

**Influência simultânea da electroestimulação e exercitação resistente em cicloergómetro sobre a frequência cardíaca de repouso, tensão arterial de repouso, potência máxima aeróbia, adiposidade subcutânea e força muscular.**

**Influência simultânea da electroestimulação e exercitação resistente em cicloergómetro sobre a frequência cardíaca de repouso, tensão arterial de repouso, potência máxima aeróbia, adiposidade subcutânea e força muscular.**

Este estudo inseriu-se no âmbito do “Projecto Ciência – Manz” incorporado na “Convenção internacional de Fitness – Corpo em Movimento”

Autores: Rui Ângelo; Alberto Carvalho; Paulo Mourão

Porto, Novembro de 2005

## Índice

Resumo .....	4
1. Introdução .....	6
2. Objectivos .....	9
3. Material e Métodos .....	10
3.1 Amostra .....	10
3.2 Calendarização do processo de treino .....	10
3.3 Protocolo experimental de avaliação .....	11
3.4 Electroestimulação .....	12
3.4.1 Posicionamento de eléctrodos .....	12
3.4.2 Caracterização do impulso eléctrico .....	13
3.4.3 Determinação da amplitude de estimulação .....	13
4. Discussão dos resultados .....	15
4.1 Evolução do VO <sub>2</sub> máx ao longo do processo de treino .....	15
4.2 Frequência cardíaca de repouso .....	19
4.3 Antropometria .....	21
4.4 Pressão arterial .....	25
4.5 Força máxima dinâmica concêntrica e isométrica de membros inferiores .....	27
4.6 Rácios Isquiotibial/quadrícipite e diferenças bilaterais .....	28
4.7 Evolução na amplitude de estimulação .....	29
5. Conclusões .....	31
5. Bibliografia .....	32

## Resumo

No âmbito do fitness, as aulas que utilizem cicloérgometros poderão beneficiar da aplicação simultânea da electroestimulação, as vantagens provenientes deste tipo de treino, serão provavelmente incidentes numa possível redução do impacto cardiovascular agudo, uma redução da massa gorda bem como um aumento da potência máxima aeróbia. Para além deste facto a maior especificidade na redução da massa gorda em áreas corporais pré-definidas, localizadas, bem como a diminuição do tempo necessário para a obtenção de resultados serão também factores de potencial interesse. O objectivo principal deste estudo foi analisar a influência da electroestimulação em simultâneo com a exercitação resistente em cicloergómetro sobre os parâmetros: Frequência cardíaca de repouso; Potência máxima aeróbia; Tensão arterial de repouso; Adiposidade subcutânea; Força máxima isométrica e dinâmica concêntrica dos músculos extensores e flexores da coxa.

A amostra foi constituída por 12 alunos do curso de desporto e educação física do Instituto Superior da Maia, dividida em 2 grupos de 6 sujeitos por sua vez agrupados em 3 do sexo feminino e 3 do sexo masculino.

Na avaliação que esteve baseada num design experimental pré e pós-teste, constaram os seguintes testes: avaliação antropométrica (peso, altura, perímetros e pregas), a pressão arterial sistólica e diastólica foi constantemente monitorizada por um esfigmomanómetro digital (OMRON), a avaliação da frequência cardíaca de repouso através de frequencímetros (Polar, F6), na avaliação da potência máxima aeróbia foi utilizado o teste máximo de Astrand e Rodahl em cicloergómetro e para a avaliação da força máxima foi utilizado um dinamómetro isocinético (TechnoGym, REV 9000).

Os resultados principais deste estudo revelam que em termos de uma análise intra-grupal no grupo assistido por electroestimulação existiram evoluções estatisticamente significativas nos parâmetros: da potência máxima aeróbia (incremento no  $VO_2$  máx e decréscimo dos patamares de frequência cardíaca para uma determinada carga de trabalho), da frequência cardíaca de repouso (decréscimo), da Antropometria (diminuição nas pregas de adiposidade subcutânea com excepção da prega tricipital, diminuição na soma das 7 pregas e peso corporal) e na pressão arterial diastólica (decréscimo). Neste âmbito o grupo de controlo apenas apresentou evoluções significativas a nível da pressão arterial diastólica.

Em termos de uma análise inter-grupal podemos concluir que a magnitude evolutiva dos resultados não permitiu que as médias grupais se distanciassem no pós-teste, apesar de existir uma tendência nesse sentido com ênfase no afastamento do

grupo de EENM em termos da potenciação do processo de treino em intervalos de tempo mais reduzidos. Podemos pois acreditar que em estudos futuros através de um incremento temporal do protocolo de treino em associação com a manutenção ou elevação do volume de treino as diferenças poderiam ser significativas.

Julgamos assim poder assumir a probabilidade credível de beneficiação das aulas no âmbito do fitness que utilizem cicloérgometros através da utilização simultânea da electroestimulação, conseqüentemente introduzindo um novo ideal de aula que utilize este tipo de metodologias.

**Palavras-Chave:** Resistência, Electroestimulação, Cicloergómetro

## 1. Introdução

A biomecânica inerente ao movimento de pedalar tem sido examinada extensivamente a partir de diversas perspectivas. A partir da utilização de equipamentos especializados de dinamometria foi possível avaliar as forças exercidas pelos membros inferiores sobre os pedais e deste modo procurar estimar a sobrecarga exercida sobre as articulações (Caldwell et al, 1999). Por outro lado sabe-se que a cadência de pedalada pré-definida por um ciclista representa uma zona óptima de estabilidade a nível neuromuscular, ou seja, apesar de não corresponder à zona de máxima energia ou de máxima potência, será aparentemente o ritmo ao qual a actividade neuromuscular e metabólica se apresenta mais económica. Em termos biomecânicos sabemos que a segunda fase da pedalada representa um indicador crítico no rendimento uma vez que qualquer aumento da força negativa implica um aumento da força positiva efectuada pela perna contralateral no sentido de maximizar a eficiência mecânica do movimento. Deste modo podemos relacionar a escolha do ritmo ideal de pedalada com a minimização do torque negativo gerado na segunda fase da mesma (Sarre *et al.*, 2004). Através da manipulação da sua interacção com o ciloergómetro, o ser humano é capaz de potencialmente otimizar a sua eficiência mecânica, maximizar a potência resultante e reduzir o impacto muscular e esquelético da carga, consequentemente reduzindo também o stress muscular e os momentos articulares (Bressel *et al.*, 1998).

O acto de pedalar, embora sendo um movimento efectuado num contexto restrito exige uma complexa coordenação muscular na sua execução. A função precisa de cada músculo ao longo do ciclo de pedalada apesar de controversa aparentemente sugere que os torques articulares dos músculos da anca e dos extensores do joelho serão os principais responsáveis pela energia propulsiva exercida sobre os pedais, sendo que esta relação se situa em termos quantitativos nos 27% para os músculos da anca e 39% para os músculos extensores do joelho, do total das forças propulsivas aplicadas (Raasch *et al.*, 1997). Em termos gerais, de acordo com a literatura, a zona ideal de pedalada na qual os movimentos parasitas da articulação da anca são minimizados encontra-se em média situado nas 90 rotações por minuto, independentemente do trabalho a ser executado até um máximo de 225W. Esta premissa é válida para a totalidade das populações, desde atletas recreativos até atletas de alta competição, assegurando-se as 90 Rpm como a cadência optimal para a eficiência mecânica, podendo no entanto ser necessários ajustes ascendentes ou descendentes de modo a permitir uma individualização da carga (Neptune e Hull, 1996). No entanto o refinamento da activação muscular uni ou bi-articular assume-se

também como fundamental para a gestão optimal das forças externas. Logo qualquer mudança posicional ou postural irá proporcionar inevitavelmente uma reorganização intermuscular dos músculos intervenientes no ciclo da pedalada e conseqüentemente traduzir-se numa mudança da eficiência mecânica. O movimento cíclico é atingido essencialmente através de dois contribuidores fundamentais, o trabalho muscular e o trabalho gravitacional, sendo que uma optimização na coordenação entre estes dois factores poderá incrementar a performance. O número redundante de músculos que possivelmente possam intervir no ciclo da pedalada em conjunto com a inexistência de estratégias de recrutamento muscular definidas pelo sistema neurológico tornam impossível a previsão do padrão de activação muscular após a introdução de posições ou estratégias inovadoras de pedalar (Savelberg *et al.*, 2003).

A potenciação da performance humana em diversas actividades está relacionada com a potenciação da resultante da mecânica muscular. Durante a contracção muscular o sistema nervoso central pode graduar a tensão muscular através da variação da frequência de estimulação. Esta frequência influencia a magnitude da tensão gerada em conjunto com o ritmo ou taxa de geração de tensão. Este último parâmetro mantém um acréscimo linear consoante aumentem os níveis de activação, porém esta relação não atinge um patamar, continuando para além da taxa de geração de tensão à qual é atingida a máxima contracção tetânica muscular. Deste modo vários investigadores concluíram que a taxa de geração de tensão continua a evoluir em ritmos de estimulação superiores (Nelson, 1996). Deste modo tem sido demonstrado que a electroestimulação muscular sobreposta a uma contracção máxima isométrica voluntária (CVM) permite uma resultante de força superior à CVM por si só. Porém a electroestimulação apresenta também evidências positivas em conjunto com actividades musculares de carácter dinâmico, tendo já sido verificada uma potenciação da velocidade de movimento através da sobreposição da activação eléctrica à normal contracção muscular (Strojnik, 1998).

A electroestimulação tem sido amplamente utilizada no contexto reabilitacional, tendo sido recentemente introduzida de forma progressiva no contexto dos programas de treino de força para o desenvolvimento da performance física. Existe um leque variado de resultados contraditórios provenientes de estudos efectuados neste contexto indiciando intervalos de ganhos em termos da força muscular tão extensos como entre 0 e 44% (Colson *et al.*, 2000). De forma que provavelmente as diferentes metodologias de estimulação utilizadas, tipos de protocolos experimentais aplicados, estatuto pré-treino dos sujeitos ou variação interindividual poderão ter estado na base de tais discrepâncias (Maffiuletti *et al.*, 2000). Os picos de força gerados ao longo de um movimento serão variáveis de acordo com a frequência de activação muscular.

Deste modo no caso específico do grupo muscular quadricipital, as frequências usualmente descritas como geradoras de torques máximos situam-se no intervalo aproximado de 70-100 impulsos por segundo. Logo, as frequências de activação são também um parâmetro a ter em consideração na procura da optimização na produção de força muscular (Lee e Binder-Macleod, 2000).

Numa perspectiva fisiológica é aceite cientificamente que o treino de resistência aumenta a capilarização do músculo esquelético do mesmo modo que por contraste as actividades de desenvolvimento muscular conduzem ao aumento da secção transversal do músculo e apenas através de elevados volumes de treino poderão conduzir também à capilarização. Por outro lado um estudo demonstrou que a utilização de electroestimulação passiva ao longo de 4 semanas proporcionou um aumento significativo capacidade de filtração microvascular, o que sugere a efectividade da utilização da electroestimulação para o aumento da capilarização característica do treino de resistência aeróbia em detrimento da consideração exclusiva deste tipo de metodologia de treino apenas para a hipertrofia muscular (Brown *et al.*, 2001). Programas de electroestimulação de curta duração para trabalho resistente têm sido referidos como promotores do desenvolvimento da força máxima voluntária durante acções dos membros inferiores. Porém, os atletas são na generalidade um pouco relutantes na utilização desta metodologia devido ao facto de ser habitualmente utilizada em condições isométricas e não em condições gestuais semelhantes ao treino e competição, por isso violando o princípio da especificidade do treino (Maffiuletti *et al.*, 2002). Todavia, no caso do presente estudo a velocidade de movimento pode ser sistematicamente controlada pelo ritmo de pedalada, permitindo examinar o modo como o sistema nervoso central responde à mudança de carga em conjunto com as interacções dinâmicas induzidas no sistema músculo-esquelético. Alguns estudos indicaram a possibilidade de existir uma antecipação progressiva do momento de activação muscular com o aumento do ritmo da pedalada, por forma a desenvolver força sobre o pedal nas mesmas angulações (Neptune *et al.*, 1997), permitindo assim simultaneamente estabilizar o ciclo de pedalada e preparar a articulação do tornozelo para uma transmissão efectiva de força, na medida em que a proprioceptividade da articulação do tornozelo tem sido considerada como fortemente influenciadora da actividade motora ao pedalar (Brown *et al.*, 1996). Todos estes factores caracterizam um corpo de conhecimento já existente que permitirá assumir a probabilidade credível de beneficiação das aulas no âmbito do fitness que utilizem cicloérgometros através da utilização simultânea da electroestimulação, consequentemente introduzindo um novo ideal de aula que utilize este tipo de metodologias.



## **2. Definição de objectivos**

Dadas as características do treino por electroestimulação, os benefícios prováveis provenientes da utilização simultânea deste tipo de treino serão provavelmente incidentes numa possível redução do impacto cardiovascular agudo com manutenção dos resultados em termos da redução da massa gorda bem como um aumento da potência máxima aeróbia. Para além deste facto a maior especificidade na redução da massa gorda em áreas corporais pré-definidas bem como a diminuição do tempo necessário para a obtenção de resultados serão também factores de potencial interesse. Dados os pressupostos que se assumem como prováveis após uma análise da literatura acerca dos benefícios provenientes da electroestimulação, parece-nos de grande relevância o prosseguimento deste estudo no âmbito do seguinte objectivo principal:

- Analisar a influência da electroestimulação em simultâneo com a exercitação resistente em cicloergómetro sobre os parâmetros:
  - Frequência cardíaca de repouso
  - Potência máxima aeróbia
  - Tensão arterial de repouso
  - Adiposidade subcutânea
  - Força máxima isométrica e dinâmica dos músculos extensores da coxa.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1 Amostra

A amostra utilizada no presente estudo foi constituída por 12 alunos do curso de desporto e educação física do Instituto Superior da Maia, dividida em 2 grupos de 6 sujeitos por sua vez agrupados em 3 do sexo feminino e 3 do sexo masculino (n=12; 6 sexo masculino + 6 sexo feminino). Uma caracterização aprofundada da mesma encontra-se representada no quadro seguinte (quadro 1).

**Quadro 1.** Valores de média e desvio padrão da idade, altura e peso dos sujeitos

N=12	Média
Idade	22,3 ± 1.35
Altura	1.7 ± 0.06
Peso	68.6 ± 12.01

#### 3.2 Calendarização do processo de treino

O processo de treino desenrolou-se ao longo de 4 semanas, nas quais os sujeitos efectuaram 4 sessões de treino semanais de 50 minutos, constituídas por 3 fases distintas. Uma fase inicial de 5 minutos dedicada ao aquecimento muscular, mobilização articular e aumento da predisposição para a prática, através da manutenção de uma cadência de pedalada no intervalo 65-75 rotações por minuto com 50% da carga atribuída pela zona de trabalho pré-definida, sendo esta fase inicial também vocacionada para a colocação e regulação dos cárdio-frequencímetros (Polar F6). Uma fase fundamental de 40 minutos, ao longo da qual era exigido aos sujeitos a manutenção de uma cadência de pedalada optimal de 90 Rpm, com um ajuste de carga regulado de modo a manter a zona alvo de treino no intervalo 70-75% da frequência cardíaca maximal (pré-determinada através de uma prova máxima de esforço). E, por último, uma fase final de retorno à calma, para uma gradual aproximação activa aos valores iniciais de repouso da frequência cardíaca e Pressão Arterial. Esta última fase assumiu também funções de recuperação activa e mobilização dos metabolitos acumulados a nível muscular local.

O grupo de electroestimulação acresceu de determinadas precauções metodológicas no sentido da prevenção do sobre-treino ou excessiva acumulação de fadiga local nos músculos anteriores da coxa, nomeadamente, a necessidade de respeitar um período de 48h de recuperação entre cada uma das sessões de treino,

induzindo assim a utilização repartida da electroestimulação em 3 sessões semanais distintas devidamente planificadas de acordo com o princípio de recuperação anteriormente referido. Uma 4ª sessão seria realizada sem EENM de modo a permitir uma recuperação activa bem como uma supercompensação optimal.

### **3.3 Protocolo experimental de avaliação**

O protocolo experimental de avaliação esteve baseado num design experimental pré e pós-teste no qual os sujeitos foram alvo de uma avaliação inicial previamente ao início do protocolo de treino propriamente dito em conjunto com uma avaliação final concretizada após o término do mesmo (o que neste caso específico se verificou ao final de 4 semanas). Estas avaliações estiveram vocacionadas para a recolha de uma série de parâmetros quantitativos que passamos de seguida a descrever em maior profundidade. Para uma avaliação antropométrica dos sujeitos foram recolhidas 7 pregas de adiposidade subcutânea (tricipital, bicipital, subescapular, abdominal, suprailíaca, crural e geminal) utilizando para esse efeito um adipómetro manual (Harpenden). Neste âmbito foram também recolhidos 4 perímetros segmentares do lado dominante do sujeito (braquial relaxado, braquial tenso, crural e geminal) através da utilização de uma fita de medição antropométrica. A fiabilidade intra-observador foi medida até atingir um grau de 0.9 procurando assim atingir um elevado grau de consistência nos resultados. Os parâmetros de pressão arterial sistólica e diastólica foram constantemente monitorizados ao longo do processo de treino sendo sempre recolhidos após o sujeito se encontrar sentado e relaxado, respeitando no mínimo 2 minutos de repouso para evitar picos de regulação da pressão, no membro superior esquerdo acima do cotovelo procurando centrar o esfigmomanómetro digital (OMRON) sobre a artéria bicipital. A frequência cardíaca de repouso foi também um parâmetro de constante monitorização essencialmente por avaliação indirecta através de frequencímetros (Polar, F6)

Para a avaliação da potência máxima aeróbia foi utilizado o teste máximo de Astrand e Rodahl (1980) em cicloergómetro, visto que seria aquele que permitiria uma sequenciação mais suave dos patamares de carga em conjunto com um tempo por patamar também superior permitindo uma coerente estabilização da frequência cardíaca, consequentemente permitindo a utilização da frequência cardíaca atingida por cada sujeito em cada um dos patamares como uma referência da evolução cardiovascular. Este teste foi efectuado ao longo de patamares de 3 minutos, com incrementos progressivos de carga. O teste foi efectuado em cicloergómetro de carga electromagnética ajustável (SciFit Iso1000E), iniciando com 3 minutos de aquecimento

a 10 watts, progredindo para um patamar seguinte de 50w e aumentando gradualmente 25w por patamar de execução, até à exaustão do sujeito. A cadência de pedalada em todos os patamares foi mantida a 60 Rpm, sendo o teste considerado completo a partir do momento em que cada sujeito fosse incapaz de manter esse ritmo pré-definido.

Para a avaliação da força máxima foi utilizado um dinamómetro isocinético (TechnoGym, REV 9000) sendo avaliada a força máxima isométrica de extensão e de flexão da articulação do joelho, em protocolo de 5 segundos de execução com uma angulação de 60º em ambas as pernas (angulação optimal para a máxima produção de força), bem como a força máxima dinâmica em 5 contracções máximas concêntricas de flexão e extensão da perna sobre a coxa em ambas as pernas, para avaliação consequente dos rácios Isquiotibial/quadríceps e diferenças na produção de força segmentar bilateral, indicadores reconhecidos actualmente como cruciais na despistagem dos factores de lesão do joelho.

### **3.4 Electroestimulação**

Para os procedimentos de estimulação muscular foram utilizados electroestimuladores CEFAR myo2 e myo4pro. Para a correcta utilização dos mesmos foram respeitados uma série de parâmetros de carácter vital para uma estimulação efectiva do músculo.

#### **3.4.1 Posicionamento de eléctrodos**

Relativamente à localização e posição dos eléctrodos, estes foram posicionados na região anterior da coxa de cada sujeito respeitando uma colocação perpendicular à orientação das fibras testadas. Deste modo 4 eléctrodos auto-adesivos (cefar stimtrode) foram colocados em cada um dos membros inferiores dos sujeitos testados, localizando-se dois na base proximal da inserção muscular do quadríceps e os restantes dois respectivamente sobre os pontos superficiais de enervação motora distal dos músculos vasto medial e vasto lateral. A localização específica e de carácter individualizado dos pontos motores foi pré-determinada através de pesquisa cutânea superficial. Para diminuição da sensação de dor foi utilizado um gel específico para ultrasonografia e electrocardiografia (Eko-Gel, Italméd Lda.). Após a detecção inicial destes pontos, os mesmos foram marcados com tinta preta de modo a estarem devidamente identificados ao longo da totalidade do processo de aplicação do protocolo experimental.

### 3.4.2 Caracterização do impulso eléctrico

As correntes utilizadas foram caracterizadas pelos parâmetros descritos no quadro abaixo representado.

**Quadro 2.** Caracterização das correntes utilizadas.

Nome da corrente	Endurance muscular 1
Tipo de corrente	Corrente rectangular alterna bi-fásica
Tipo de impulso	Impulso modulado
Intervalo de frequência	40-60Hz
Duração individual do impulso	Duração de 400µseg
Tempo de acréscimo	1.5
Tempo de decréscimo	1.5
Tempo de contracção	8 segundos
Tempo de repouso activo	10 segundos
Nº de contracções por sessão de treino (40min)	133 contracções

### 3.4.3 Determinação da amplitude de estimulação

Ao longo de uma fase inicial de adaptação foi pedido aos sujeitos que suportassem a máxima amplitude de estimulação possível com uma percepção de esforço a 70% (RPE de 6-7). Esta fase inicial processou-se ao longo de 2 treinos previamente ao início do protocolo, com o principal objectivo de familiarização dos sujeitos com o processo da electroestimulação. Numa fase seguinte, já na primeira semana de aplicação do protocolo foi implementado um teste de carácter prático, para uma individualização da máxima carga de treino suportável. Neste âmbito tendo em consideração que ao encurtar maximalmente uma determinada estrutura muscular, esta ao ser simultaneamente estimulada de forma externa incorre numa situação de encurtamento supra-máximo ao qual está associada uma elevada sensação de desconforto e de dor (Boschetti, 2002). Assim, de modo a prevenir esta situação foi determinado como máxima amplitude de estimulação aquela com magnitude suficiente para induzir um movimento involuntário de extensão total da perna sobre a coxa, na medida em que qualquer amplitude de estimulação superior poderia originar dificuldade na manutenção do ciclo de pedalada pretendido ou até mesmo algum desconforto muscular.

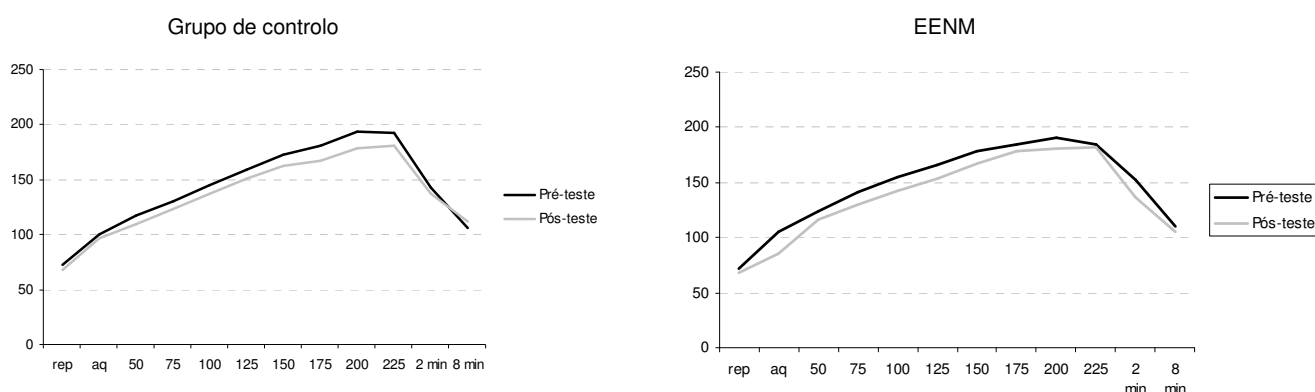
Deste modo a cada sujeito era pedido para colocar a perna em estado de relaxamento total apoiada sobre uma estrutura que permitisse a manutenção de 90º de flexão na articulação da anca (coxa sobre o tronco) em associação com 90º de

flexão na articulação do joelho. A partir deste ponto inicial era incrementada gradualmente a amplitude estimulação até se verificar uma estabilização da perna sobre a coxa em 0º de flexão. A amplitude de estimulação necessária para efectuar esse movimento era considerada como alvo na fase de trabalho, sendo progressivamente incrementada nos primeiros 5 minutos da fase fundamental de treino.

## 4. Discussão dos resultados

### 4.1 Evolução do VO<sub>2</sub>máx ao longo do processo de treino

A análise intra-grupal revelou a existência de evoluções positivas da frequência cardíaca inerente a cada um dos patamares de carga atribuídos ao longo do teste, em ambos os grupos. Estes resultados poderão ser visualizados nos gráficos apresentados abaixo nos quais se encontra uma nítida evidência de uma diminuição do número de batimentos cardíacos por minuto necessários para superar a mesma carga.

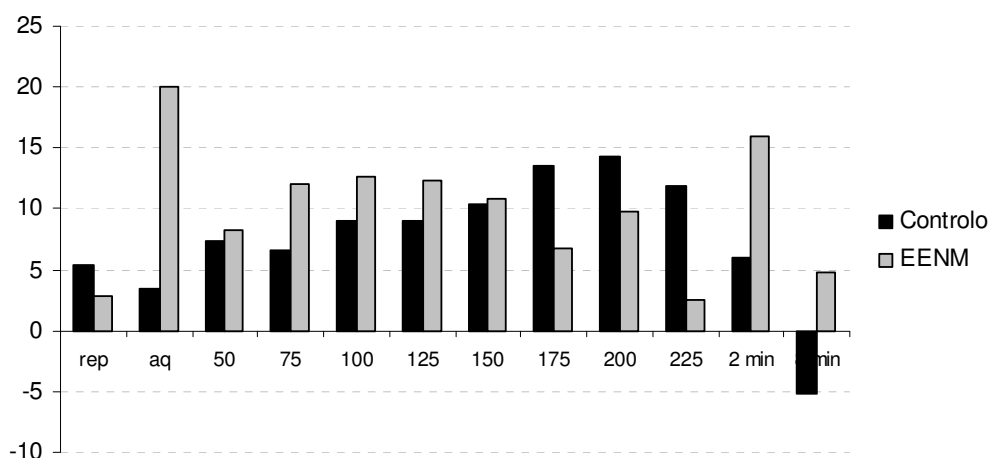


**Figura 1.** Curvas de progressão intra-grupal Pré-Pósteste do Teste de VO<sub>2</sub>máx em cicloergómetro.

A figura representativa das diferenças frequenciais cardíacas por patamar de trabalho será categórica na confirmação de uma evolução absoluta das diferenças intra-grupais, essencialmente de carácter positivo em ambos os grupos, sendo esta mais pronunciada nos patamares iniciais para o grupo de EENM e nos patamares finais para o grupo de controlo. Será também uma evidência importante a evolução da capacidade de recuperação da frequência cardíaca, especialmente nos primeiros 2 a 8 minutos após o exercício. Deste modo verificou-se que o grupo assistido por EENM apresentou uma recuperação mais rápida após o processo de treino, o que indicia um grau superior de desenvolvimento vascular e de utilização de Oxigénio.

No que diz respeito à evolução grupal média ao longo do tempo, esta verificou-se na generalidade dos parâmetros, excepto no grupo de controlo para a recuperação após 8 minutos. No entanto verificamos que apenas o grupo assistido por EENM apresentou uma evolução estatisticamente significativa, bem como de magnitude superior (situação patente na análise das diferenças alcançadas por cada um dos grupos) quando em comparação com o grupo de controlo relativamente à diferença pré-pós teste. Todavia, esta situação foi nitidamente superior para os patamares de

carga iniciais, sendo depois gradualmente alterada ao longo da progressão da carga de trabalho. Deste modo o grupo de controlo verificou uma diminuição mais acentuada deste parâmetro essencialmente nos patamares finais do teste.



**Figura 2.** Diferenças intra-grupais de frequência cardíaca por patamar e seu reflexo inter-grupal.

Em contraste o grupo que efectuou uma exercitação resistente em simultâneo com electroestimulação usufruiu de um mesmo decréscimo porém neste caso apenas de forma acentuada nos patamares de carga iniciais. Este facto sugere uma eventual marcada presença de fadiga muscular local, na medida em que muitos dos sujeitos poderiam ainda não ter usufruído de tempo de recuperação suficiente entre a finalização do treino e o teste final propriamente dito. Este facto está já amplamente descrito na literatura, estando profundamente baseado na percepção de um padrão de recrutamento distinto das unidades motoras em contracções de carácter involuntário. Deste modo existe uma exponenciação da fadiga muscular local nas contracções solicitadas por EENM quando em comparação com contracções voluntárias (Chou *et al.*, 2005). Por outro lado segundo Shephard e Astrand (2000), este avolmar de fadiga local será avolumado também dadas as características intrínsecas da exercitação resistente em cicloergómetro, na medida em que existe uma grande solicitação dos músculos anteriores da coxa, os quais serão responsáveis por um elevado percentual do rendimento neste tipo de movimentos e como tal estarão mais predispostos a uma acumulação de fadiga de carácter periférico ou muscular em detrimento de uma fadiga central ou cardiovascular. Assim sendo, em termos metodológicos ao longo da aplicação do protocolo experimental o tempo de recuperação foi mantido nas 48h, estando incluído neste período um trabalho de recuperação activa. Outra provável situação poderá estar relacionada com uma diminuída supercompensação, isto é, potencialmente poderia o estímulo de treino ainda não ser suficiente para o



desenvolvimento efectivo de determinadas características musculares que permitissem suportar com maior eficácia as exigências do teste proposto. Todavia estas questões sem dúvida carecem de superior esforço investigativo de modo a determinar de forma mais específica as possíveis interações do trabalho cardiovascular assistido por EENM sobre a evolução da potência máxima aeróbia.

**Quadro 3.** Valores de média e desvio padrão da frequência cardíaca nos diferentes patamares, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p, nos dois momentos de avaliação do grupo de controlo.

<b>Grupo de Controlo</b>	Pré-teste		Pós-teste		Dif.	t	p
	Média	Dp	Média	Dp			
10w (Bpm)	99.8	17.41	96.2	13.8	3.6	0.341	0.75
50w	117.0	22.37	108.8	11.03	8.2	0.742	0.49
75w	129.8	26.22	121.6	12.89	8.2	0.57	0.59
100w	145.6	23.79	134.8	21.92	10.8	0.613	0.57
125w	159.4	19.89	149.8	23.44	9.6	0.613	0.57
150w	173.0	14.07	160.8	18.91	12.2	0.948	0.39
175w	184.0	8.0	161.3	12.5	22.67	1.95	0.19
200w	193.0	9.85	170.3	12.42	22.67	1.89	0.199
recuperação 2 min	145.7	15.9	140.5	9.0	5.25	0.438	0.691
recuperação 8 min	111.0	18.09	115.0	8.68	-4	-0.32	0.77
VO <sub>2</sub> máx (ml. Kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	40.47	9.41	45.66	11.45	5.19	-2.63	0.06

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um p<0.05.

**Quadro 4.** Valores de média e desvio padrão da frequência cardíaca nos diferentes patamares, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p, nos dois momentos de avaliação do grupo de EENM.

<b>EENM</b>	Pré-teste		Pós-teste		Dif.	t	p
	Média	Dp	Média	Dp			
10w (Bpm)	105	18.8	85	15.24	20	3.77	0.02*
50w	124	22.04	115.8	17.27	8.2	2.158	0.09
75w	141.6	25.78	129.6	24.13	12	3.328	0.03*
100w	154.6	21.48	142	22.67	12.6	3.69	0.02*
125w	166.2	21.22	153.8	19.68	12.4	5.51	0.005*
150w	177.8	16.87	167	17.65	10.8	4.63	0.01*
175w	184.5	13.13	172.75	14.22	11.75	10.59	0.02*
200w	190.5	13.43	174.5	17.67	16	5.33	0.118
recuperação 2 min	152.6	19.37	136.6	11.69	16	4	0.016*
recuperação 8 min	110	15.47	105.2	11.45	4.8	1.72	0.16
VO <sub>2</sub> máx (ml. Kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	37.31	6.62	42.91	7.66	5.6	-8.22	0.001*

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um p<0.05.

Após a comparação das médias intra-grupais nos dois momentos avaliativos foi possível verificar que as evoluções verificadas no grupo assistido por EENM foram estatisticamente significativas, traduzindo decréscimos médios das frequências cardíacas para uma determinada carga relativa, as quais em algumas situações ascenderam a valores tão elevados como 16-20 batimentos por minuto (Quadro 4). Em contraste as diferenças médias encontradas no grupo de controlo apesar de assumirem também magnitudes diferenciais elevadas, estas não foram suficientes

para lhes atribuir significado estatístico (Quadro 3). Neste âmbito será também de realçar que ambos os grupos obtiveram incrementos médios elevados na potência máxima aeróbia, sendo que estes se revelaram estatisticamente significativos no grupo de EENM e tendencialmente também no grupo de controlo existiu uma aproximação à significância estatística, indicando efectividade em ambos os planos de treino para o desenvolvimento deste parâmetro, embora esta tenha sido mais evidente no grupo de EENM.

**Quadro 5.** Valores de média e desvio padrão da frequência cardíaca nos diferentes patamares, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p no pré-teste entre os dois grupos de estudo.

<b>Pré-teste</b>	Controlo		EENM		t	p
	Média	Dp	Média	Dp		
10w (Bpm)	99.8	17.41	105	18.8	-0.45	0.66
50w	117	22.37	124	22.04	-0.49	0.63
75w	129.8	26.22	141.6	25.68	-0.72	0.49
100w	145.6	23.78	154.6	21.48	-0.63	0.55
125w	159.4	19.89	166.2	21.22	-0.52	0.61
150w	173	14.07	177.8	16.87	-0.48	0.64
175w	181	8.86	184.5	13.12	-0.44	0.67
200w	193	9.84	190.5	13.43	0.24	0.82
recuperação 2 min	147.6	14.38	152.6	19.37	-0.46	0.65
recuperação 8 min	111.8	15.77	110	15.47	0.182	0.86
VO <sub>2</sub> máx (ml. Kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	40.47	9.41	37.31	6.62	0.61	0.56

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um p<0.05.

**Quadro 6.** Valores de média e desvio padrão da frequência cardíaca nos diferentes patamares, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p no pós-teste entre os dois grupos de estudo.

<b>Pós-teste</b>	Controlo		EENM		t	p
	Média	Dp	Média	Dp		
10w (Bpm)	96.2	13.8	85	15.24	1.21	0.26
50w	108.8	11.03	115.8	17.26	-0.76	0.47
75w	121.6	12.89	129.6	24.13	-0.65	0.53
100w	134.8	21.92	142	22.67	-0.51	0.62
125w	149.8	23.44	153.8	19.67	-0.29	0.78
150w	160.8	18.91	167	17.64	-0.53	0.61
175w	165	12.57	177.8	16.709	-1.26	0.25
200w	174.25	12.81	180.75	12.92	-0.72	0.51
recuperação 2 min	140.5	9.1	136.6	11.67	0.55	0.61
recuperação 8 min	115	8.67	105.2	11.45	1.41	0.21
VO <sub>2</sub> máx (ml. Kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	45.65	11.45	42.92	7.66	0.44	0.67

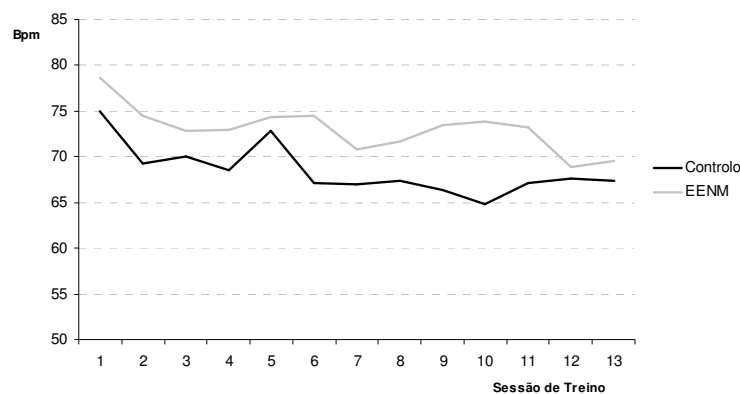
\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um p<0.05.

Em termos da comparação inter-grupal (quadros 5 e 6) os resultados evidenciam que apesar das diferenças alcançadas pelo grupo assistido por EENM serem estatisticamente significativas na sua evolução ao longo do tempo, estas não serão suficientemente evidenciáveis para permitirem uma clara diferenciação das médias inter-grupais, na medida em que ambos os grupos se dirigiram no mesmo

sentido progressivo o que conseqüentemente implicaria uma enorme magnitude da evolução para a ocorrência de afastamento entre as médias grupais. Será também de realçar que na fase inicial de pré-teste o grupo de controlo estaria a nível cardíaco provavelmente em melhores condições, existindo ligeiras diferenças que apesar de não estatisticamente significativas reflectem uma magnitude evolutiva superior do grupo assistido por EENM, sendo que no pós-teste se verificou o esbatimento dessas ligeiras diferenças iniciais, existindo uma grande evolução nos valores encontrados para o pós-teste. O grupo de EENM apesar da situação de desvantagem com que iniciou o estudo (com superior frequência cardíaca) conseguiu, com uma evolução positiva, atingir no pós-teste uma situação de aproximação bastante evidente ao grupo de controlo, o que evidencia um carácter evolutivo de superior magnitude no grupo de EENM, principalmente nos patamares iniciais. Neste sentido, seria de esperar que existisse uma evolução tendencial com o prolongamento da fase de treino, porém devido a questões de carácter metodológico e logístico tal não foi possível não deixando de ser uma sugestão para trabalhos futuros.

#### 4.2 Frequência cardíaca de repouso

No que diz respeito à evolução da frequência cardíaca de repouso, esta evoluiu positivamente decrescendo ao longo da globalidade do processo de treino. Este indicador poderá ser utilizado de uma forma indirecta na avaliação da instalação do processo de sobre-treino, na medida em que ao longo de um trabalho de carácter cardiovascular será de esperar uma gradual diminuição da frequência cardíaca de repouso, estando incrementos bruscos da mesma especificamente ligados com situações de fadiga muscular acentuada e como tal de vital importância na correcta prescrição da carga de treino.



**Figura 3.** Evolução da Frequência cardíaca de repouso ao longo do processo de treino.

O grupo assistido por EENM, dada a intensidade acentuado do esforço efectuado esteve nitidamente por uma vez em situação de fadiga muscular de magnitude elevada, o que desde logo implicou uma redução na carga de treino, sendo posteriormente alcançada nova fase de evolução. Ambos os grupos apresentaram em média uma redução da frequência cardíaca de repouso, sendo a mesma mais acentuada numa fase inicial e gradualmente adquirindo um padrão evolutivo mais lento, porém representativo de adaptações crónicas ao treino de carácter cardiovascular.

**Quadro 7.** Valores de média e desvio padrão da frequência cardíaca nos diferentes patamares, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p, nos dois momentos de avaliação do grupo de EENM.

<i>Fcrepouso</i>	Pré-teste		Pós-teste		Dif.	t	p
	Média	Dp	Média	Dp			
Grupo de Controlo	75.0	9.03	67.3	8.75	7.66	1.91	0.113
EENM	78.67	14.04	69.5	10.63	9.16	3.63	0.02*

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

**Quadro 8.** Valores de média e desvio padrão da frequência cardíaca de repouso, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p no pré e pós-teste entre os dois grupos de estudo.

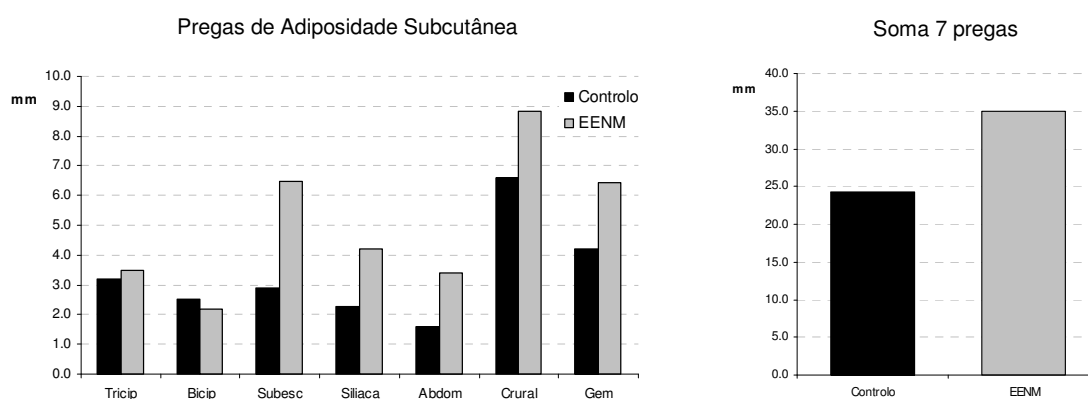
<i>Fcrepouso</i>	Controlo		EENM		t	p
	Média	Dp	media	Dp		
Pré-teste	75	9.03	78.67	14.04	-0.53	0.61
Pós-teste	67.33	8.76	69.5	10.63	-0.38	0.71

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

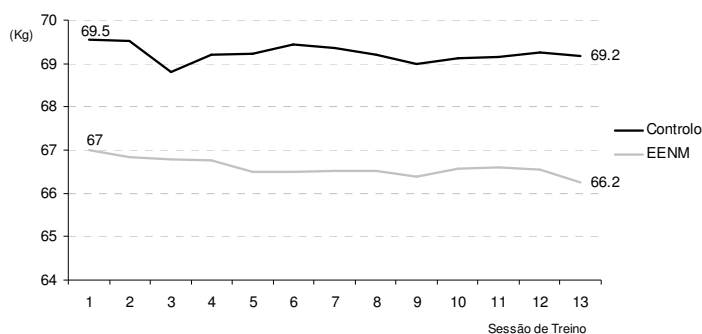
Após uma análise mais aprofundada dos dados recolhidos foi possível verificar que para além da existência de um aparente decréscimo na frequência cardíaca de repouso em ambos os grupos, verificamos que aquele experienciado pelo grupo de EENM se apresentou estatisticamente significativo, o que não se verificou no grupo de controlo. Este facto indicia provavelmente uma adaptação consistente a nível cardiovascular, provavelmente introduzindo a EENM como um meio de redução do tempo necessário para uma adaptação deste género. Todavia este facto requer uma maior profundidade de análise para uma possível generalização de resultados, sendo que apenas na presença de amostras abrangentes e representativas da população em estudo em associação com protocolos experimentais de duração superior. Pela visualização do quadro 8 verificamos também que apesar de existir um incremento significativo ao longo do tempo no seio do grupo de EENM este não foi suficientemente significativo para proporcionar diferenciação inter-grupal no pós-teste.

### 4.3 Antropometria

Relativamente aos parâmetros antropométricos seleccionados para este estudo verificamos uma tendência generalizada no sentido de um decréscimo da adiposidade subcutânea em ambos os grupos. Esta evolução intra-grupal poderá estar fundamentalmente relacionada com a manutenção do nível de esforço ao longo do processo de treino numa intensidade adequada para a mobilização lipídica. Por outro lado a superior estimulação hipertrófica das fibras tipo I no caso dos indivíduos assistidos por EENM, poderia sugerir um superior aporte vascular bem como um superior dispêndio energético na fase de recuperação. Através da comparação entre as diferenças alcançadas pelos dois grupos em cada uma das pregas poderemos inferir acerca das principais localizações preferenciais de depleção na adiposidade subcutânea. Neste sentido, pela observação da figura 5 podemos verificar que as pregas de adiposidade crural e geminal se evidenciam como as principais localizações, facto provavelmente associado com a predominância de utilização dos membros inferior na exercitação em cicloergómetro. Todavia todas as outras pregas foram também alvo de depleção incentivando a teorização de uma mobilização geral da adiposidade subcutânea em detrimento das ideologias vocacionadas apenas para uma perda lipídica de carácter local. Neste conjunto a prega abdominal foi aquela que evidenciou menor magnitude de evolução. A evolução de carácter absoluto referenciada através da soma das 7 pregas foi interessante em ambos os grupos, tendo existido uma superior mobilização lipídica no grupo de EENM.



**Figura 5.** Diferenças intra-grupais na adipometria Pré-Pós teste e seu reflexo inter-grupal.



**Figura 6.** Evolução do peso corporal ao longo do processo de treino.

Ao analisar os dados no sentido da comparação entre médias verificamos que as diferenças evolutivas encontradas inicialmente assumem um perfil estatisticamente significativo apenas no grupo de EENM, em todos os parâmetros de adipometria excepto no caso da prega tricipital, pese embora exista uma grande aproximação à significância estatística e desde logo um padrão tendencial semelhante às restantes pregas recolhidas. Podemos então afirmar que ambos os grupos evoluíram ao longo do tempo no sentido de uma mobilização lipídica subcutânea, sendo que o grupo de EENM evidenciou diferenças com uma magnitude absoluta superior, aproximando-se inclusivé em alguns dos casos este valor a uma redução aproximadamente 50% superior (como por exemplo no caso da prega subescapular). Porém estas reduções não foram significativamente evidentes na redução dos perímetros, sendo provável uma conjugação deste estímulo acrescido na mobilização da adiposidade com um aumento da hipertrofia muscular, facto possivelmente explicativo dos elevados valores encontrados para as pregas crural e geminal, referentes a áreas musculares activamente envolvidas na exercitação prescrita e como tal passíveis de remodelação estrutural.

**Quadro 9.** Valores de média e desvio padrão das medições antropométricas, bem como das respectivas diferenças e os valores de t e p, nos dois momentos de avaliação do grupo de controlo.

<b>G. Controlo</b>		Pré-Teste		Pós-Teste		Dif.	t	p
		Média	Dp	Média	Dp			
Perimetria	Braquial Tenso	29.17	3.42	28.83	2.56	0.33	0.191	0.856
	Braquial Relaxado	27.33	3.33	27.41	2.38	0.08	-0.04	0.966
	Crural	58.17	6.68	56.98	4.53	1.18	0.295	0.78
	Geminal	36.75	2.99	37.05	2.74	0.03	-0.14	0.894
Adipometria	Tricipital	21.07	10.77	17.86	9.73	3.2	0.454	0.669
	Bicipital	9.57	5.25	7.03	3.92	2.53	0.744	0.49
	subescapular	15.73	4.28	12.85	2.56	2.88	1.24	0.27
	Suprailiaca	13.2	7.5	10.93	7.39	2.27	0.426	0.688
	Abdominal	21.13	14.63	19.53	13.74	1.6	0.16	0.879
	Crural	28.23	16.38	21.58	11.91	6.65	0.643	0.549
	Geminal	19.17	10.72	14.98	7.85	4.18	0.661	0.538
Soma 7 Pregas		128.1	64.38	104.78	52.11	23.32	0.54	0.612
Peso Corporal		69.55	11.29	69.183	10.42	0.36	0.739	0.493

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0$ .

**Quadro 10.** Valores de média e desvio padrão das medições antropométricas, bem como das respectivas diferenças e os valores de t e p, nos dois momentos de avaliação do grupo de EENM.

<b>EENM</b>		Pré-Teste		Pós-Teste		Dif	t	p
		Média	Dp	Média	Dp			
Perimetria	Braquial Tenso	29.33	3.54	29.13	3.43	0.2	1.03	0.34
	Braquial Relaxado	27.17	3.14	28.91	3.07	0.25	0.745	0.49
	Crural	56.92	5.95	56.88	5.38	0.03	0.064	0.95
	Geminal	36.72	4.6	36.25	4.33	0.46	0.992	0.36
Adipometria	Tricipital	18.4	8.04	14.92	6.38	3.48	2.27	0.07
	Bicipital	8.43	3.4	6.23	2.13	2.2	2.46	0.05*
	subescapular	19.43	7.57	12.97	3.9	6.46	4.13	0.009*
	Suprailiaca	14.7	5.57	10.48	3.64	4.22	2.5	0.05*
	Abdominal	23.13	8.75	19.72	8.13	3.42	5.54	0.003*
	Crural	29.16	15.1	20.35	11.25	8.82	3.8	0.013*
	Geminal	20.17	14.59	13.75	10.21	6.42	3.19	0.024*
Soma 7 Pregas		133.43	57.18	98.42	42.23	35.01	4.09	0.009*
Peso Corporal		66.983	13.67	66.27	13.63	0.717	3.6	0.016*

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

As reduções generalizadas reflectiram-se decerto na evolução do peso corporal ao longo do processo de treino, o qual também se apresentou estatisticamente alterado de forma significativa, consolidando ainda mais a utilização de EENM na redução da adiposidade subcutânea e controlo do peso corporal. A título de curiosidade tera sido evidente também uma evolução nas pregas tricipital e bicipital embora teoricamente esta zona corporal não estivesse directamente vocacionada para a exercitação, mas sim com uma função de suporte. Todavia certos estudos têm sugerido que a força de prensão excessiva de membros superiores exercida pelos sujeitos ao longo da fase de trabalho implicará um dispêndio energético acrescido nestas localização de mobilização complementar. A contracção muscular de carácter

isométrico dos grupos musculares dos membros superiores será possivelmente o factor explicativo do sucedido, sendo que esta será mais uma evidência que aponta no sentido de uma mobilização geral das camadas de adiposidade subcutânea.

**Quadro 11.** Valores de média e desvio padrão dos parâmetros antropométricos, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p no pré-teste entre os dois grupos de estudo.

<b>Pré-Teste</b>		Controlo		EENM		t	p
		Média	Dp	Média	Dp		
Perimetria	Braquial Tenso	29.17	3.42	29.33	3.54	-0.83	0.94
	Braquial Relaxado	27.33	3.33	27.17	3.14	0.089	0.93
	Crural	58.17	6.68	56.92	5.95	0.34	0.74
	Geminal	36.75	2.99	36.72	4.6	0.015	0.98
Adipometria	Tricipital	21.07	10.77	18.4	8.04	0.48	0.64
	Bicipital	9.57	5.25	8.43	3.4	0.44	0.67
	subescapular	15.73	4.28	19.43	7.57	-1.04	0.32
	Suprailiaca	13.2	7.5	14.7	5.57	-0.39	0.702
	Abdominal	21.13	14.63	23.13	8.75	-0.28	0.78
	Crural	28.23	16.38	29.16	15.1	-0.103	0.92
	Geminal	19.17	10.72	20.17	14.59	-0.135	0.89
	Soma 7 Pregas	128.1	64.38	133.43	57.18	-0.152	0.88
Peso Corporal	69.55	11.29	66.98	13.68	0.35	0.73	

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

**Quadro 12.** Valores de média e desvio padrão dos parâmetros antropométricos, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p no pós-teste entre os dois grupos de estudo.

<b>Pós- Teste</b>		Controlo		EENM		t	p
		Média	Dp	Média	Dp		
Perimetria	Braquial Tenso	28.83	2.56	29.13	3.43	-0.17	0.86
	Braquial Relaxado	27.41	2.38	28.91	3.07	-0.31	0.76
	Crural	56.98	4.53	56.88	5.38	0.035	0.97
	Geminal	37.05	2.74	36.25	4.33	0.38	0.71
Adipometria	Tricipital	17.86	9.73	14.92	6.38	0.62	0.55
	Bicipital	7.03	3.92	6.23	2.13	0.44	0.67
	subescapular	12.85	2.56	12.97	3.9	-0.61	0.95
	Suprailiaca	10.93	7.39	10.48	3.64	0.134	0.89
	Abdominal	19.53	13.74	19.72	8.13	-0.028	0.98
	Crural	21.58	11.91	20.35	11.25	0.184	0.86
	Geminal	14.98	7.85	13.75	10.21	0.235	0.82
	Soma 7 Pregas	104.78	52.11	98.42	42.23	0.233	0.921
Peso Corporal	69.18	10.42	66.27	13.63	0.42	0.68	

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

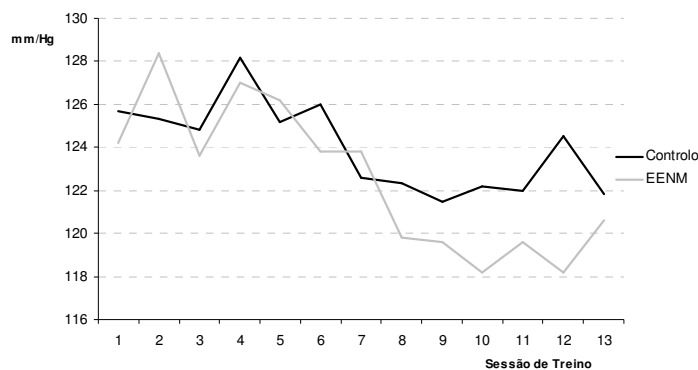
No âmbito da comparação inter-grupal independente verifica-se a inexistência de uma superiorização grupal, sendo que os dados obtidos pelo grupo de EENM não possuíram substantividade suficiente por forma a permitir um afastamento significativo entre as médias grupais. Todavia será de realçar a evidente tendência nesse sentido, sendo provável que com o prolongamento do período de treino, ou incremento do



volume do mesmo, o estímulo acrescido propiciado pela EENM desse origem a uma evolução de carácter significativamente superior.

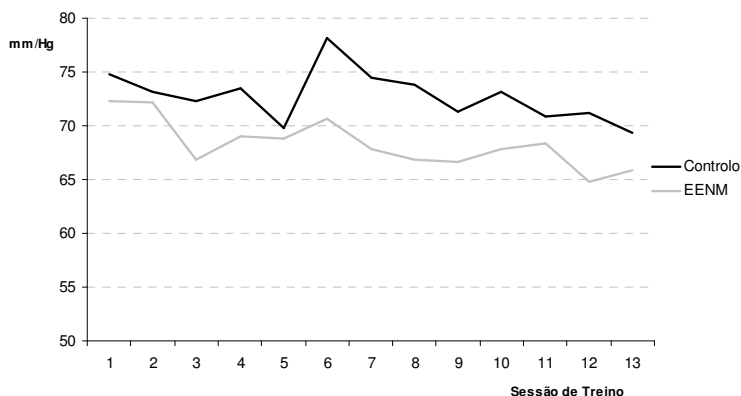
#### 4.4 Pressão arterial

Ao longo do processo de treino procurando estabelecer parâmetros referenciais acerca da evolução da tensão arterial de repouso e qual a influência da utilização da EENM na mesma, os sujeitos foram continuamente avaliados previamente ao esforço efectuado. Os resultados indiciam um claro efeito hipotensor do exercício cardiovascular, estando estas evoluções positivas patentes tanto na situação sistólica como na diastólica. A nível sistólico as evoluções foram de facto muito visíveis, sendo o grupo assistido por EENM aquele que apresentou um desenvolvimento mais evidente.



**Figura 7.** Evolução temporal da Pressão arterial sistólica ao longo do processo de treino

Na Tensão arterial diastólica os efeitos demonstraram ser mais suaves, mas ainda assim mais efectivos novamente no grupo com EENM.



**Figura 8.** Evolução temporal da Pressão arterial sistólica ao longo do processo de treino

Em termos da comparação entre médias, a nível intra-grupal verificamos evoluções estatisticamente significativas da pressão arterial diastólica ao longo do

processo de treino, bem como uma aproximação à significância estatística no caso da pressão arterial sistólica para o grupo de EENM. Estes dados traduzem uma confirmação vital induzindo a percepção de um efeito hipotensor benéfico inerente ao exercício físico de base cardiovascular em apenas quatro semanas de exercício. A utilização de EENM não traduziu qualquer impacto negativo, inclusive alcançando resultados ligeiramente superiores ao grupo de controlo. No que diz respeito à comparação inter-grupal verificamos que o distanciamento a nível evolutivo entre os dois grupos não atingiu um perfil suficientemente significativo para permitir a diferenciação grupal, embora a tendência do grupo de EENM estivesse claramente vocacionada nesse sentido (facto observável nas figuras 7 e 8).

**Quadro 13.** Valores de média e desvio padrão da Pressão Arterial, bem como das respectivas diferenças e os valores de t e p, nos dois momentos de avaliação dos grupos de estudo.

Grupo de Controlo							
	Pré-teste		Pós-teste		Dif.	t	p
	Média	Dp	Média	Dp			
TA sistólica	125.67	8.31	121.83	4.7	3.83	0.818	0.451
TA diastólica	74.83	8.33	69.33	8.09	5.5	3.51	0.02*
Grupo de EENM							
TA sistólica	128.5	14.48	123.67	11.31	4.83	2.02	0.09
TA diastólica	72.33	6.35	65.83	4.4	6.5	6.15	0.002*

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

**Quadro 14.** Valores de média e desvio padrão da Pressão Arterial, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p no pré e pós-teste entre os dois grupos de estudo.

Pré-teste						
	G. Controlo		EENM		t	p
	Média	Dp	media	Dp		
TA sistólica	125.67	8.31	128.5	14.48	-0.42	0.69
TA diastólica	74.83	8.33	72.33	6.34	0.58	0.57
Pós-teste						
TA sistólica	121.83	4.71	123.67	11.31	-0.37	0.72
TA diastólica	69.33	8.09	65.83	4.4	0.93	0.37

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

Todavia será de realçar que apesar de não serem significativas os decréscimos médios de aproximadamente 4 mm/Hg na pressão sistólica e 6 mm/Hg na pressão arterial diastólica permitem criar uma expectativa interessante para pessoas que possuem problemáticas hipertensivas que poderão usufruir da utilização da EENM na redução do impacto tensional do exercício cardiovascular intenso associado a evoluções significativas quer na redução da pressão arterial como um todo bem como no aumento da potência máxima aeróbia como foi descrito anteriormente. No entanto esta idealização necessitará de um estudo mais aprofundado e vocacionado para esta questão, porém os dados obtidos indiciam em termos de estudo piloto a

probabilidade de ocorrência desse tipo de situação, o que se poderia traduzir no incremento da qualidade de vida para este tipo de populações.

#### 4.5 Força máxima dinâmica concêntrica e isométrica de membros inferiores

Analisando o quadro 15 verificamos que no grupo de EENM não foram encontradas diferenças significativas nos valores do peak torque nos movimentos de extensão e flexão do MI direito, o mesmo acontece com o movimento de extensão de MI esquerdo onde existe até uma ligeira diminuição dos valores médios de peak torque. Apenas na flexão do MI esquerdo encontramos diferenças com significado estatístico entre os dois momentos de avaliação. Este resultado poderá ter alguma explicação no valor relativamente baixo encontrado na avaliação inicial e na solicitação deste grupo muscular durante o pedalar.

Em relação às acções isométricas nota-se que em ambos os grupos quase que não existiram ganhos de força máxima, isto deve-se quanto a nós, às características do programa desenvolvido por ambos os grupos de estudo em que o objectivo era essencialmente o desenvolvimento da resistência e não o da força máxima.

**Quadro 15.** Valores de média e desvio padrão do peak torque no movimento de extensão e flexão dos membros inferiores direito e esquerdo, à velocidade de  $90^{\circ}\text{S}^{-1}$  e de forma isométrica, entre o primeiro e segundo momento de avaliação, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p para os dois grupos de estudo.

Membro inferior Direito									
			pré-teste		Pós-teste		Dif.	t	p
			Média	Dp	Média	Dp			
Controlo	Peak Torque Isocinético (90 rad/seg)	Extensão	186.4	22.98	185.2	24.42	1.2	0.583	0.591
		Flexão	109.2	27.83	121	25.17	-11.8	-2.33	0.08
	Isométrico	Extensão	243.6	21.81	246.4	32.1	-2.8	-0.193	0.857
		Flexão	107	29.54	107.4	22.03	-0.4	-0.074	0.944
EENM	Peak Torque Isocinético (90 rad/seg)	Extensão	205.6	26.85	192.4	24.12	13.2	2.105	0.103
		Flexão	133.6	30.31	139.2	32.47	-5.6	-1.02	0.366
	Isométrico	Extensão	232	47.38	236.4	42.66	-4.4	-0.255	0.81
		Flexão	109.2	23.56	105	10.61	4.2	0.581	0.593
Membro inferior Esquerdo									
			Pré-teste		Pós-teste		Dif.	t	p
			Média	Dp	Média	Dp			
Controlo	Peak Torque Isocinético (90 rad/seg)	Extensão	181	23.35	190.6	28.75	-9.6	-2.91	0.04*
		Flexão	95	23.53	124.8	20.35	-29.8	-2.963	0.04*
	Isométrico	Extensão	244.4	28.28	255.2	23.63	-10.8	-2.61	0.06
		Flexão	110	17.51	113	27.96	-3	-0.551	0.61
EENM	Peak Torque Isocinético (90 rad/seg)	Extensão	203.6	27.32	193.6	25.99	10	1.37	0.24
		Flexão	124.6	26.53	141	26.46	-16.4	-4.78	0.009*
	Isométrico	Extensão	214.4	35.51	231.6	38.15	-17.2	-0.828	0.45
		Flexão	105.4	28.09	110	24.4	-4.6	-0.958	0.39

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

#### 4.6 Rácios Isquiotibial/quadrícipite e Diferenças Bilaterais

Através da razão I/Q podemos avaliar a habilidade funcional dos músculos, verificar o equilíbrio muscular e, por conseguinte, reflectir uma potencial predisposição para lesões musculares. Deste modo, justifica-se o facto da razão I/Q ser frequentemente utilizada através da dinamometria isocinética para avaliar a função muscular.

O valor normativo da razão I/Q varia ligeiramente de autor para autor em função de determinados factores, no entanto o valor mais aceite é 0.60 (60%). A detecção de desequilíbrios musculares deve, assim, ter como referência este valor.

Em relação à análise dos rácios I/Q nas acções dinâmicas concêntricas verificamos que em ambos os grupos houve um aumento deste valor o que nos sugere um maior desenvolvimento da força dos isquiotibiais em relação quadrícipetes. O aumento da média dos rácios I/Q entre o primeiro e segundo momento de avaliação foi de tal ordem que obteve diferenças significativas, algumas com valor estatístico, nos membros inferiores dos dois grupos de estudo. Em relação à comparação dos valores de rácios I/Q entre os dois momentos de avaliação em acções isométricas verificamos que quase não existiram alterações dos valores em ambos os grupos.

**Quadro 16.** Valores de média e desvio padrão dos rácios, entre o primeiro e segundo momento de avaliação, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p para os dois grupos de estudo.

		Rácios Isquiotibial/Quadrícipite						
		Pré-teste		Pós teste		Dif.	t	p
		Média	Dp	Média	Dp			
<b>isocinetico</b>								
Controlo	Direito	0.589	0.15	0.656	0.14	-0.068	-3.123	0.035*
	Esquerdo	0.526	0.13	0.66	0.1	-0.134	-2.381	0.076
EENM	Direito	0.646	0.08	0.718	0.095	-0.072	-2.43	0.07
	Esquerdo	0.61	0.08	0.732	0.11	-1.22	-6.31	0.01*
<b>isometrico</b>								
Controlo	Direito	0.434	0.09	0.436	0.08	-0.002	-0.085	0.936
	Esquerdo	0.45	0.6	0.44	0.1	0.01	0.48	0.651
EENM	Direito	0.474	0.07	0.45	0.06	0.022	1.222	0.289
	Esquerdo	0.49	0.08	0.498	0.2	-0.008	-0.15	0.89

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

O desequilíbrio da força muscular nos MI é um importante factor de risco de lesão, sendo uma consequência da prática de actividades que podem apelar ao predomínio de um lado relativamente ao outro, fomentando-se, desta forma, a assimetria e dominância de um lado em relação ao outro.

Os valores de referência nas comparações bilaterais entre isquiotibiais e quadrícipetes devem variar entre 5 a 10%, mantendo-se os mesmos valores tanto para as acções concêntricas como excêntricas (Perri, 1993; Kannus, 1994). Caso se verifiquem diferenças bilaterais inferiores a 10% é considerado um valor normal. Se as diferenças variarem entre 10 a 20% é considerado um valor provavelmente anormal.

Valores superiores a 20% são considerados anormais, como tal, poderão agravar os riscos de lesão nas estruturas mais fragilizadas (Kannus, 1994).

No quadro 17 verificamos que não existiram grandes alterações nas médias das diferenças bilaterais entre o primeiro e segundo momento de avaliação em ambos os grupos de estudo. Houve até uma alteração positiva nos isquiotibiais do grupo de controlo que passaram de um valor acima do normal no pré-teste (12%) para um valor dentro da normalidade (9%). Os restantes dados estão todos dentro dos parâmetros de normalidade descritos pela literatura.

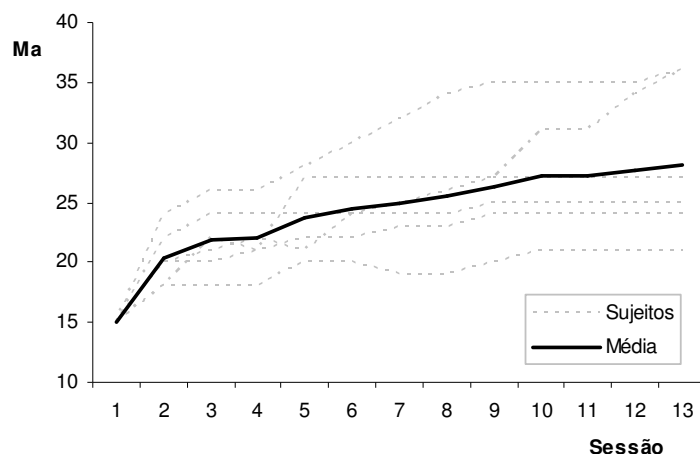
**Quadro 17.** Valores de média e desvio padrão das diferenças bilaterais, entre o primeiro e segundo momento de avaliação, bem como as respectivas diferenças e os valores de t e p para os dois grupos de estudo.

Diferenças Bilaterais dos músculos da coxa								
		Pré-teste		Pós teste		Dif.	t	p
<i>isocinetico</i>		Média	Dp	Média	Dp			
Controlo	Extensores	2.9	2.83	4.48	3.26	-1.578	-0.673	0.53
	flexores	12.76	5.97	9.11	5.43	3.65	0.846	0.445
EENM	Extensores	3.4	2.77	6.03	3.01	-2.63	-2.72	0.05
	Flexores	6.52	4.91	4.65	4.22	1.87	0.674	0.537
		Pré-teste		Pós teste		Dif.	t	p
<i>isometrico</i>		Média	Dp	Média	Dp			
Controlo	Extensores	6.1	5.34	5.8	3.23	0.296	0.152	0.887
	flexores	12.01	10.07	7.12	5.66	4.89	0.749	0.495
EENM	Extensores	6.92	5.13	10.54	8.94	-3.62	-1.01	0.37
	Flexores	7.88	6.83	9.58	7.55	-1.7	-0.308	0.774

\* - Existência de diferenças estatisticamente significativas para um  $p < 0.05$ .

#### 4.7 Evolução na amplitude de estimulação

Ao longo do processo de treino existiu um elevado grau de adaptação muscular à amplitude de estimulação induzida. Este facto permitiu ao longo do processo de treino incrementar gradualmente os limites de estimulação possíveis pelos sujeitos, procurando manter sempre o nível estimulatório num limiar optimal. Através da observação da figura 9 verificamos a existência de uma elevada variabilidade intra-grupal, que se traduziu numa evolução média de 16% na amplitude da estimulação.



**Figura 9.** Evolução temporal da amplitude de estimulação ao longo do processo de treino

Quando analisando esta evolução em termos relativos foi possível verificar que de facto a generalidade dos sujeitos apresenta uma resposta diferencial ao estímulo muscular eléctrico, o que cada vez mais implica a elaboração de metodologias e protocolos de determinação da carga individual específica de EENM, os quais deverão estar devidamente validados e baseados em meios de avaliação de cariz prático. A proposta por nós apresentada assume-se como uma adaptação ao tipo de exercitação, estando profundamente relacionada com a necessidade de permitir um elevado grau de conforto de estimulação ao longo do ciclo da pedalada em conjunto com uma elevada intensidade de trabalho involuntário. Porém verificou-se que esta intensidade se encontrou geralmente abaixo do limiar de dor de cada sujeito, factor que desde logo sugere que fora do contexto de exercitação em ciloergómetro as intensidades de estimulação poderão ser mais elevadas desde que exista uma preocupação no impedimento de um total encurtamento muscular ao longo dos deslocamentos segmentares.

**Quadro 17.** Evolução dos valores da amplitude de estimulação em Miliampères ao longo do processo de treino.

<b>Sujeitos</b>	<b>Adaptação</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>	<b>% evolução</b>
S01	15	20	21	4.76
S02	15	24	25	4.00
S03	15	28	36	22.22
S04	15	21	27	22.22
S05	15	22	24	8.33
S06	15	27	36	25.00
<b>Média</b>	<b>15</b>	<b>23.7</b>	<b>28.2</b>	<b>16.08</b>

## **5. Conclusões**

Após uma análise atenta dos resultados obtidos poderemos verificar as seguintes conclusões:

- Em termos de uma análise intra-grupal verificamos que no grupo assistido por electroestimulação existiram evoluções estatisticamente significativas nos parâmetros de potência máxima aeróbia (incremento no VO<sub>2</sub>máx e decréscimo dos patamares de frequência cardíaca para uma determinada carga de trabalho), Frequência cardíaca de repouso (decrécimo), Antropometria (Diminuição nas Pregas de adiposidade subcutânea com excepção da prega tricipital, soma das 7 pregas e peso corporal) e Pressão arterial diastólica (decrécimo). Neste âmbito o grupo de controlo apenas apresentou evoluções significativas a nível da pressão arterial diastólica.
- Em termos de uma análise inter-grupal podemos concluir que a magnitude evolutiva dos resultados não permitiu que as médias grupais se distanciassem no pós-teste, apesar de existir uma tendência nesse sentido com ênfase no afastamento do grupo de EENM em termos da potenciação do processo de treino em intervalos de tempo mais reduzidos. Podemos pois acreditar que em estudos futuros através de um incremento temporal do protocolo de treino em associação com a manutenção ou elevação do volume de treino as diferenças poderiam ser significativas.

## **Agradecimentos:**

O laboratório do Movimento Humano gostaria de agradecer ao “Holmes Place Arrábida Health Club” pela cedência de infraestruturas materiais na concretização deste projecto, sem as quais o mesmo não seria possível. Esta atitude assumiu-se como um vital incentivo para a produção de conhecimento científico nesta área de estudo.

## 5. Bibliografía

1. Astrand P.O., Rodahl K. (1980).- Manuel de physiologie de l'exercice physique.- Paris : Ed. Masson, (2e éd.),.
2. Boschetti G. (2002): Qué es la electroestimulación? Teoría, práctica e metodología de entrenamiento, Editorial Paidotribo.
3. Bressel E., Heise D. e Bachman G. (1998): A Neuromuscular and Metabolic Comparison Between Forward and Reverse Pedaling, Journal of Applied Biomechanics, nº14, pp: 401-411.
4. Brown M., Jeal S., Bryant J. e Gamble J. (2001): Modifications of Microvascular Filtration Capacity in Human Limbs by Training and Electrical Stimulation, Acta Physiologica Scandinava, nº173, pp: 359-368.
5. Brown D., Kautz S. e Dairaghi C. (1996): Muscle Activity Patterns Altered During Pedaling at Different Body Orientations, Journal of Biomechanics, 29 (10), pp: 1349-1356.
6. Caldwell G., Hagberg J., McCole S. e Li Li (1999): Lower Extremity Joint Moments During Uphill Cycling, Journal of Applied Biomechanics, nº15, pp: 166-181.
7. Chou I., Ding J., Wexler A. e Binder-McLeod S. (2005): Predicting Optimal Electrical Stimulation For Repetitive Human Muscle Activation, Journal of Electromyography and Kinesiology, nº15, pp: 300-309.
8. Colson S., Martin A. e Vao Hoecke J. (2000): Re-examination of Training Effects by Electrostimulation in the Human Elbow Musculoskeletal System, International Journal of Sports Medicine, nº21, pp: 281-288.
9. Kannus, P. (1994): Isokinetic evaluation of muscular performance – implications for muscle testing and rehabilitation. International Journal of Sports Medicine, 5(11):S8-11.
10. Lee S. e Binder-Macleod S. (2000): Effects of Activation Frequency on Dynamic Performance of Human Fresh and Fatigued Muscles, Journal of Applied Physiology, nº88, pp: 2166-2175.
11. Maffiuletti N., Cometti G., Amiridis G., Martin A., Pousson M. e Chatard J. (2000): The Effects of Electromyostimulation Training and Basketball practice on Muscle Strength and Jumping ability, International Journal of Sports Medicine, nº21, pp: 437-443.
12. Maffiuletti N., Dugnani S., Folz M., Pierro E. e Mauro F. (2002): Effect of Combined Electrostimulation and Plyometrix Training on Vertical Jump Height, Medicine & Science in Sports & Exercise, nº9, pp:1638-1644.
13. Nelson A. (1996): Supramaximal Activation Increases Motor Unit Velocity of Unloaded Shortening, Journal of Applied Biomechanics, nº12, pp: 285-291.
14. Neptune R., Kautz S. e Hull M. (1997): The Effect of Pedaling Rate on Coordination in Cycling, 30(10), pp: 1051-1058.



15. Neptune R. e Hull M. (1996): Methods for Determining Hip Movement in Seated Cycling and Their Effect on Kinematics and Kinetics, *Journal of Applied Biomechanics*, nº12, pp:493-507.
16. Perrin, D. (1993): *Isokinetic exercise and assessment*. Human Kinetics Publishers.
17. Raasch C., Zajac F., Ma B. e Levine W. (1997): Muscle Coordination of Maximum-Speed Pedaling, *Journal of Biomechanics*, 30 (6), pp: 595-602.
18. Sarre G., Lepers R., Ballay Y. e Van Hoecke J. (2004): Cadence, Power Output and Mechanical Torque During Pedaling, *Journal of Human Movement Studies*, nº47, pp: 133-142.
19. Savelberg H., Van de Port I. e Willems P. (2003): Body Configuration in Cycling Affects Muscle Recruitment and Movement Pattern, *Journal of Applied Biomechanics*, nº19, pp: 310-324.
20. Strojnik V. (1998): The Effects of Superimposed Electrical Stimulation of the Quadriceps Muscles on Performance in Different Motor Tasks, *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, nº38, pp: 194-200.
21. Shephard R. e Astrand P. (2000): *The Encyclopaedia of Sports Medicine: Endurance In Sport*, Published by Blackwell Scientific Pub., International Olympic Comittee.