

**FEDERAÇÃO NACIONAL DE KARATE – PORTUGAL
SECTOR TÉCNICO – DEPARTAMENTO DE FORMAÇÃO
DIVISÃO DE TREINADORES**

**TEORIA E METODOLOGIA DO TREINO DE KARATÉ
MÓDULO DE FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS**

O TREINO E O METABOLISMO ENERGÉTICO

PAULO BANDURRA

JUNHO DE 2000

Índice

1. Introdução	1
2. Teoria do Treino de Karaté	2
2.1. O Conceito de Treino Desportivo	2
2.2. A Carga de Treino	4
2.3. Leis da Carga de Treino	4
2.3.1. Lei da Sobrecarga	4
2.3.2. Lei da Especificidade	4
2.3.3. Lei da Reversibilidade	5
2.3.4. Lei da Retardabilidade	5
2.4. Componentes da Carga de Treino	5
2.4.1. O Volume	5
2.4.2. A Intensidade	5
2.4.2.1. A Relação entre o Volume e a Intensidade	6
2.4.3. A Complexidade	6
2.4.4. A Densidade	7
2.5. Leis do Treino Desportivo	7
2.5.1. Lei da Individualização	8
2.5.2. Lei da Continuidade	8
2.5.3. Lei da Progressão	8
2.5.3.1. Tipos de Progressão das Cargas de Treino	9
2.5.3.1.1. Progressão Linear	9
2.5.3.1.2. Progressão Escalonada	9
2.5.3.1.3. Progressão Ondulada	9
2.5.4. Lei da Alternância	11
2.5.5. Lei da Multilateralidade	11
2.6. O Conceito de Síndrome Geral de Adaptação	12
2.7. Reacção Orgânica à Carga de Treino e fase de Supercompensação	13
3. Metabolismo Energético ao Nível Muscular Esquelético	14
3.1. Processos de Ressíntese de ATP	15
3.1.1. Metabolismo Anaeróbio Aláctico	15
3.1.2. Metabolismo Anaeróbio Láctico	16
3.1.3. Metabolismo Aeróbio	17

3.2. Factores Limitativos dos Processos de Ressíntese de ATP	18
3.2.1. Metabolismo Anaeróbio Aláctico	18
3.2.2. Metabolismo Anaeróbio Láctico	18
3.2.3. Metabolismo Aeróbio	18
4. Adaptações do Tecido Muscular Esquelético ao Esforço	20
4.1. Estrutura e Composição Química do Músculo Esquelético	20
4.1.1. Características das Fibras Musculares Vermelhas ou Tipo I	20
4.1.2. Características das Fibras Musculares Brancas ou Tipo II	21
4.1.2.1. Características dos Sub-Grupos das Fibras Musculares Brancas	21
4.2. A Enervação do Músculo Esquelético	21
4.2.1. Os Receptores Musculares e Tendíneos	22
4.2.2. O Reflexo de Estiramento ou Miotático	23
4.2.3. O Servomecanismo	23
4.3. O processo Contráctil	23
4.3.1. Os Fenómenos Químicos da Contração Muscular	23
4.3.2. Os Diferentes Tipos de Contração Muscular	23
4.3.2.1. As Características do Órgão Efector	25
4.3.2.1.1. O Diâmetro do Músculo	25
4.3.2.1.2. O Comprimento do Músculo no Momento da Estimulação	25
4.3.2.1.3. A Disposição das Fibras Musculares	25
4.3.2.1.4. A Temperatura	26
4.3.2.1.5. Os Fenómenos da Viscosidade	26
4.3.2.2. As Características do Comando	26
4.3.2.2.1. A Intensidade do Estímulo	26
4.3.2.2.2. A Frequência dos Impulsos	26
5. Bibliografia	27
6. Endereços da Internet	29

1. Introdução

Actualmente parece indiscutível que através do treino metódico, sistemático e continuado é possível melhorar as capacidades funcionais dos karatecas que se traduz numa melhoria do seu rendimento. Nesta perspectiva parece-nos fundamental que todos os treinadores tenham uma visão de conjunto do processo de Treino Desportivo em geral e em particular no Karaté.

Constitui objectivo deste bloco do Curso de Treinadores Nível I provocar a reflexão sobre esta problemática através, por um lado, dos conhecimentos da *Fisiologia Humana*¹ e, por outro, da prática acumulada ao longo dos anos por todos aqueles que têm dedicado grande parte da sua vida ao ensino do Karaté.

Deste modo iremos, numa primeira abordagem, concentrarmo-nos no conceito de Treino Desportivo e as suas implicações tendo sempre a preocupação de as confrontar com aspectos concretos das vivências que todos os treinadores certamente possuem e, posteriormente, nas formas que o organismo dispõe para transformar energia química em energia mecânica.

Por fim dedicaremos a nossa atenção às adaptações do tecido muscular esquelético ao esforço com o objectivo de conhecermos um pouco melhor a constituição e dinâmica daquele quando submetido ao processo de treino.

¹ Entenda-se por Fisiologia Humana a ciência que estuda as funções orgânicas pelas quais a vida humana se manifesta.

2. Teoria do Treino de Karaté

2.1. O Conceito de Treino Desportivo

Podemos encontrar diversas definições de Treino Desportivo (TD) reflectindo, cada uma delas, a formação dos autores que se dedicam aquela problemática. Segundo Hollmann “treino desportivo é a soma de solicitações corporais repetidas, executadas em espaços de tempo determinados, destinadas a aumentar o rendimento, as quais levam a modificações morfológicas e funcionais do organismo.” O conceito de TD definido por Holmann prende-se mais com uma visão fisiológica e é essencialmente sob esta perspectiva que vamos centrar a nossa intervenção.

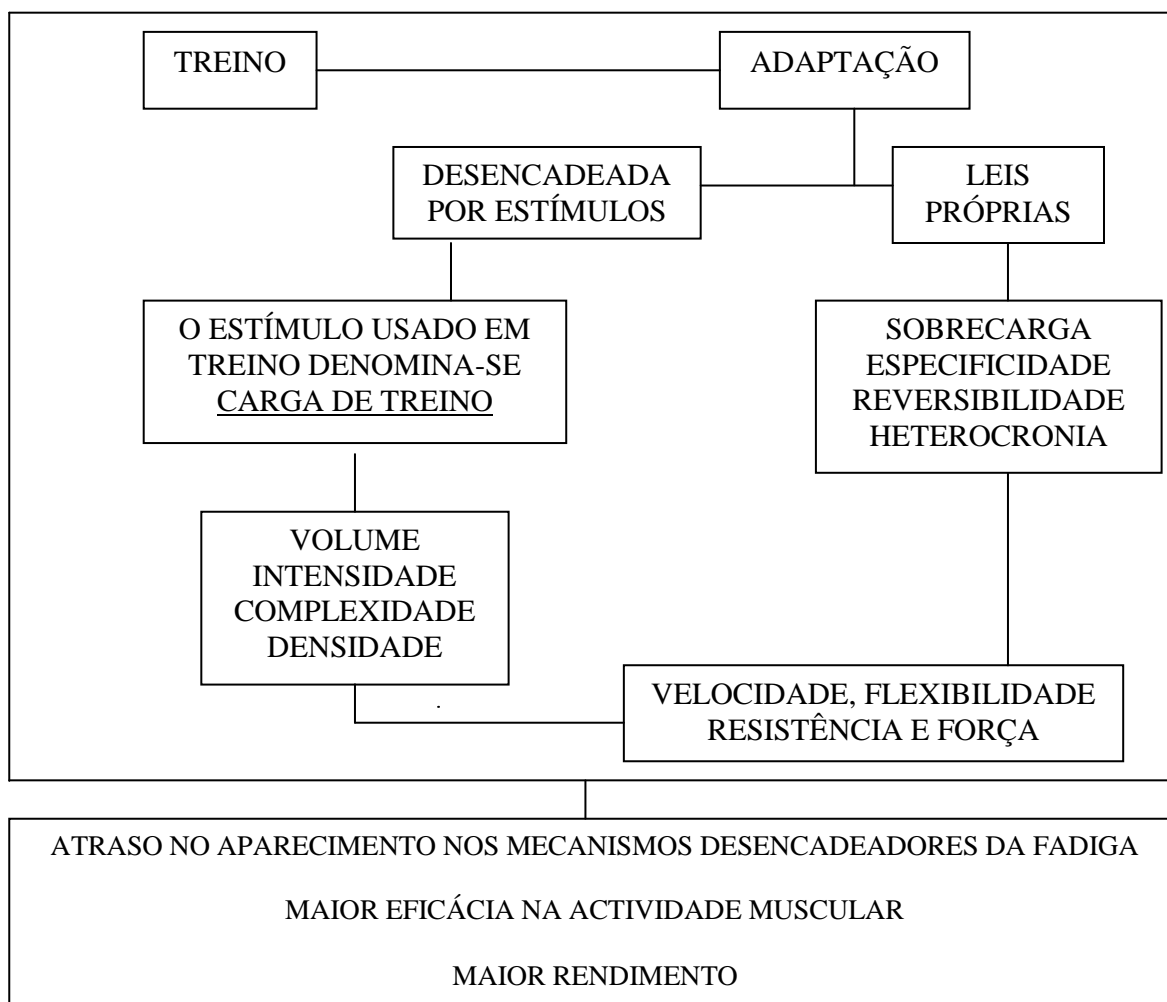


Fig. 1. Treino Desportivo como um processo que desencadeia uma nova adaptação (Pereira, 1988)

As solicitações corporais repetidas têm de ter em conta os aspectos biológicos do indivíduo no sentido de levar a uma nova adaptação com vista a um elevado nível de rendimento. O esquema anterior traduz uma perspectiva fisiológica do conceito de TD.

O TD procura romper com equilíbrio em que o indivíduo se encontra e criar uma nova adaptação. Para tal é necessário recorrer a solicitações corporais (estímulos) sistemáticas em determinados períodos de tempo que em treino denominam-se Carga de Treino (CT).

A CT tem características ou leis próprias que condicionam a sua aplicação, isto é, os critérios que devemos ter em conta na sua aplicação. Por outro lado devemos conhecer perfeitamente de que é que se compõe a CT, isto é, as componentes da carga.

Da articulação das componentes da CT e das suas leis vamos poder objectivar as qualidades físicas com vista a um atraso no aparecimento dos mecanismos desencadeadores da fadiga, uma maior eficácia na actividade muscular, ou seja, um maior rendimento por parte do indivíduo.

Importa ainda salientar que o rendimento está subjacente à condição física do indivíduo em causa e às características técnicas da modalidade. A par dos conhecimentos das componentes da CT bem como das suas leis, para que a adaptação seja particularizada é fundamental conhecer a carga física exigida em competição e no treino, as fontes energéticas envolvidas assim como as qualidades físicas mais importantes.

Para melhor entendermos estas questões vejamos o seguinte exemplo:

- Sabemos que o estímulo universal utilizado no treino do Karaté é a contracção do músculo. Para fazermos por exemplo um *mae-geri* é necessário contracção muscular, isto é, necessitamos de transformar energia química em energia mecânica. No entanto apenas entre 10% e 35% da energia química produzida se transforma em energia mecânica uma vez que a restante se vai perder sob a forma de calor. O que nós treinadores pretendemos com o treino é um nível de rendimento superior, ou seja, que o rendimento do músculo se aproxime o máximo do 35%. Para tal temos de aplicar a CT de forma criteriosa com vista á obtenção daquele objectivo.

2.2. A Carga de Treino

A CT, entendida como o estímulo utilizado no processo do treino desportivo no sentido de melhorar a condição física e os aspectos inerentes à contracção muscular ou mesmo a exercitação de determinada função, deve ser vista segundo duas vertentes diferentes:

- Carga Externa que é a prescrição do esforço ou da tarefa, isto é, a receita que o treinador dá ao karateca.
- Carga Interna que traduz a repercussão biológica e psicológica provocada pela carga externa no karateca.

O conceito de carga interna é extremamente importante e justifica a necessidade que o treinador tem de individualizar o treino.

2.3. Leis da Carga de Treino

2.3.1. Lei da Sobrecarga

O efeito de um treino não resulta da aplicação de uma CT mas de um somatório de CT para objectivar determinada adaptação. Para que o indivíduo seja sujeito a uma nova adaptação é necessário que a CT seja stressante, isto é, que rompa com a homeostasia do organismo.

A aplicação de determinada CT por parte do treinador deve ter em conta o descrito e o nível biológico do karateca.

2.3.2. Lei da Especificidade

A aplicação de determinada CT é específica, isto é, diferentes cargas objectivam diferentes adaptações. Obviamente apenas as estruturas que forem submetidas a determinada CT é que irão experimentar alterações estruturais ou funcionais mantendo as restantes o nível que tinham anteriormente.

O treinador de karaté na sua intervenção deve estar consciente que só se consegue o desenvolvimento máximo das qualidades físicas dos seus karatecas se conseguir uma melhoria simultânea de todas as possibilidades funcionais do organismo. É fundamental que utilize uma gama muito variada de CT. Portanto, a aplicação de diferentes CT provocam diferentes níveis de rendimento.

2.3.3. Lei da Reversibilidade

O efeito de determinada CT é transitório, isto é, a partir de determinado período de tempo há reversibilidade no efeito dessa carga. Com efeito as adaptações adquiridas graças à aplicação da CT não podem ser conservadas. Qualquer órgão, sistema ou função que deixe de ser sujeito à CT regride até ao nível que tinha anteriormente.

Efectivamente o treinador de karaté tem de aplicar CT durante todo o ano e durante vários anos. Se é responsável por karatecas de alto rendimento deve ter esta preocupação acrescida na medida em que altos níveis de rendimento mantêm-se pouco tempo ao invés de menores níveis de rendimento.

2.3.4. Lei da Retardabilidade

O efeito de determinada CT não se faz sentir imediatamente após a aplicação da mesma, isto é, existe um desfasamento temporal entre a aplicação da carga e o consequente processo de adaptação.

O treinador de karaté deve atender a que entre o momento em que aplica determinada CT nos seus karatecas e o momento em que pode observar o correspondente processo de adaptação medeia um determinado intervalo de tempo que é função da carga aplicada.

2.4. Componentes da Carga de Treino

2.4.1. O Volume

Representa a quantidade total da CT efectuada pelos karatecas, isto é, tudo o que traduz aspectos quantitativos, nomeadamente o tempo de treino, o número de exercícios por sessão de treino, etc.

2.4.2. A Intensidade

Representa a exigência com determinado exercício ou série de exercícios são efectuados em relação ao máximo de possibilidades do karateca, nessa ou nesses exercícios. Traduz os aspectos qualitativos da CT, nomeadamente a frequência cardíaca, o dispêndio energético, o consumo de oxigénio, a velocidade, o peso dos alteres se os utilizarmos, etc.

Especialmente nos desportos de resistência existem escalas percentuais que se traduzem como meios referenciais que ajudam o treinador a manipular e a controlar a intensidade do(s) exercício(s).

% em relação ao máximo	Frequência cardíaca/minuto	Grau de intensidade
30 a 50 %	130 – 140	Fraca
50 a 60 %	140 - 150	Leve
60 a 75 %	150 - 165	Média
75 a 85 %	165 – 180	Submáxima
85 a 100 %	+ 180	máxima

Fig. 2. Escala percentual para o treino da resistência (Castelo, 1996)

2.4.2.1. A Relação entre o Volume e a Intensidade

A CT resulta do produto entre o volume e a intensidade. Do doseamento da carga resultam reacções diferentes. Na aplicação de qualquer CT o treinador deve ter em conta o nível do karateca e a adaptação que pretende objectivar.

À medida que o volume aumenta a intensidade terá forçosamente de baixar. Ao contrário, para volumes muito baixos temos a possibilidade de realizar exercícios de treino de intensidade muito elevada. No entanto, e dentro de certos limites, é possível aumentar o volume e a intensidade simultaneamente mas este limite é muito estreito.

Devemos ainda distinguir a intensidade que é intrínseca à própria CT e aquela que se faz à custa do volume, isto é, aquela que resulta da intensidade global da estimulação.

Por exemplo um treino muito prolongado é muito intenso. Mas essa intensidade resulta essencialmente da intensidade global da estimulação devido ao volume.

2.4.3. A Complexidade

Representa a complexidade da tarefa, isto é, o conjunto de condicionantes que farão o karateca optar por um certo comportamento em detrimento de outros.

Devemos no entanto distinguir complexidade e dificuldade. O nível de complexidade está relacionado essencialmente com o contexto em que os karatecas desenvolvem o “Kata” enquanto o nível de dificuldade prende-se com o critério de êxito.

Por exemplo, quando iniciamos um “Kata” deslocamo-nos habitualmente com uma direcção padrão. Mas se o treinador solicitar que o karateca o realize o mesmo “Kata” com outra direcção está a aumentar a complexidade da tarefa. Um outro exemplo é realizar o “Kata” com oposição de adversários reais. Se o treinador por outro lado solicitar que o karateca evolua no “Kata” com o centro de gravidade baixo está a aumentar o grau de dificuldade.

Quando o treinador aumenta a complexidade da tarefa está invariavelmente a aumentar a intensidade da mesma. Nestas condições o karateca vai necessariamente ter que diminuir o tempo de realização (teremos oportunidade de perceber melhor este aspecto quando abordarmos a relação entre o volume e a intensidade da CT).

2.4.4. A Densidade

Resulta do quociente entre o tempo de treino efectivo e o tempo total.

Se o treinador solicitar uma CT aos seus karatecas que consiste num “Kihon” de 30’ (trinta minutos) e que durante esse tempo os karatecas estão activos 20’ (vinte minutos) a densidade é igual a $20/30$, isto é, densidade é igual a 0,6.

Um outro exemplo é o treinador solicitar uma CT que consiste em 30’ (trinta minutos) de corrida. A densidade é igual a $30/30$, isto é, 1 (um).

Densidades muito altas, isto é, próximo de 1 objectivam fundamentalmente capacidades aeróbias e, pelo contrário, densidades baixas objectivam capacidades anaeróbias.

2.5. Leis do Treino Desportivo

A leis do treino dizem respeito aos critérios que o treinador deve ter em conta quando aplica determinada CT.

2.5.1. Lei da Individualização

A aplicação de qualquer CT ou exercício de treino deve ter em conta as capacidades individuais de cada karateca.

Cada karateca adapta-se de forma diferente à mesma CT. De acordo com esta lei ou também chamado princípio metodológico na aplicação de CT ou exercícios de treino, o treinador deve ter em conta na aplicação das cargas uma estreita individualização dos meios e métodos a utilizar, os quais deverão corresponder estritamente às capacidades individuais dos karatecas nomeadamente os aspectos orgânicos, adaptativos e os ritmos de aprendizagem.

2.5.2. Lei da Continuidade

A aplicação da CT ou exercício de treino deve acontecer quando ainda não desapareceu o efeito da anterior, sempre que possível no período de supercompensação.

Efectivamente, as CT ou exercícios de treino devem ser aplicados regularmente. Deste modo é necessário que uma sessão de treino tenha lugar quando ainda não desapareceram os efeitos da anterior a fim de se evitar a reversibilidade (lei da CT).

2.5.3. Lei da Progressão

A aplicação da CT ou exercício de treino deve ser progressivo de modo a rentabilizar o “novo” potencial de recursos disponível.

Antigamente a progressão na aplicação das CT ou exercícios de treino fazia-se exclusivamente à custa do volume (componente da CT) através de uma maior duração quer dos exercícios, do número de repetições destes, das sessões de treino, etc. Esta situação tornou-se inviável na medida em que no máximo podemos suportar em média cinco a seis horas de treino diário.

Actualmente a progressão é feita também através das outras componentes da CT, nomeadamente através do aumento da intensidade que corresponde, por exemplo, a um aumento da velocidade de execução, do aumento da densidade se diminuirmos o tempo de intervalo entre uma e outra série de exercícios e da complexidade no aumento da complexidade dos exercícios e que poderá estar intimamente relacionada com as situações competitivas.

2.5.3.1. Tipos de Progressão das Cargas de Treino

2.5.3.1.1. Progressão Linear

As CT são aumentadas, tanto no volume como na intensidade, de sessão de treino para sessão de treino. Neste tipo de progressão instala-se rapidamente a fadiga o que não é de todo o objectivo do treino.

2.5.3.1.2. Progressão Escalonada

As CT são aplicadas por “patamares”, isto é, durante um certo período de tempo o indivíduo está sujeito a uma determinada CT (X), posteriormente é aplicada uma CT mais forte (X+1) durante outro período de tempo, etc.

Este tipo de progressão é mais vantajosa que a progressão linear porque vai condicionar adaptações parcelares. No entanto os “saltos” são muito bruscos (de carga para carga) e, portanto, também não é a ideal.

2.5.3.1.3. Progressão Ondulada

As CT são aplicadas de forma alternada, isto é, há alternância entre cargas fortes e cargas fracas. Através deste tipo de progressão é possível objectivar a regeneração completa e a *fase de exaltação ou supercompensação* (6) (iremos ter oportunidade de perceber melhor este aspecto quando abordarmos a reacção orgânica à CT).

Sabemos hoje que o organismo reage mais intensamente à forma de progressão ondulada por se identificar melhor com esta. A acumulação de cargas fortes com cargas fracas permite uma reacção mais intensa do organismo, assim como uma maior estabilidade dos efeitos produzidos, devido a uma “agressão” mais acentuada no equilíbrio dinâmico orgânico que solicita não só maiores exigências das capacidades funcionais do karateca como também uma maior intensificação dos seus processos de adaptação.

Para melhor entendermos o que foi descrito vejamos o exemplo seguinte:

Numa sessão de treino o treinador submete o karateca a uma CT forte. Na sessão seguinte (ter em conta a lei da continuidade) irá submeter o mesmo karateca a uma CT mais fraca. No entanto poderá igualmente aplicar em duas sessões de treino CT fortes e nas duas sessões seguintes CT fracas.

Independentemente da forma como o treinador varia as componentes da CT com o objectivo de provocar uma progressão ondulada das cargas nos karatecas, o fundamental é que aqueles recuperem de forma eficaz e de acordo com o objectivo do treino.

Embora seja objecto de estudo no Curso de Treinadores de Nível II devemos ficar com a ideia que a alternância das CT devem ter em conta a fase da época desportiva em que os karatecas se encontram. No planeamento existem objectivos intermédios e objectivos finais. Em função destes a sobrecarga de treino varia, isto é, quanto mais longe dos objectivos mais podemos “castigar” o karateca em termos de CT. A sobrecarga de treino aparece mais longe do objectivo final.

Quando elaboramos o planeamento das cargas de treino consideram-se três tipos de ondas: ondas curtas (dinâmica da carga nos microciclos que compreendem entre dois e sete dias), ondas médias (exprimem a tendência geral das cargas de umas quantas “ondas” pequenas que podem compreender três ou quatro meses) e as ondas longas (caracterizam a tendência geral das “ondas” médias, nos períodos de treino).

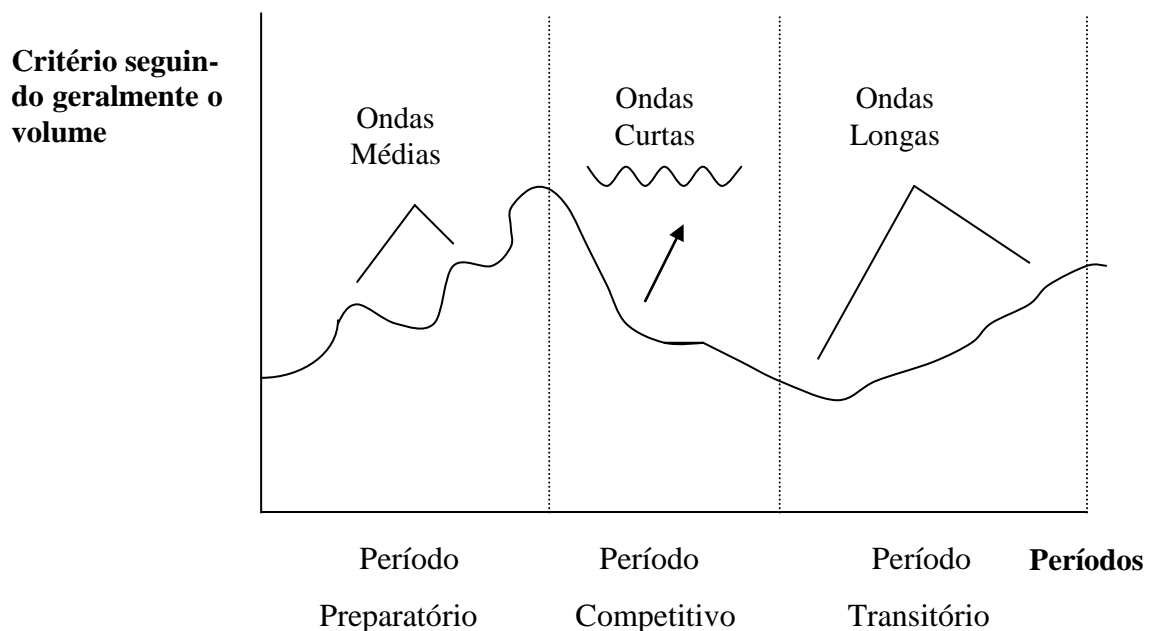


Fig. 3. Modelo de planeamento na progressão das CT (Pereira, 1988)

2.5.4. Lei da Alternância

A aplicação da CT ou exercício de treino deve ser alternado de modo a não perder a sua eficácia.

Este princípio está bem patente quando nos referimos anteriormente à lei da progressão e quando abordamos a progressão ondulada.

De facto é fundamental que o treinador planeie o treino relativamente à gestão das cargas e até dos exercícios específicos da nossa modalidade de acordo com os períodos de treino. Deste modo cada ciclo sucessivo é uma repetição parcial do anterior de acordo com aquilo que o treinador pretende que o karateca atinja (objectivos) mas que no entanto difere pelo seu conteúdo renovado, pela modificação parcial dos meios e métodos utilizados, pelo incremento das cargas, etc.

Este princípio ou lei do treino desportivo é particularmente importante quando se trabalha com karatecas de alto rendimento na medida em que impede que se instale a fadiga em treino e consolida a fase de exaltação mais eficazmente.

2.5.5. Lei da Multilateralidade

A aplicação da CT ou exercício de treino não promove apenas o desenvolvimento de uma capacidade mas de outras que lhe estão associadas, isto é, o rendimento no Karaté não se baseia apenas na sua prática específica.

O treinador deve estar consciente que o organismo é um todo e que o desenvolvimento de uma determinada capacidade não pode acontecer isoladamente do desenvolvimento de outras capacidades. Quanto maior for o desenvolvimento geral das possibilidades funcionais do organismo e do desenvolvimento múltiplo das possibilidades técnicas, tácticas, físicas e psicológicas maior serão as possibilidades do aperfeiçoamento das já existentes e portanto a especialização desportiva.

Este princípio assume particular importância no período transitório do planeamento do treino desportivo.

2.6. O Conceito de Síndrome Geral de Adaptação

O treino desportivo resulta da articulação entre a CT e a adaptação. O síndrome geral de adaptação surge como a resposta racional encontrada para explicar a reacção orgânica à aplicação de Cargas.

Selye (1956) propôs uma explicação para a resposta do organismo e que se divide em três fases:

1. Fase de alarme ➡ choque
➡ contra-choque
2. Fase de adaptação ou resistência
3. Fase de esgotamento ou falência

Relativamente à fase de alarme em que se verifica a mobilização dos meios de defesa do organismo, o choque traduz-se na fadiga precoce, na *hipoglicémia*², na *hipotonia muscular*³, na *taquipneia*⁴, na *acidose*⁵, etc. A fase de contra-choque traduz-se na hiperglicémia, na hipertermia (aumento da temperatura corporal), aumento da volémia (volume sanguíneo), alcalose, etc

No que respeita à fase de adaptação ou resistência verifica-se a resposta óptima do organismo à CT e que constitui a fase que nos interessa desenvolver.

Finalmente a fase de esgotamento ou falência caracteriza-se pela diminuição das resistências biológicas o que se traduz na incapacidade para manter a fase de resistência, isto é, a fadiga produzida torna forçoso parar o esforço.

2.7. Reacção Orgânica à Carga de Treino e Fase de Supercompensação

Analisemos a figura seguinte que representa a fundamentação biológica do treino.

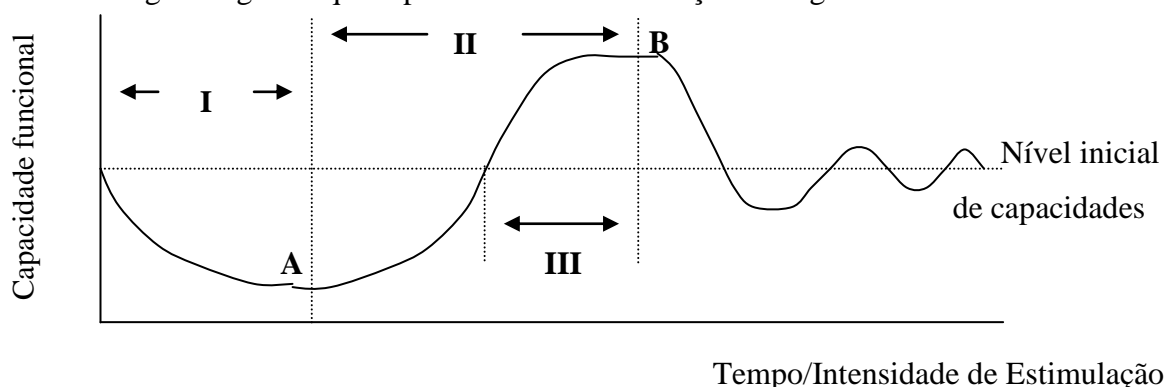


Fig. 4. Curva de Folbort (Pereira, 1988)

² Entenda-se hipoglicémia como falta de açúcar no sangue.

³ Hipotonia muscular refere-se à falta de força muscular.

⁴ Taquipneia diz respeito à aceleração dos movimentos respiratórios.

⁵ Acidose compreende a presença de um meio ácido – PH < 7 e alcalose um meio alcalino – PH > 7.

I – Aplicação de uma CT

III – Período de supercompensação

A – Ponto de fadiga

B – Ponto de elevada supercompensação

II – Período onde os efeitos da CT se fazem sentir com maior intensidade

À medida que a CT se prolonga no tempo a fadiga vai-se manifestando e a capacidade funcional vai baixando. Quando a aplicação da CT é interrompida a recuperação inicia-se. A regeneração vai depender do tipo de esforço exigido e do tipo e tecido sujeito a depleção (destruição) e supera o nível de capacidade funcional inicial à custa de uma certa inércia.

A supercompensação é a capacidade que o organismo possui para se regenerar após a aplicação de determinada CT. Esta fase é pouco duradoura e volta ao nível inicial se não for aplicada outra CT. É na fase de exaltação ou supercompensação que as capacidades do karateca vão estar aumentadas e é neste período que devemos aplicar a segunda CT.

A dificuldade em termos de treino deriva da supercompensação ser heterocrónica, isto é, nem todas as capacidades atingem aquela fase ao mesmo tempo. Daí que o treinador, de acordo com os objectivos fixados, tenha de verificar aquelas que são prioritárias.

Por exemplo se o treinador pretender desenvolver uma capacidade aeróbia, a segunda CT terá de ser aplicada num momento completamente diferente do que se tiver objectivado capacidades anaeróbias.

Em regra a supercompensação dependerá :

- a) do tipo de esforço
- b) do tipo de tecido
- c) do objectivo do treino
- d) do tipo de treino
- e) das condições ambientais
- f) da alimentação
- g) do nível de condição física, etc;

3. Metabolismo Energético ao Nível Muscular Esquelético

A reconstituição das reservas do organismo é activa, isto é, consome energia. O tecido muscular esquelético está especialmente adaptado para transformar energia química em energia mecânica. Aquele tecido possui reservas potencialmente energéticas armazenadas sob a forma de energia química (adenosina trifosfatada = ATP). Quando o músculo se contrai há transformação de energia química em energia mecânica.

O ATP é continuamente formada pelo metabolismo que tem duas fases:

Catabolismo – constitui a fase de destruição

Anabolismo – constitui a fase de construção

Portanto, sempre que se forma ATP este é armazenado no músculo e estamos em presença de um processo anabólico. Quando o músculo se contrai e o ATP é gasto estamos perante um processo catabólico.

A produção metabólica do ATP pelo músculo resulta da energia libertada através da desintegração dos alimentos e de outros compostos depois de uma série de reacções químicas tanto anaeróbias (sem oxigénio) como aeróbias (com oxigénio).

Tanto os glúcidos como os lípidos e os prótidos têm função energética embora os dois primeiros sejam mais energéticos. Estes últimos têm uma função mais plástica, isto é, dirige-se para a edificação de órgãos como por exemplo a reposição de proteínas musculares quando se faz trabalho de força.

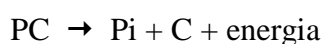
3.1. Processos de Ressíntese de ATP

O ATP que está armazenado no músculo é muito pequena (cerca de 4 milimol por Kg de músculo fresco) e apenas possibilita um segundo de contracção muscular. Assim torna-se necessário que existam processos de ressíntese daquele. A fadiga resulta não da deplecção de ATP mas do desgaste dos processos de ressíntese daquele. Como iremos ver nunca ocorre uma fadiga global mas sim fadigas parciais que resultam do desgaste dos vários processos de ressíntese de ATP. A passagem de um processo para outro implica necessariamente uma diminuição da intensidade do esforço na medida em que a ressíntese é mais lenta, mas nunca a sua paragem.

3.1.1. Metabolismo Anaeróbio Aláctico

É um processo de ressíntese de ATP que não exige a presença de oxigénio. A nível muscular existe um composto químico (cerca de 16 a 20 milimol por Kg de músculo fresco) denominado fosfocreatina que promove, através de várias reacções químicas, rapidamente a ressíntese de ATP.

De uma forma muito simplificada as reacções mencionadas podem ser resumidas da seguinte forma:



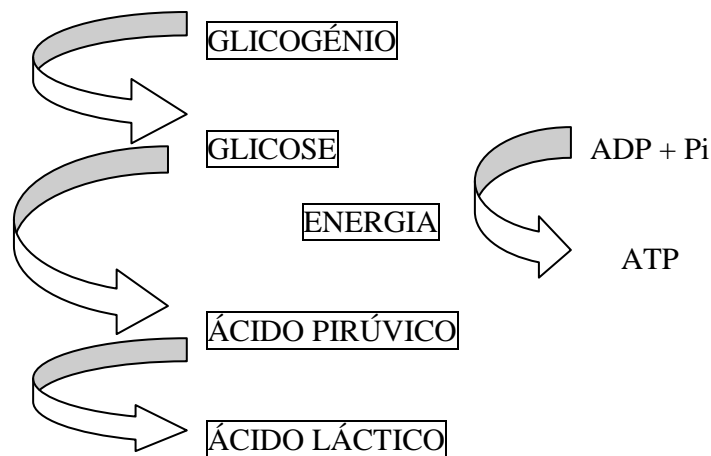
O metabolismo anaeróbio aláctico utiliza a fosfocreatina para repor o ATP que é gasto. Este processo mantém-se activo entre 12 a 14 '' (doze a catorze segundos) a partir dos quais a ressíntese de ATP vai sendo mais lenta e o músculo vai necessariamente contrair-se mais lentamente. Por ironia, o único meio pelo qual a fosfocreatina pode ser formada novamente a partir de Pi (fosfato inorgânico) e C (creatina) é através da energia libertada pela desintegração de ATP. Isto ocorre durante a recuperação após uma sessão de treino.

Definindo potência como a capacidade de realizar trabalho no mais curto espaço de tempo, podemos afirmar que o metabolismo anaeróbio aláctico é o mais potente na medida em que é aquele que ressíntetiza mais ATP (energia) em pouco tempo.

Este processo de ressíntese de ATP assume particular importância no Karaté e tem o seu período de exaltação ou supercompensação cerca de uma hora após o esforço.

3.1.2. Metabolismo Anaeróbio Láctico

É um processo de ressíntese de ATP que também não necessita da presença de oxigénio. De forma também muito simplificada as reacções químicas que ocorrem para a produção de energia podem ser resumidas da seguinte forma:



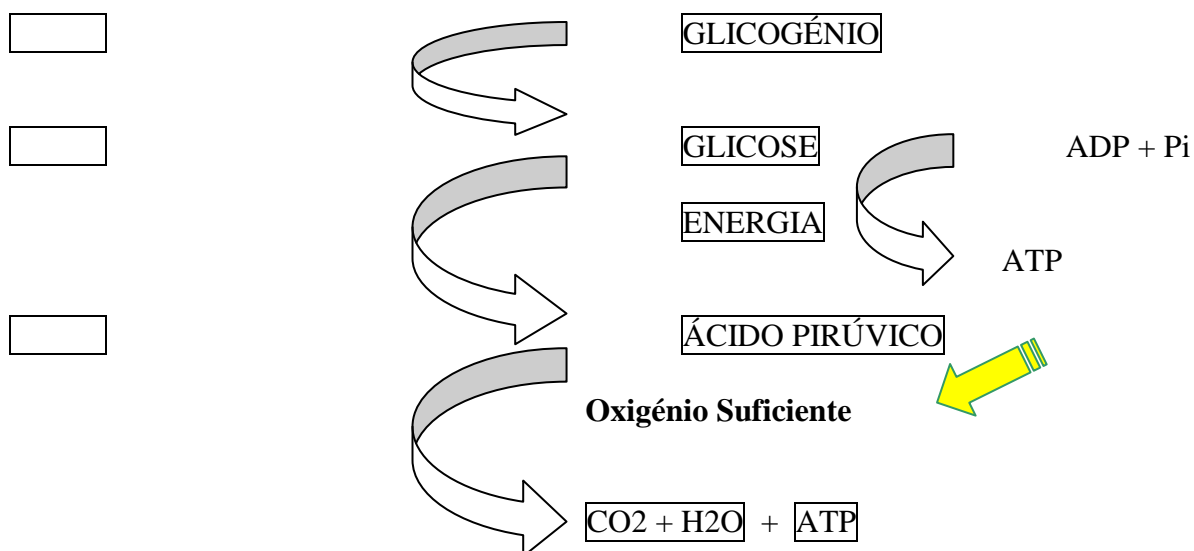
A produção de ATP faz-se à custa da glicose (açúcar simples) ou do glicogénio que está armazenado no fígado ou nos músculos para uso subsequente. Esta fonte energética é importante na medida em que é um processo relativamente rápido de produção de energia. Dele estão dependentes os exercícios com uma duração entre 30'' e 2' (trinta segundos e dois minutos) e com uma intensidade próximo do máximo (90 a 98%).

O metabolismo anaeróbico láctico embora não seja uma fonte energética predominante no Karaté, assume particular importância quando pretendemos melhorar a nossa capacidade de remoção de ácido láctico (alto-rendimento).

O seu período de exaltação ou supercompensação depende essencialmente da capacidade que o indivíduo possui para remover aquele produto tóxico.

3.1.3. Metabolismo Aeróbio

É um processo de ressíntese de ATP que necessita da presença do oxigénio. Novamente de forma muito simplificada as reacções químicas que ocorrem para a produção de energia podem ser resumidas da seguinte forma:



A produção de ATP faz-se também à custa da glicose ou do glicogénio que está armazenado no fígado ou nos músculos para uso subsequente e também através das gorduras, pela ocorrência de várias reacções químicas, contudo sem a acumulação de ácido láctico.

A produção de ATP através desta fonte energética é importante na medida em que se trata de um processo em que se ressintetiza grandes quantidades de energia e dele estão dependentes os exercícios com uma duração elevada e com uma intensidade média (60 a 75%).

O metabolismo aeróbio embora não seja uma fonte predominante no Karaté, assume particular importância quando pretendemos melhorar a nossa capacidade de consumo de oxigénio por forma a recorrer o menos possível às fontes anaeróbias.

O seu período de exaltação ou supercompensação ocorre cerca de 12 H (doze horas) após o esforço. No entanto se o músculo for solicitado com contracções musculares intensas as proteínas estruturais daquele vão sofrer depleção e a supercompensação será ainda mais tardia (> 3 < 6 dias) e está dependente da condição física do indivíduo. Desta forma, e embora não seja uma qualidade condicionante no Karaté, a força máxima não deve ser treinada com uma periodicidade curta.

3.2. Factores Limitativos dos Processos de Ressíntese de ATP

Os vários processos de ressíntese de ATP têm factores limitativos que limitam a sua actividade e que originam a predominância de uns em relação aos outros consoante as várias situações.

3.2.1. Metabolismo Anaeróbio Aláctico

Os factores limitativos desta fonte energética são:

- **A depleção das reservas de fosfocreatina (CP)**
- **A depleção do conteúdo enzimático**

3.2.2. Metabolismo Anaeróbio Láctico

Os factores limitativos desta fonte energética são:

- **A acumulação de ácido láctico**

O músculo possui alguma tolerância ao ácido láctico e aquele que conseguir uma maior nível de tolerância aquele consegue estar mais tempo dependente daquela fonte energética. No entanto a partir de um certo momento a acidose atinge níveis intoleráveis pelo músculo e este não consegue utilizar a glicose para produzir energia porque em meio ácido a glicólise fica inibida.

3.2.3. Metabolismo Aeróbio

Os factores limitativos desta fonte energética são:

- **Capacidade máxima de consumo de oxigénio**

A capacidade máxima de consumo de oxigénio é traduzida pelo valor máximo de oxigénio que é possível captar (ocorre através da ventilação), fixar (a fixação é feita através da hemoglobina que é uma proteína e resulta da hematose, isto é, da troca do dióxido de carbono pelo oxigénio ao nível alveolo-capilar), transportar (depende do sistema cardio-vascular) e utilizar (utilização periférica ao nível do músculo) durante um determinado tipo de esforço.

Os indivíduos que têm esta capacidade aumentada são aqueles que recorrem menos às fontes energéticas anaeróbias.

- **limiar anaeróbio**

O limiar anaeróbio é o momento a partir do qual o indivíduo começa a acumular progressivamente ácido láctico no sangue, ou seja, se houver um aumento da intensidade do esforço em que a capacidade de consumo de oxigénio não é suficiente é necessário recorrer às fontes anaeróbias.

Se quisermos objectivar as capacidades aeróbias a intensidade máxima possível e ideal é aquela que se situa próximo do limiar anaeróbio. Este é dado normalmente em percentagem de consumo máximo de oxigénio e situam-se entre 60 e 80 %.

4. Adaptações do Tecido Muscular Esquelético ao Esforço

4.1. A Estrutura e Composição Química do Músculo Esquelético

A célula muscular esquelética ou fibra muscular apresenta uma forma cilíndrica com extremidades afuniladas, comprimento entre 1mm até 30cm e diâmetro de 10 a 100µm (1µm = 0,001 mm).

A fibra muscular é composta por uma membrana externa denominada sarcolema e sarcoplasma. No interior do sarcoplasma encontram-se as miofibrilhas (elemento contráctil da fibra muscular) que percorrem toda a extensão da fibra muscular. A envolver a fibra muscular está uma membrana delgada chamada endomísio que garante uma perfeita individualidade do interior do músculo. O conjunto de dez ou mais fibras musculares formam um feixe primário que recebe o nome de perimísio. Os feixes primários reúnem-se em secundários e estes em terciários, e assim por diante, até darem origem ao músculo que por sua vez é envolto pelo epimísio.

A unidade funcional da miofibrilha tem o nome de sarcómero que por sua vez é constituído por filamentos finos, a actina e, por filamentos mais grossos, a miosina.

A fibra muscular possui no sarcoplasma um pigmento vermelho (mioglobina) que se fixa ao oxigénio armazenando-o sob a forma de oximioglobina que por sua vez cede aquele com a rapidez necessária durante a contracção muscular.

A fibras musculares que possuem aquele pigmento em maior quantidade denominam-se fibras vermelhas ou tipo I a as restantes fibras brancas ou tipo II.

4.1.1. Características das Fibras Musculares Vermelhas ou Tipo I

- Baixa actividade de miosina ATPase
- Tempo de contracção lento
- Fraco poder glicolítico
- Grande conteúdo mitocondrial
- Preparadas para o metabolismo oxidativo
- Adaptadas para trabalhos prolongados

4.1.2. Características das Fibras Musculares Brancas ou Tipo II

- Alta actividade de miosina ATPase
- Tempo de contracção rápido
- Sistema enzimático glicolítico bem desenvolvido
- Capacidade oxidativa reduzida
- Conteúdo mitocondrial reduzido
- Fatiga-se rapidamente

4.1.2.1. Características dos Sub-Grupos das Fibras Musculares Brancas ou Tipo II

a) Tipo IIa

- Alto poder oxidativo
- Potência glicolítica intermédia
- Relativamente resistente à fadiga

b) Tipo IIb

- Fibra de contracção rápida típica
- Baixa capacidade aeróbia

c) Tipo IIc

- Fibra tipo II indiferenciada
- Conteúdo enzimático grandemente influenciado pelo tipo de treino

4.2. A Enervação do Músculo Esquelético

A fibra muscular isolada possui integridade bioquímica que lhe permite contrair-se mas, na prática, não se contrai isoladamente. Age como um todo em grandes grupos de células a que damos o nome de unidades motoras. As unidades motoras são constituídas pelo neurónio (célula nervosa), o nervo motor (reunião de muitas fibras nervosas) e o grupo de fibras musculares. As unidades motoras constituem a unidade funcional do músculo.

Quando o neurónio emite um impulso nervoso motor ao músculo através da sua fibra nervosa, todas as fibras musculares que receberam pequenos ramos nervosos provenientes daquela são estimuladas e reagem contraindo-se.

O músculo possui muitas unidades motoras mas o número de células vai variar, isto é, os músculos que se destinam à motricidade fina (movimentos delicados e precisos como por exemplo os do globo ocular) têm na unidade motora poucas fibras musculares mas, por outro lado, aqueles que dizem respeito à motricidade “grosseira” (músculos dos membros) possuem grande quantidade de fibras nervosas capazes de dar centenas de pequenos ramos nervosos, que se destinam a igual número de fibras musculares e que constituem a respectiva unidade motora.

Em jeito de conclusão podemos afirmar que cada fibra muscular possui enervação própria e um ou mais capilares sanguíneos. As fibras musculares são completamente isoladas das suas vizinhas pelo sarcolema e pelo endomísio, constituindo uma unidade funcional e independente no músculo.

4.2.1. Os Receptores Musculares e Tendíneos

O músculo para além de enervação motora possui enervação sensitiva para a dor e pressão profunda, sendo de dois tipos:

- Fuso Muscular – estes receptores são formados por três a dez pequenas fibras musculares intrafusais, unidas ao endomísio das células musculares esqueléticas circunvizinhas, que na sua secção intermédia possuem um filete nervoso enrolado às fibras denominado receptor primário, que detectam as alterações do comprimento do músculo provocadas pelo estiramento ou pela contracção muscular, bem como a intensidade e velocidade com que essas alterações se verificam.
- Aparelho Tendinoso de Golgi – estes receptores constituem uma formação nervosa sensorial situada entre o tendão e o músculo que detectam a tensão aplicada aos tendões durante a contracção muscular.

Estes receptores transmitem informações sobre os músculos e tendões ao sistema nervoso central (SNC) (...) provocando reflexos que descontraem parcialmente os músculos, poupando-os a contracções bruscas e exageradas que podem concorrer para o arrancamento de fibras musculares ou mesmo o arrancamento do músculo ou do tendão e, permitindo a manutenção do equilíbrio e da postura mais correcta ou adequada.

4.2.2. O Reflexo de Estiramento ou Miotático

Quando o músculo sofre um estiramento o fuso muscular transmite impulsos sensoriais à medula espinal que por sua vez envia impulsos para a contracção desse músculo estirado opondo-se, deste

modo, a qualquer estiramento que vá para além do comprimento normal daquele. Ao mesmo tempo a medula espinal transmite impulsos inibidores aos músculos antagonistas (músculos que frenam o movimento) do músculo que foi estirado, fazendo com que a contracção reflexa seja mais eficaz.

4.2.3. O Servomecanismo

O estiramento do receptor primário do fuso muscular pode ocorrer também através da contracção das suas próprias fibras intrafusais, independentemente do estiramento do músculo. Esta contracção secundária do músculo, em função da contracção das fibras intrafusais sem qualquer intervenção dos impulsos nervosos do SNC é o chamado servomecanismo.

4.3. O Processo Contráctil

4.3.1. Os Fenómenos Químicos da Contracção Muscular

Quando nos referimos à estrutura e composição química do músculo esquelético dissemos que no sarcoplasma da fibra muscular estavam localizadas as miofibrilhas. Estas constituíam o elemento contráctil da fibra muscular. Por sua vez as miofibrilhas são constituídas por filamentos finos, a actina e, por filamentos mais grossos, a miosina. A miosina possui capacidade para se unir à actina formando a actomiosina, composto químico, que na presença de iões de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) carregados positivamente, além de outros factores, possibilitam a desintegração de ATP que liberta energia para a contracção muscular. Portanto, o conjunto actomiosina-ATP constitui a base para o desencadeamento da contracção muscular.

Quando se dá a contracção muscular há uma diminuição da miofibrilha como consequência da aproximação dos filamentos finos de actina dos filamentos grossos de miosina.

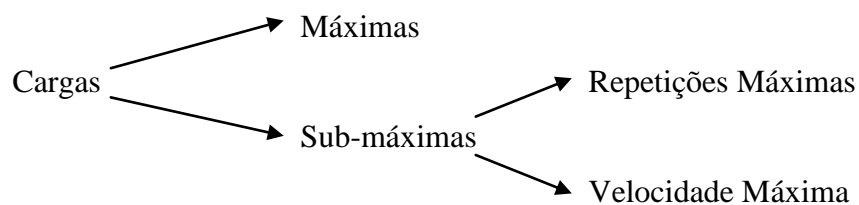
4.3.2. Os Diferentes Tipos de Contracção Muscular

Dentro de cada unidade motora todas as fibras musculares têm características diferentes mas limiares de excitação igual.

Para que o músculo esquelético se contraia é necessário que o estímulo atinja o limiar de excitação. De facto ou se atinge o limiar de estimulação e há contracção muscular ou não se atinge o limiar e então a contracção muscular não se verifica: lei do tudo ou nada.

Quanto mais elevado for o estímulo maior é o número de unidades motoras a funcionar em simultâneo. O número das unidades motoras que se contraem dá-nos a tensão desenvolvida pelo músculo. Assim o músculo esquelético desenvolve a sua tensão máxima quando todas as suas unidades motoras são solicitadas e submáxima quando apenas algumas daquelas são solicitadas.

No treino muscular o treinador deve utilizar CT que solicitem as unidades motoras de limiar mais elevado. Para tal há várias formas de o fazer com base na solicitação das unidades motoras:



- Carga máxima – realizar uma única contracção (força máxima)
- Submáxima – realizar várias repetições até à exaustão ou então com o máximo de intensidade (sem perda de velocidade)

Em termos de treino interessa ao treinador saber que existem factores determinantes na capacidade do músculo produzir força. Uns são intrínsecos ao músculo e outros extrínsecos. Da mesma forma uns são passíveis de treino e outros não. Os factores que determinam a capacidade do músculo produzir força podem ser analisados a dois níveis:

- Características do órgão efector (o músculo)
- Características do comando

Deste modo podemos aferir que o treino muscular é uma qualidade neuromuscular que envolve as adaptações do órgão efector e do comando central. Como diferentes tipos de contracção geram diferentes tipos de força, as CT terão, logicamente, objectivos diferentes.

4.3.2.1. As Características do Orgão Efector

O conjunto de características que se enumeram, dizem respeito às características do músculo que condicionam o desenvolvimento de tensões.

4.3.2.1.1. O Diâmetro do Músculo

É influenciado pelo treino e normalmente existe uma correlação directa entre a secção transversa do músculo e a capacidade que esse músculo possui para produzir força, sempre que a hipertrofia é verdadeira, isto é, aquela que é conseguida fundamentalmente à custa dos elementos contrácteis do músculo.

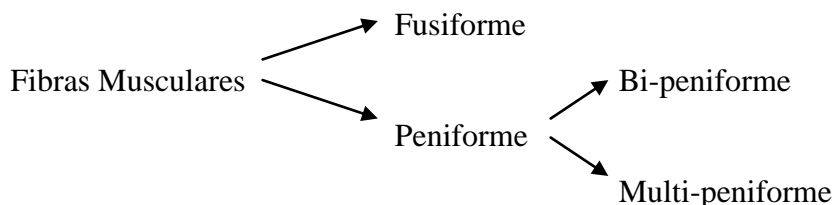
A hipertrofia muscular pode ter como causas mais prováveis o aumento de miofibrilhas por fibra muscular, variações no conteúdo proteico (principalmente miosina), o aumento da rede capilar activa, o desenvolvimento do tecido conjuntivo e modificações de carácter bioquímico.

4.3.2.1.2 O Comprimento do Músculo no Momento da Estimulação

Quanto mais distendido estiver o músculo no momento em que lhe chega o estímulo maior é a sua capacidade de resposta em termos de força. Face ao exposto, parece-nos correcto que antes de uma competição o karateca faça um alongamento prévio dos músculos.

4.3.2.1.3. A Disposição das Fibras Musculares

A disposição das fibras musculares não é treinável. A disposição fusiforme está associada (adaptada) a condicionar grandes amplitudes articulares mas desenvolve tensões fracas. Por outro lado a disposição peniforme está adaptada para desenvolver grandes tensões (cargas elevadas) mas condiciona pequenas amplitudes articulares.



4.3.2.1.4. A Temperatura

A temperatura ideal para o trabalho muscular situa-se entre os 37 e os 39°C. Se a temperatura for inferior o rendimento do músculo é menor. Este facto verifica-se na medida em que o músculo arrefecido tem uma resposta de distensibilidade menor e consequentemente uma menor resposta

contráctil. O aumento de um grau promove um rendimento energético do músculo de 13 %. Daí a grande importância de um aquecimento prévio no sentido de promover uma produção energética elevada mas, também, para prevenir o aparecimento de lesões.

4.3.2.1.5. Os Fenómenos de Viscosidade

O sarcoplasma da fibra muscular é constituído por um gel viscoso que diminui essa viscosidade à medida que sofre aquecimento. Quando a viscosidade intrínseca da fibra muscular está diminuída o deslizamento entre os filamentos de actina e miosina é facilitado. Deste modo a contracção é mais eficaz e a resposta ao estímulo mais rápida. Este é outro argumento que abona a favor de um aquecimento prévio.

4.3.2.2. As Características do Comando

O conjunto de características que se enumeram, dizem respeito às características do comando que condicionam o desenvolvimento de tensões.

4.3.2.2.1. A Intensidade do Estímulo

A intensidade do estímulo condiciona o sincronismo na contracção das unidades motoras que se reflecte no grau de tensão desenvolvida. Se aquele tiver uma intensidade que solicite todas as unidades motoras em simultâneo a força produzida é máxima. Por outro lado se a intensidade não solicitar as unidades motoras em simultâneo a força produzida é sub-máxima.

4.3.2.2.2. A Frequência dos Impulsos

A frequência dos impulsos condiciona também o grau de tensão desenvolvida. Se a frequência daqueles for máxima desenvolve-se força explosiva. Se pelo contrário o não for desenvolve-se resistência de força.

5. Bibliografia

- Adelino, J.; Vieira, J.; Coelho, O. (1990), O Desporto Juvenil em Perguntas e Respostas, CEFD, Lisboa, Portugal.
- Adelino, J.; Vieira, J.; Coelho, O. (1999), Treino de Jovens: O que todos precisam de saber, CEFD, Lisboa, Portugal.
- American Sport Education Program (1994), Sport Parent, American Sport Education Program, Human Kinetics, USA.
- Astrand, P. (?), Tratado de Fisiologia do Exercício, Biblioteca da FMH, Lisboa, Portugal.
- Bompa, T. (1995), From Childhood to Champion Athlete, Veritas Publishing, Canada.
- Castelo, J.; Barreto, H.; Alves, F.; Santos, P.; Carvalho, J.; Vieira, J. (1996), Metodologia do Treino Desportivo, FMH, Lisboa, Portugal.
- Gollnick, P.; King, D. (1969), Energy Release in de Muscle Cell, Med. Sci. Sports, New York, USA.
- Hagger, M. (1997), Coaching Young Performers, National Coaching Foundation, Leeds, Inglaterra
- Holloszy, J. (1973), Biochemical Adaptations to Exercise: Aerobic Metabolism. In Wilmore, J. (ed.): Exercise and Sports Sciences Reviews. Vol. 1, New York, Academic Press.
- Lee, M. (et al) (1993), Coaching Children in Sport, E&FN SPON, Londres, Inglaterra.
- Marques, A. (et al) (1999), Seminário Internacional Treino de Jovens, CEFD, Lisboa, Portugal.
- Martens, R. (1990), Successful Coaching, Leisure Press, USA.
- Mathews/Fox (?), Bases Fisiológicas da Educação Física e Desportos, Biblioteca da FMH, Caps. II e III.
- Matveyev, L. (?), Periodizacion del Entrenamiento Deportivo, Biblioteca da FMH, Pags. 60. Cap. III.
- Personne, J. (1993), Nenhuma medalha vale a saúde de uma criança, Livros Horizonte, Lisboa, Portugal.
- Pini, M. (?), Fisiologia Desportiva, Biblioteca da FMH, Lisboa, Portugal.
- Schembri, G.; Mccallum, J.; Woodman, L. (1992), Coaching Children, Australian Sports Comission, Canberra, Austrália.
- Ulmeanu, C. (?), Medicina de la Cultura Física, Biblioteca da FMH, Pags. 129-143.
- Revista Treino Desportivo, número especial, Treino de Jovens, CEFD, Lisboa, Portugal, 1988.

6. Endereços da Internet

- CEFD – Jovens no Desporto – Um pódio para Todos

WWW.sedesporto.pt/podio.htm

- Spotlight on Youth Sport

<http://ed-web3.educ.msy.edu/ysi/working/spotlight.html>

- Coach's Page

<http://www.monmouth.com/~nhll/coach.html>

- Coaching Youth Sports

<http://www.chre.vt.edu/f-s/rstratto/CYS/default.html>

- Coaching Youth Sports: Coach's Concerns

<http://www.youth-sports.com/topics/061998-2.html>

- Coaching Youth sports

<http://www.youth.sports.com/coaching.html>

- The Institute for de Study of Youth Sports

<http://ed-web3.educ.msu.edu/ysi/>

- Kids and Sports

[http://www.parentsjournal.com/section_one/library_\(childhood_sports\).html](http://www.parentsjournal.com/section_one/library_(childhood_sports).html)