Paulo, 1999.
- ✂ GIANNICHI, R.; Martins, J.; *Avaliação & Prescrição de Actividade Física – Guia Prático*; 3ª Edição, Shape, Rio de Janeiro, 2003.
- ✂ GRAY, H. *Anatomia*; 29ª Edição; Guanabara Koogon; Rio de Janeiro; 1995.
- ✂ GUIMARÃES AC; The contribution of the *rectus abdominis* and *rectus femoris* in twelve selected abdominal exercises. An Electromyographic study; *J. Sport Med Phys Fitness*; 1991.
- ✂ GUYTON, A; *Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças*; 6ª Edição; Guanabara-Koogan; 1992.
- ✂ GUYTON, A. e Hall, J.; *Tratado de Fisiologia Médica*; 9ª edição; Guanabara-Koogan, 1997.
- ✂ GUIMARÃES, AS e Crescente L.A.; *Eletromiografia de exercício abdominais: um estudo piloto*; *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*; 6, (1): 110-116, 1984.
- ✂ HAMIL J, Knutzen KM. *Bases Biomecânica do Movimento Humano*. São Paulo: Manole, 1999.
- ✂ HARGREAVES; M. *Exercise Metabolism*; Cap.2; *Human Kinetics*; EUA; 1995.
- ✂ HENNEMAN, E., Somjen, G., & Carpenter, D. C.; *Functional significance of cell size in spinal motoneurons. J. Neurophysiol*; 1965 ; 28, 560 – 580.
- ✂ HENNEMAN, E., & Mendell, L. M.; *Functional organization of motoneurone pool and its inputs*; V. B. Brooks (Ed.); *Handbook of Physiology (Vol. II, pp. 423 - 507)*; American Physiological Society; Bethesda; 1981.
- ✂ HERNANDES, B.; *Treinamento Desportivo*; 2ª Edição; Sprint; Rio de Janeiro; 2002.
- ✂ HILDENBRAND, K.; Noble; *Abdominal Muscle Activity While Performing Trunk-Flexion Exercises Using the Ab Roller, ABslide, FitBall, and Conventionally Performed Trunk Curls*; *Journal of Athletic Training*; 2004.
- ✂ JACKSON A.; Pollock; *Practical assessment of body composition. Physician Sport Medicine*. V. 13.1985.
- ✂ JUKER et al; *Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoa and the abdominal wall during a wide variety of tasks*; *Med Sci Sport Exerc*, 1998.

- ✂ KAPANDJI, I.A.; *Fisiologia Articular: Esquema comentado de mecânica humana*; volume 3 – tronco e coluna vertebral; Manole; São Paulo; 1990.
- ✂ KENDALL, F. P., McCreary, E.K. ; *Músculos: prova e funções*; 3ª Edição; Manole, São Paulo; 1990; p.146-176.
- ✂ KIPPERS, V.; *Electromyographic equipment and data collection*; The University of Queensland; Austrália; 1999.
- ✂ KIPPERS, V. ; *Electromyographic equipment & interpretation*; The University of Queensland; Austrália; 1999.
- ✂ KIPPERS, V; *Electromyographic normalisation and biological applications*; The University of Queensland; Austrália; 1999.
- ✂ KIPPERS, V.; *Electromyography – Principles and Biological Bases of EMG*; The University of Queensland. Austrália; 1999.
- ✂ KOMI, P.; *Physiological and Biomechanical Correlates of Muscle Function : Effects of muscle structure and stretch shortening cycle on force and speed*. In L. Terjung (Ed.); *Exercise and Sport Sciences Reviews* ; The Collomore Press; New York; 1984. (Vol. 12, pp. 81-121).
- ✂ KONRAD P.; et al; *Neuromuscular Evaluation of Trunk-Training*; Journal of athletic training; University of Dortmund; 2001.
- ✂ LIPETZ, S. *An Electromyographic investigation of the rectus abdominis in abdominal exercises*. Res Q., 1971.
- ✂ MANSO G., et al; *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos. 1996.
- ✂ MACDOUGALL, J.; *Morphological changes in human skeletal muscle following strength training and immobilization*. In N. L. Jones, N. McCartney, & A. McComas (Eds.); *Human Muscle Power* (pp. 43-58); Human Kinetics Publishers; Champaign; 1986.
- ✂ MCARDLE, W., Katch, V.; *Exercise Physiology*, 4<sup>ta</sup> Edição; Williams and Wilkins; USA; 1996.
- ✂ MCARDLE WD, Katch F, Katch VL.; *Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano*; 4ª.Edição; Guanabara Koogan; Rio de Janeiro; 1998.
- ✂ MILES, T. S. ; *The control of human motor units - Clin Exp Pharmacol Physiol*. 21(7): 511-520, 1994.
- ✂ MILLER MI; *Recruitment of internal oblique and transversus abdominis muscle during the eccentric phase of the curl up exercise*; Phys Ther; 1987.

- ✂ MILNER-BROWN, H. S., & Stein, R. ; *The relation between the surface electromyogram and muscle force*; J Physiol; 246, 549-569; 1975.
- ✂ MIYASHITA, M.; KANEHISA, H., NEMOTO, I.; *EMG related to anaerobic threshold*; J. Sports Med.; 21(3):209-215, 1981.
- ✂ MORITANI, T.; *Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power, and motor tasks*; J. Biom; 26(Supl.1), 95-107; 1993.
- ✂ NICOL, C., KOMI, P.V., MARCONNET, P. ; *Effects of marathon fatigue on running kinematics and economy*. Scand. J. Med. Sci. Sports, 1:195-204, 1991.
- ✂ NORRIS. *Abdominal muscle training in sport*; Br. J. Sport Med., 1993.
- ✂ NOVAES, J. ; *Estética. O corpo na academia*; Shape; Rio de Janeiro; 2001.
- ✂ NUNES, L.; *O organismo no esforço*; Coleção Desporto e Tempos Livres; Caminho; Lisboa; 1996.
- ✂ PARIZOTTO, D.; *Obesidade e sua influência na Qualidade de Vida*; Revista Pró-saúde Veículo digital de comunicação científica, vol. 1, Curitiba, 2002.
- ✂ PEREIRA, A.; *SPSS- Guia Prático de Utilização. Análise de dados para ciências sociais e psicologia*; 1ª Edição; Edições Sílabo, lda; Lisboa; 1999.
- ✂ PETTROWE FA and Ricciardelli; *Gymnastic Injuries: The Virgínia Experience*; Am. J. Spots Med, 1987.
- ✂ PEZARAT, P.; Santos, P.; Veloso, A.; *Electromiografia*; Edições FMH; Lisboa; 1993.
- ✂ POMPEU, F.; *Manual de Cineantropometria*; Sprint, Rio de Janeiro; 2004.
- ✂ PORTNEY, L. *Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa*. In O'SULLIVAN, S.B., SCHMITZ, T. J. *Fisioterapia – Avaliação e Tratamento*. 2 ed. São Paulo: Manole, 1993.
- ✂ POTVIN, J. R., NORMAN, R.W; *Quantification of Erector Spinae Muscle Fatigue During Prolonged Dinamic Lifting Tasks*. Eur. J. Appl. Physiol. 67:554-562, 1993.
- ✂ POWERS, S.; Howley, E.; *Exercise Physiology – Theory and application to Fitness and Performance*; 3ª Edição; Brown & Benchmark; USA; 1997.
- ✂ PUTZ and Pabst; *Atlas de Anatomia Humana-Sobotta*; vol.2; 11º Edição; Guanabara Koogan; 2000.
- ✂ RERYCH, S. et al; *Effects of exercise training on left ventricular function in normal subjects: a longitudinal study by radionuclide angiography*. American Journal cardiologique, 1980.

- ✂ RIBEIRO, B. ; *O Treino do Músculo*; Editorial Caminho; Lisboa; 1992.
- ✂ RIBEIRO, AHM, Filho JF, Novaes JS; *A eficácia de três exercícios abdominais para teste de resistência muscular localizada*; Fitness & Performance; vol 1; 37-44; 2002.
- ✂ ROHEN, JW, Yokochi C.; *Anatomia Humana: Atlas fotográfico sistêmica e regional*. 3ª Edição ; Manole, São Paulo; 1993.
- ✂ ROWELL; *Human Circulation REgulation during Physical Stress*. Oxford University Press. New York, 1986.
- ✂ SALE, D.; *Neural adaptations to resistance training*. Med Sci Sports Exerc; 20, S135-S145; 1988.
- ✂ SALE, D.; *Neural Adaptation to strength training*. In: Strength and power in sport. Edicted byP. Komi; Blackwell Scientific Publication. London, 1992.
- ✂ SANTOS, C.; Efeito de 10 semanas de treinamento com pesos sobre indicadores de composição corporal. Centro de Educação Física e Desportos- Universidade Estadual Londrina; Revista Brasileira Ciências e Movimento, Brasília; 2002.
- ✂ SARTIMA, Monfort M, Fuster MA ; *Muscle activity in upper and lower rectus abdominus during abdominal exercises*; Ach Phys Med. Rehabil. Vol. 77; 1293-1297; December; 1998.
- ✂ SCHAUF, C.; Moffett, D.; Moffett, S.; *Fisiologia Humana*; Guanabara Koogan; Rio de Janeiro; 1993.
- ✂ SEELEY, R. Stephens, T. e Tate, P. ; *Anatomia e Fisiologia*; 3ª Edição; Lusodidata; Lisboa; 1997.
- ✂ SCHMIDTBLEICHER, D.; *Strength training: Part 1. Classification of methods*; (W4), 1-12; 1985.
- ✂ SCHMIDTBLEICHER, D.; *Strength training: Part 2. Structural analysis of motor strength qualities and its applications to training*; (W4), 1-10; 1985.
- ✂ SCHMIDTBLEICHER, D.; *Training for Power Events*. In P. V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (Blackwell Scientific Publications ed., pp. 381 - 395); IOC Medical Commission; Oxford; 1992.
- ✂ SILVA M.J.; Sobral F.; *Cineantropometria - curso básico*; Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, 1997
- ✂ SMITH LK, Weiss EL, Lehmkuhi LD.; *Cinesiologia Clínica de Brunnstro*;. 5ª Edição; Manole; São Paulo.

- ✂ SPARLING, PB; *Development of a cadence curl up test for college students*; Res Q Exerc Sport, 1997
- ✂ STRYER, L. ; *Bioquímica*; 4ª Edição; Guanabara-Koogan; 1995;
- ✂ TURCOTTE L P.; Ritcher E.; Kiens B.; *Lipid Metabolism in Exercise. "Exercise Metabolism"*; Cap 4; Human Kinetics; EUA ; 1995.
- ✂ VANDER, A.; Sherman, J.; Luciano, D.; *Human Physilogy – The Mecanisms of Body Function*; 7ª Edição; McGraw-Hill; EUA; 1998.
- ✂ VARELA F.;Monteiro; Cineantropometria. In:Manual de valoracion funcional. Eurobook. Madrid, 1996.
- ✂ VAZ, M.A., Guimarães A.C. E Campos M.I.; *Analise de Exercícios Abdominais: Um estudo biomecânico e eletromiográfico*; Revista Brasileira de ciências e Movimento; 5(04): 18- 40, 1991.
- ✂ VERA-GARCIA FJ; *Abdominal muscle response during curl ups on both stable and labile surface*; Phy Ther; 2000.
- ✂ WARDEN et al; *Comparison of AB Shaper andconventionally performed abdominal exercises using surfsce electromyography*. Med. Sci. Sport Exerc.; 1999
- ✂ WEIGHTMAN and Kempson; *Load Carriage; In Freeman Mar, ed: Adult articular cartilage*; London; 1979
- ✂ WEINECK, J.; *Treinamento ideal*; 9ª Edição; Manole; São Paulo ;1999.
- ✂ WILMORE, J. e Costill, D.; *Physiology of Sport and Exercise*; 2ª Edição; Human Kinetics; EUA; 1999.
- ✂ WILMORE, J.; Costil DL.; *Fisiologia do esporte e do exercício*; 2ª Edição; Manole; São Paulo; 2001.
- ✂ WINTER, D. A. ; *Biomechanics and motor control of human movement*; 2ª Edição; John Wiley & Sons; New York; 1990.
- ✂ WITTEKOPF, G.; SCHAAF, E. & TAUBENHEIM, H.; *Use of electromyography for quantification of local muscular fatigue following a known strength-endurance load. Biomechanics V-A International Series on Biomechanics*, University Park Press, Baltimore, 1-A: 185-193, 1975.
- ✂ ZATSIORSKY, VM.; *Ciência e prática do treinamento de força*; Phorte editora, São Paulo; 1999.



# **- ANEXOS -**