



# METODOLOGIA DO TREINO - I

Texto de Apoio

Qualidades Físicas - Força

Pedro Mil-Homens

## 1. Definição

Se quisermos procurar uma forma de definir força, só recolheremos alguma unanimidade de conceitos se a entendermos como característica mecânica do movimento: força é toda a causa capaz de modificar o estado de repouso ou de movimento de um corpo, traduzido por um vector. É o produto da massa pela sua aceleração  $F = m \cdot a$ . Contudo, se pretendermos transferir este conceito mecânico de força, como entidade física, para definir a força produzida por um músculo, ele não nos serve para incluir numa mesma definição as diferentes componentes (formas de manifestação) da força muscular. Assim, é necessário em primeiro lugar efectuar uma análise estrutural das diferentes formas de manifestação da força

## 2. Factores condicionantes da capacidade de produção de força

O primeiro requisito para que o músculo produza trabalho mecânico, e portanto vença uma qualquer resistência, é que ocorra um estímulo nervoso que desencadeie o processo de contracção muscular. Esse estímulo, é emanado dos centros nervosos superiores e constitui um processo voluntário, sendo o desencadeador da acção muscular. A acção muscular vai inevitavelmente produzir o alongamento de uns músculos e o encurtamento de outros, o que por sua vez, desencadeará a actividade dos receptores musculares e tendinosos, os quais passarão a desempenhar um papel importante no controlo nervoso a nível medular. Estamos assim em presença do primeiro grande factor condicionador da capacidade de produção de força: *O factor nervoso.*

Contudo, não é indiferente que o músculo ou grupo muscular activado tenha um maior ou menor volume muscular, constituindo o grau de hipertrofia um dos factores condicionantes da capacidade de desenvolver força, particularmente força máxima. Também não será indiferente a composição muscular do músculo activado, o regime de contracção muscular promovido (isométrico, concêntrico ou

excêntrico), o grau de alongamento muscular ou a velocidade de contracção. Estes aspectos ilustram o segundo grande factor condicionador da capacidade de produção de força: *O factor muscular*. O tipo de resistência exterior, o grau articular e a alavanca muscular, são outro grupo de factores - *factores biomecânicos* - que afectam a produção de força, já que não é indiferente, por exemplo, desenvolver força contra um peso livre ou numa máquina de musculação de resistência variável.

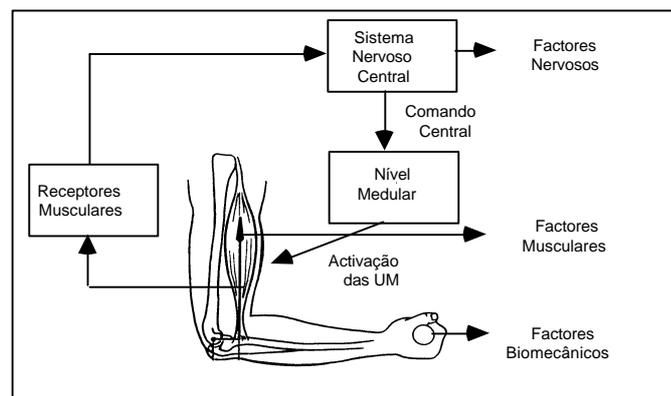


Figura 1. Representação esquemática dos factores condicionadores da produção de força

## 2.1. Factores nervosos

Se desligarmos os músculos das suas ligações nervosas, estes são incapazes de se contrair voluntariamente, impossibilitando a realização de qualquer gesto. É o sistema nervoso central que fornece o estímulo necessário para que os músculos possam assegurar a dinâmica do aparelho locomotor do ser humano. Neste sentido, o comando central envia um impulso nervoso a um determinado grupo muscular (inervação motora), o músculo ao contrair-se vai solicitar uma informação aos receptores musculares que vão ter influência na informação de retorno alertando permanentemente o sistema nervoso central dos estados de tensão e de relaxamento do músculo (inervação sensitiva).

Com efeito, dentro dos factores nervosos que influenciam a capacidade do músculo produzir força, podemos distinguir aqueles que derivam do sistema nervoso central, e do sistema nervoso periférico.

### **2.1.1. Factores nervosos Centrais**

A unidade funcional através da qual o sistema nervoso central (SNC) controla a regulação dos mecanismos responsáveis pela contracção muscular, constitui o conceito de unidade motora (UM). Uma UM consiste, assim, no conjunto formado pelo motoneurónio e pelas fibras musculares que este inerva. No homem, o número de UM existentes em cada músculo pode variar entre 100, para os pequenos músculos da mão, e 1000 ou mais, para os grandes músculos dos membros inferiores. As diferentes capacidades de produção de força de cada UM constituem uma das características diferenciadoras dos tipos de UM. No músculo humano, é possível dizer que a variabilidade relativamente a este parâmetro, pode discriminar um leque de 100 ou mais tipos de UM com diferentes capacidades de produção de força. São mais abundantes no músculo as UM com menores dimensões (menos força) do que as de grande calibre, sendo admitido que a sua distribuição em termos de capacidade de produção de força é quase exponencial.

O sistema nervoso central dispõe de três mecanismos fundamentais para regular a intensidade da contracção muscular: (1) o número de unidades motoras recrutadas, (2) a frequência de activação das unidades motoras, e (3) a sincronização da activação das unidades motoras.

#### **2.1.1.1. O recrutamento das Unidades Motoras**

Um dos mecanismos de regulação da força produzida pelo músculo é o recrutamento de UM. Estas UM são recrutadas por ordem crescente da sua capacidade de produção de força. Este padrão de recrutamento é conhecido como o princípio de Henneman. As UM de menores dimensões possuem limiares de

excitabilidade mais baixos e são recrutadas em primeiro lugar. À medida que as necessidades de produção de força vão aumentando, as UM de maiores dimensões vão sendo recrutadas progressivamente. Desta forma, há uma correlação positiva entre as capacidades de produção de força das UM e o seu limiar de recrutamento, ou seja, de excitabilidade.

Enquanto este limiar não for alcançado o grupo de fibras musculares constituinte desta unidade motora permanece sem se contrair. A partir do momento em que este limiar é alcançado todas as fibras constituintes se contraem, é a chamada lei do "Tudo ou Nada". Neste contexto, quando o neurónio envia um influxo nervoso às fibras musculares pertencentes a uma determinada unidade motora, só pode ocorrer uma das seguintes duas respostas:

- as fibras permanecem descontraídas se a intensidade do estímulo for inferior ao seu limiar de excitabilidade;
- contraem-se com toda a intensidade, se o estímulo for igual ou superior ao seu limiar de excitabilidade.

Concluindo, perante um estímulo acima do limiar de estimulação a contracção obtida é sempre máxima. No entanto, esta lei não se aplica ao músculo como um todo, já que este é constituído por várias unidades motoras, o que leva a que cada músculo possa desenvolver forças de intensidades gradativas, podendo ir de uma contracção fraca a uma contracção forte.

#### **2.1.1.2. A frequência de activação das unidades motoras**

A força produzida por uma contracção muscular pode ser aumentada não só pelo maior número de UM recrutadas, mas também pela variação da força gerada por cada UM individualmente. Este aumento de força pode ser conseguido através de uma maior frequência de activação de cada UM. A frequência de activação das UM está intimamente relacionada com a velocidade de contracção, o que por si só, é condição suficiente para que este mecanismo de regulação nervoso adquira papel

predominante no estudo dos factores neurais que condicionam a capacidade do músculo produzir força.

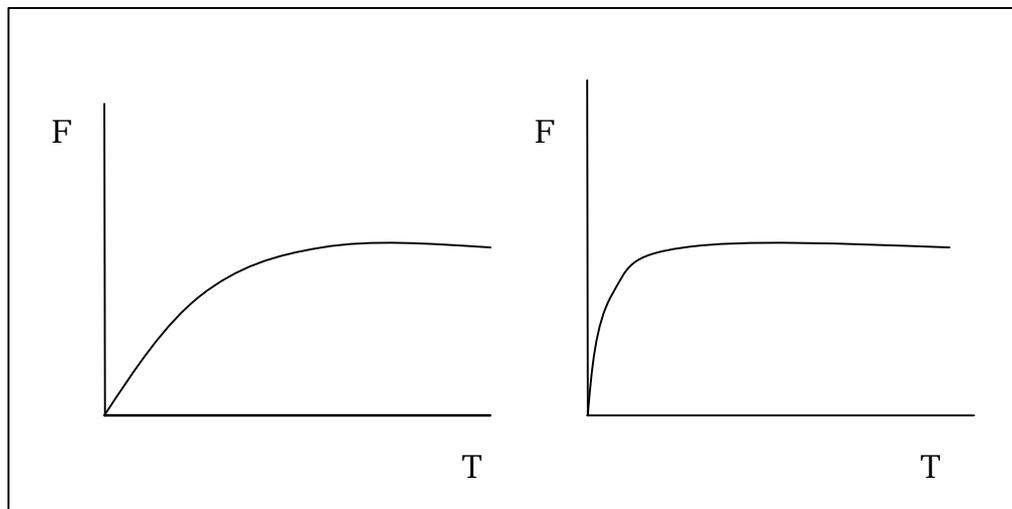


Figura 2 . Representação esquemática da influência da frequência de activação na curva força-tempo de uma contracção voluntária máxima.

A figura 2 ilustra de que forma a alteração da frequência de activação das UM pode influenciar as características de produção de força. O aumento da frequência de activação das UM permite incrementar a taxa de produção de força, i.e., o declive da curva de força-tempo.

### 2.1.1.3. A sincronização das unidades motoras

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

Neste sentido, quanto maior for a capacidade de recrutar simultaneamente, num dado momento, um elevado número de unidades motoras maior será a força produzida pelo músculo. A utilização do presente mecanismo parece só estar ao

alcance de praticantes altamente treinados ao nível do treino da força. Os estudos clássicos de Milner-Brown et al. (1975) mostraram que halterofilistas possuíam uma maior sincronização no disparo das UM do que os seus sujeitos controlo. Estes autores, observaram também, num estudo longitudinal com um reduzido número de sujeitos (n=4) que, após seis semanas de treino isométrico do primeiro interósseo dorsal, a um aumento de 20% da força isométrica máxima estava associado um significativo incremento de 27% da taxa de sincronização de disparo das UM .

Se uma maior sincronização de disparo das UM não conduz a um aumento da força máxima, poder-se-á admitir que contribua para um aumento da taxa de produção de força.

### **2.1.2. Factores Nervosos Periféricos**

Os factores nervosos periféricos estão associados aos processos de inervação sensitiva do músculo. Os músculos, tendões e articulações possuem órgãos sensoriais cuja função principal é de veicular as informações-sensitivas até ao sistema nervoso central. O fuso neuromuscular, os órgãos tendinosos de Golgi, e os receptores articulares, constituem os proprioceptores que mais se relacionam e interagem nos processos de produção de força muscular.

Sem a pretensão de realizar uma revisão sobre o tema, porque não constitui o objecto deste capítulo, mas apenas recordar os mecanismos básicos deste processo, construímos a figura 3 e procedemos a uma breve referência aos seus elementos constituintes fundamentais e às suas interacções, para, posteriormente, interpretar o significado funcional do sistema do reflexo de alongamento, no contexto do treino da força.

#### **2.1.2.1. Fuso neuromuscular (FNM)**

Qualquer alongamento muscular, ao implicar o estiramento das fibras intra-fusais, origina uma estimulação das fibras sensitivas Ia e II, oriundas, respectivamente,



As fibras Ia não terminam apenas nos motoneurónios alfa, pois as suas ramificações influenciam o interneurónio inibitório Ia, que exerce uma acção inibidora sobre o motoneurónio alfa do músculo antagonista, fenómeno que é conhecido por inibição recíproca.

Adicionalmente a este circuito existem as células de Renshaw, as quais recebem uma influência excitatória de ramos colaterais do motoneurónio alfa. O seu "output" termina no motoneurónio alfa e no interneurónio inibitório Ia, sobre os quais exerce uma acção inibidora, mecanismo conhecido por inibição recorrente. Esta acção inibidora, particularmente sobre o interneurónio inibitório Ia, parece poder facilitar o fenómeno da co-activação de agonistas e antagonistas.

Voltando ao Fuso Neuromuscular, para além das fibras sensitivas Ia, também as fibras II, apesar de mais lentamente, transportam informação sobre o alongamento total do músculo e exercem acção excitatória sobre os motoneurónios.

#### **2.1.2.2. Orgão Tendinoso de Golgi (OTG)**

O outro grande receptor muscular, o Orgão Tendinoso de Golgi, envia continuamente informações sobre a intensidade da contracção muscular, através das fibras sensitivas Ib. Estas fibras terminam no interneurónio inibitório Ib que por sua vez age inibitoriamente sobre o motoneurónio alfa, facilitando o relaxamento do músculo. A exemplo do que referimos para as fibras aferentes do fuso, também as fibras Ib recorrem a um processo de inibição recíproca, o que torna a sua acção mais eficaz.

Por último, refira-se o papel muito importante que é desempenhado pelo circuito gama. Ao receber intervenção dos centros superiores, o motoneurónio gama procede à inervação das fibras intra-fusais do fuso neuromuscular, promovendo um constante ajustamento relativamente ao seu estiramento. Esta acção das fibras

gama, constitui um mecanismo de servo-assistência que permite um controlo muito perfeito das acções musculares.

Naturalmente que o sistema do reflexo de alongamento, bem como todos os outros circuitos medulares a que nos referimos de forma breve, estão presentes em todos os movimentos e devem ser encarados como mecanismos não exclusivos e interdependentes, sobretudo pela larga acção que sobre eles exercem as estruturas supra medulares apoiadas nas influências recíprocas entre redes de interneurónios medulares.

### **2.1.2.3. Receptores articulares (RA)**

São responsáveis pela informação relativa à posição das articulações, velocidade e amplitude do movimento. Estes órgãos (RA) são de extrema importância devido ao seu carácter preventivo e de protecção no que se refere a possíveis lesões.

### **2.1.3. Consequências metodológicas para o treino da força, decorrentes dos factores nervosos**

Para aumentar a capacidade de produção de força de um músculo ou grupo muscular, é necessário:

- mobilizar (activar) todas as suas fibras, o mesmo é dizer, todas as suas unidades motoras. Para isto é necessário a utilização de cargas máximas de forma a mobilizar todas as unidades motoras, especialmente, as unidades motoras rápidas que são as que produzem mais força; e,
- para cumprir com o princípio da frequência de activação, é necessário que essas resistências sejam mobilizadas à velocidade máxima. Todavia, devido às cargas serem muito elevadas, não é possível movimentar essas cargas a grande velocidade, contudo, o simples facto de se tentar deslocar a carga a grande velocidade garante-se que a velocidade de contracção das fibras

musculares seja a maior possível, apesar da velocidade exteriormente observável não ser muito grande.

Na prática do treino da força existe a convicção que se as cargas a mobilizar não foram muito elevadas, i.e., se trabalharmos com resistências mais baixas mas com um elevado número de repetições, conseguimos mobilizar as fibras de contracção rápida ao fim de muitas repetições. Contudo, é muitas vezes ignorado que as fibras rápidas são as que se fatigam mais rapidamente e que após muito poucas repetições não é mais possível envolvê-las no processo de contracção.

### **2.1.3.3. A coordenação intra e inter-muscular**

No decorrer de um processo de treino da força, os primeiros ganhos são sempre de natureza nervosa, independentemente do método de treino utilizado. Apesar deste facto, as primeiras adaptações nervosas não são de natureza intramuscular, mas sim de carácter intermuscular. Ao fim das primeiras semanas de treino o SNC "aprende" a ser mais económico, isto é, a relação agonista/antagonista melhora substancialmente, podendo-se adiantar que se trata de um processo de aprendizagem técnica.

Se considerarmos, a título de exemplo, um processo de treino da força com 4 unidade de treino por semana, pode dizer-se que o processo de adaptações se caracteriza por:

- ▶ ao fim de duas semanas os primeiros ganhos devem-se a processos de coordenação intermuscular, isto é, uma melhoria da execução técnica do gesto, que fica a dever-se a uma melhor relação entre a contracção dos músculos agonistas/antagonistas, dos sinergistas e estabilizadores do movimento;
- ▶ ao fim de 6 a 8 semanas ocorrem as principais adaptações nervosas de natureza intramuscular, isto é, um aumento do número de UM recrutadas, e um aumento da sua frequência de activação.

#### **2.1.3.4. A activação nervosa e as características da dinâmica da carga**

Se o treino de força for realizado com o objectivo de melhorar a activação nervosa dos músculos envolvidos deve assumir as seguintes características:

- ▶ utilizar cargas elevadas (80 a 100% da Contração Voluntária Máxima);
- ▶ ritmo de execução explosivo;
- ▶ poucas repetições (entre 1 a 5);
- ▶ número de séries entre 3 a 5;
- ▶ grandes intervalos (5 minutos); e,
- ▶ o requisito mínimo para que um atleta se envolva num processo de treino com estas características são 2 anos de sólido treino de força.

### **2.2. Factores musculares**

Podemos dividir os factores musculares que afectam a capacidade do músculo produzir força em: fisiológicos, bioquímicos e mecânicos.

#### **2.2.1. Fisiológicos e bioquímicos**

Dentro dos factores que poderemos classificar como de natureza fisiológica e bioquímica centraremos a nossa análise nos seguintes factores: a influência da área da secção transversal do músculo e a influência da composição muscular.

##### **2.2.1.1. Área da secção transversal do músculo**

O primeiro aspecto que influencia a capacidade de produzir força é a área da secção transversal do músculo, o que está intimamente associado ao fenómeno de hipertrofia muscular, ou seja, ao aumento do volume do músculo. Existe uma estreita relação entre a força e o diâmetro fisiológico do músculo. Neste sentido, a força de um músculo é proporcional ao seu diâmetro transversal. Aspecto

importante a reter é o facto do diâmetro fisiológico (soma dos diâmetros de todas as fibras musculares individuais) ser diferente do diâmetro anatómico. Com efeito, dois músculos com o mesmo diâmetro anatómico, podem desenvolver níveis de força diferentes. Por exemplo, os músculos com fibras não paralelas desenvolvem mais força do que os músculos com fibras paralelas (no caso de um igual corte anatómico).

As explicações sobre os mecanismos que fundamentam o aumento da massa muscular têm provocado alguma polémica, especialmente a discussão sobre a prevalência de um dos seguintes mecanismos:

- ▶ a hipertrofia, como o aumento do volume das fibras musculares, e,
  - ▶ a hiperplasia como o aumento do número de fibras musculares,
- como factores responsáveis pelo aumento do volume da massa muscular.

Alguns autores têm reportado alguma evidência da existência de hiperplasia, contudo, os estudos realizados com culturistas comparativamente com sujeitos que podem ser considerados "sujeitos controlo", não mostraram diferenças significativas no número de fibras musculares, mas sim na sua dimensão. Desta forma, apesar de algumas evidências científicas acerca do fenómeno da hiperplasia, no que diz respeito ao treino da força, o mecanismo mais importante para o aumento da massa muscular parece ser a hipertrofia muscular.

Importa assim conhecer as características básicas dos estímulos que conduzem ao aumento da massa muscular, ou por outras palavras, como se pode induzir hipertrofia.

A hipertrofia muscular parece resultar de um aumento da síntese proteica. O conteúdo proteico do músculo está num contínuo estado de fluxo. As proteínas estão constantemente a ser sintetizadas e degradadas, mas as taxas a que estes fenómenos ocorrem variam de acordo com o esforço solicitado ao sujeito (figura

4). Durante o treino de força de relativa intensidade quase toda a energia disponível é requerida para que o processo de contracção muscular resulte em trabalho mecânico, o que ao implicar uma redução da energia necessária para a síntese proteica, faz aumentar a taxa de degradação das proteínas (figura 5)

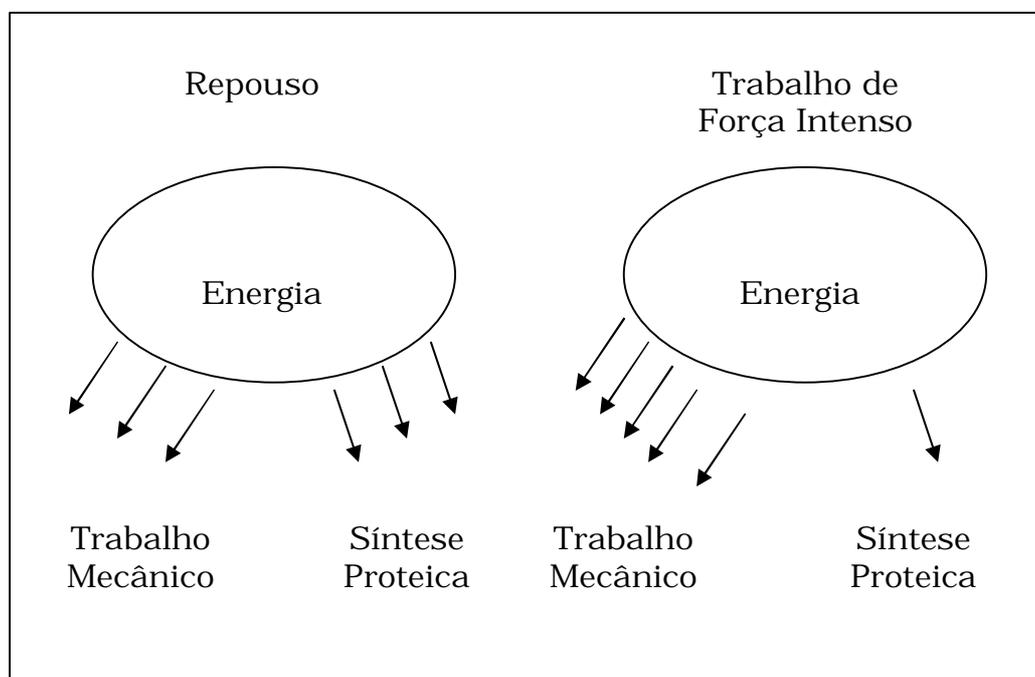


Figura 4. Fornecimento de energia durante o repouso e durante treino de força intenso

A entrada de aminoácidos da circulação sanguínea para o músculo diminui durante o treino de força intenso, pelo que a quantidade de proteínas degradadas excede o número de proteínas novamente sintetizadas. Este facto conduz a uma diminuição da quantidade de proteínas musculares após uma sessão de treino de força e a um aumento da sua síntese no intervalo entre as sessões de treino. A entrada de aminoácidos para o músculo passa a ser superior ao que ocorre normalmente em repouso. A repetição deste processo de aumento da degradação e da síntese de proteínas musculares, parece resultar num fenómeno de supercompensação das proteínas (figura 5), semelhante ao que ocorre com o glicogénio muscular em resposta ao treino de resistência.

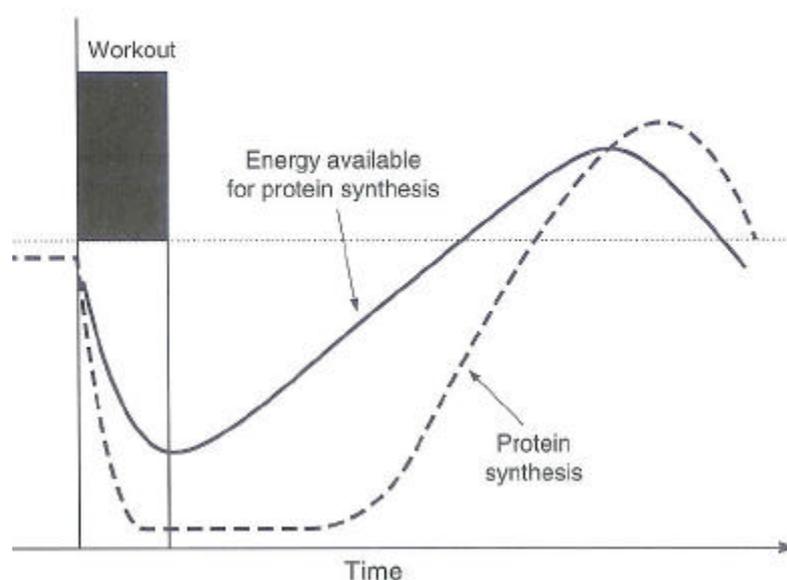


Figura 5. Potencial energético do músculo e taxa de anabolismo proteico.

Apesar do mecanismo do estímulo para a hipertrofia muscular permanecer não completamente esclarecido, parece poder aceitar-se que é a depleção energética é um dos estímulos que induz ao aumento do volume do músculo em termos crónicos. Assim, poderemos dizer que os parâmetros vitais para conseguir induzir hipertrofia muscular são a correcta manipulação da intensidade e do volume de treino, por forma a conduzir a uma grande depleção energética a nível muscular. Desta forma o estímulo deve caracterizar-se por ser sub-máximo (60-80% do máximo), de longa duração (muitas séries e muitas repetições) e organizado de forma a induzir fadiga (reduzidos intervalos de recuperação).

#### 2.2.1.2. Tipos de fibras musculares

Para além da capacidade contráctil, as UM diferem em muitas outras características funcionais. Ainda que a composição muscular seja um assunto colateral a este capítulo, importa realizar uma breve referência, dado que a uniformidade estrutural e funcional que encontramos entre as fibras musculares que constituem uma UM, estão adaptadas a um determinado tipo de contracção e

são determinadas pelas características e tipo de motoneurónios (MN) respectivos, como foi verificado nos clássicos estudos de inervação cruzada.

As UM de maior capacidade contráctil apresentam tempos de contracção curtos e fraca resistência à fadiga. Ao invés, as UM de menor capacidade de contracção, são mais resistentes à fadiga e o seu tempo de contracção é bastante maior.

Entre estes dois tipos extremos de UM, existem UM com valores intermédios de (1) tamanho, (2) tempo de contracção e (3) resistência à fadiga. Tendo como base estas e outras características funcionais, bem como características morfológicas e bioquímicas, as UM e as respectivas fibras musculares têm sido classificadas em diferentes tipos.

As fibras musculares das UM de menor dimensão, também denominadas de fibras vermelhas (pelo seu maior teor em mioglobina) estão mais adaptadas à produção de contracções lentas e de fraca intensidade durante longos períodos de tempo, atingindo o tétano a frequências de activação inferiores. São inervadas por motoneurónios (MN) de menor calibre, com limiares de excitabilidade mais baixos e mais sensíveis ao reflexo de alongamento. O seu excelente metabolismo oxidativo permite-lhes grande resistência à fadiga. A sua capacidade em receber e utilizar O<sub>2</sub>, está relacionada com um elevado teor em mioglobina, maior número de mitocôndrias e respectiva actividade enzimática, e elevado número de capilares sanguíneos. Estas fibras são denominadas de tipo I, oxidativas, ou de contracção lenta. As fibras brancas (tipo II, glicolíticas ou de contracção rápida) estão mais preparadas para contracções fortes e rápidas, sendo a glicólise anaeróbia o principal processo de produção de energia a que recorrem. As concentrações de fosfocreatina, miosina ATPase e enzimas glicolíticas são mais elevadas neste tipo de fibras. A sua capacidade em tetanizar é mais rápida, bem como em relaxar. Os MN que inervam este tipo de fibras são de maiores dimensões, com axónio mais espesso, garantindo maior velocidade de condução nervosa entre a medula e o músculo. Apresentam cronaxia inferior, maior rapidez de transmissão na placa

motora e maior capacidade do retículo sarcoplasmático e do sistema tubular T nos processos de libertação e recaptação do cálcio.

As fibras do tipo II podem ser classificadas em subgrupos de acordo com a sua actividade enzimática: tipo IIa, IIb e IIc. As fibras IIa e IIb, apesar de serem ambas fibras de contracção rápida, podem diferenciar-se face à capacidade oxidativa: as IIa apresentam um potencial aeróbio mais elevado, enquanto que as fibras IIc são fibras relativamente pouco diferenciadas com características fisiológicas e histoquímicas intermédias entre as IIa e IIb (Gollnick & Hodgson, 1986).

<b>Características</b>	<b>Fibras Tipo I</b>	<b>Fibras Tipo IIa</b>	<b>Fibras Tipo IIb</b>
	<i>SO</i>	<i>FOG</i>	<i>FG</i>
% no músculo	50	34	16
Vel. de Contracção	Lenta	Rápida	Rápida
Cor (à preparação)	vermelhas	brancas	brancas
Resistência à Fadiga	Grande	Pequena	Pequena
Motoneurónios	Pequenos	Grandes	Grandes
Vel. de Estimulação	Lenta	Rápida	Rápida
Limiar- Excitabilidade	Baixo	Alto	Alto
Tensão desenvolvida	Baixa	Média	Elevada
Cap. Aeróbia	Elevada	Média	Baixa
Enzimas Oxidativas	Muitas	Nº Médio	Poucas
Cap. Anaeróbia	Baixa	Média	Elevada
Produção A. Láctico	Baixa	Média	Elevada

Figura 6. Resumo dos diferentes tipos de fibras musculares

### **2.2.1.2.1. A modificação da percentagem relativa do tipo de fibras no músculo**

Dos estudos clássicos de inervação e após um grande número de estudos posteriores, sabemos hoje que a composição das fibras musculares depende da consistência e da utilização ou não utilização das células nervosas da medula que inervam as correspondentes fibras musculares. Com efeito, os estudos efectuados demonstram a possibilidade de se mudar completamente a predominância e conseqüentemente a composição do tipo de fibras musculares (lentas e rápidas) alterando a frequência de activação. Não devemos esquecer, contudo, que este tipo de estudos foram realizados no animal, nos quais se cruzou a inervação, i. e., as fibras musculares lentas passaram a ser inervadas por motoneurónios de elevado calibre, enquanto que os motoneurónios mais pequenos passaram a inervar as fibras rápidas. Ao fim de algum tempo as características das fibras musculares alteraram-se completamente.

Em treino não se consegue reproduzir algo de semelhante. Durante a maior parte das horas do dia os nossos músculos recebem activações de natureza tónica. Os atletas que treinam com elevadas intensidades fazem-no num relativo curto período de tempo, quando comparado com as restantes horas do dia durante as quais os músculos são activados tonicamente.

Deste modo podemos concluir que:

- ▶ as fibras musculares vulgarmente designadas por lentas, não se transformam em fibras rápidas por acção do treino;
- ▶ as fibras rápidas, podem alterar-se e aproximarem-se das características das fibras lentas por acção do treino, particularmente através de actividades que requeiram um constante baixo nível de activação neural;
- ▶ o treino da força pode organizar-se de forma a conduzir a uma hipertrofia selectiva das fibras lentas ou rápidas, alterando assim a percentagem relativa da sua área de secção transversal.

### 2.2.1.3. Consequências metodológicas decorrentes dos factores musculares

Relativamente às características da dinâmica da carga, o treino da força com o objectivo de melhorar a hipertrofia muscular deve assumir as seguintes características:

- ▶ utilizar cargas submáximas (60 a 80% da contracção voluntária máxima);
- ▶ ritmo de execução moderado a lento;
- ▶ número de repetições entre 8 a 20;
- ▶ número de séries entre 3 a 5; e,
- ▶ intervalos de 2 a 3 minutos.

Se o processo de hipertrofia muscular se pretender diferenciado, i. e., se o objectivo for promover uma hipertrofia muscular mais significativa na área da secção transversal das fibras rápidas, a intensidade não deve ser inferior a 80%.

### 2.2.2. Mecânicos (contracção muscular)

Para além da magnitude do volume muscular e da percentagem relativa dos diferentes tipos de fibras musculares, a mecânica da contracção muscular influencia igualmente a capacidade de um músculo produzir força.

#### 2.2.2.1. Tipos de contracção muscular

Sempre que activados os músculos desenvolvem tensão e tendem a encurtar-se, podendo ou não ocorrer deslocamento dos segmentos ósseos que lhes estão associados. O tipo de resistência exterior determinará a existência ou não de movimento. Classicamente existem três tipos de acções musculares.

▶ **Acção muscular concêntrica:** quando a tensão desenvolvida pelo músculo é superior à resistência que ele tem de vencer, ocorre um encurtamento. Este tipo

de acção ocorre na fase positiva (concêntrica) da maioria dos exercícios de treina da força, como o supino ou o agachamento.

► **Acção muscular excêntrica:** quando a tensão desenvolvida pelo músculo é inferior à resistência que ele tem de vencer, apesar do músculo tentar encurtar-se, ocorre um alongamento das fibras musculares. Este tipo de acção ocorre na fase negativa (excêntrica) da maioria dos exercícios de treina da força, como o supino ou o agachamento.

► **Acção muscular isométrica:** se a tensão desenvolvida pelo músculo é igual à resistência que ele tem de vencer, o comprimento das fibras musculares, mantém-se essencialmente inalterado. Este tipo de acção muscular ocorre quando se pretende exercer força contra uma resistência inamovível.

Para além destas três formas clássicas de acções musculares, há ainda a considerar a forma natural de funcionamento muscular. Nos movimentos da locomoção humana, como a marcha, a corrida e o salto, os músculos extensores dos membros inferiores estão periodicamente sujeitos a impactos com o solo que provocam um alongamento muscular seguido de uma fase de encurtamento.

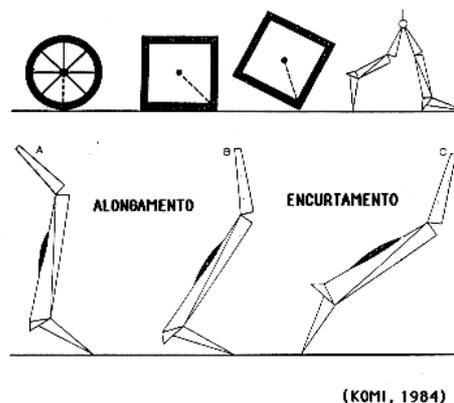


Figura 7. Na locomoção humana (marcha, corrida, salto) os músculos extensores dos membros inferiores são periodicamente sujeitos a um ciclo muscular de alongamento encurtamento, que se assemelha ao rodar de um cubo.

A figura 7 ilustra esta forma natural de funcionamento muscular. na grande maioria dos gestos desportivos, os músculos não funcionam de forma puramente

isométrica, concêntrica ou excêntrica. Funcionam num **Ciclo Muscular de Alongamento-Encurtamento (CMAE)**, tal como descrito por Komi (Komi, 1984).

Esta forma de funcionamento muscular é relativamente independente das outras formas de manifestação da força e é regulada, essencialmente, pela qualidade do padrão de activação nervoso dos músculos envolvidos, i.e., pelo balanço entre os factores nervosos facilitadores e inibidores da contracção muscular. No ponto 3.2.2 deste capítulo abordaremos esta forma de manifestação da força com maior detalhe.

#### **2.2.2.2. Relação força-alongamento**

A força desenvolvida pelo músculo é maior no seu comprimento de repouso, já que o número de pontes cruzadas entre a actina e a miosina é maior nesta posição. À medida que o músculo se encurta ocorre uma diminuição das ligações entre as proteínas contrácteis porque ocorre alguma sobreposição dos filamentos, com uma diminuição da tensão que pode ser desenvolvida. De forma semelhante, se o músculo for alongado para além do seu comprimento de repouso, o número de pontes cruzadas vai também diminuindo, porque a sobreposição dos filamentos se reduz drasticamente. Contudo, quando um músculo é alongado, ainda que passivamente, e porque o seu tecido conjuntivo possui um determinado potencial elástico, há um acréscimo de força devido a este contributo dos factores elásticos, que actuam em paralelo com o material contráctil. O efeito combinado dos factores contrácteis e elásticos está ilustrado na figura 8, que apresenta a clássica curva da relação entre a força e o alongamento.

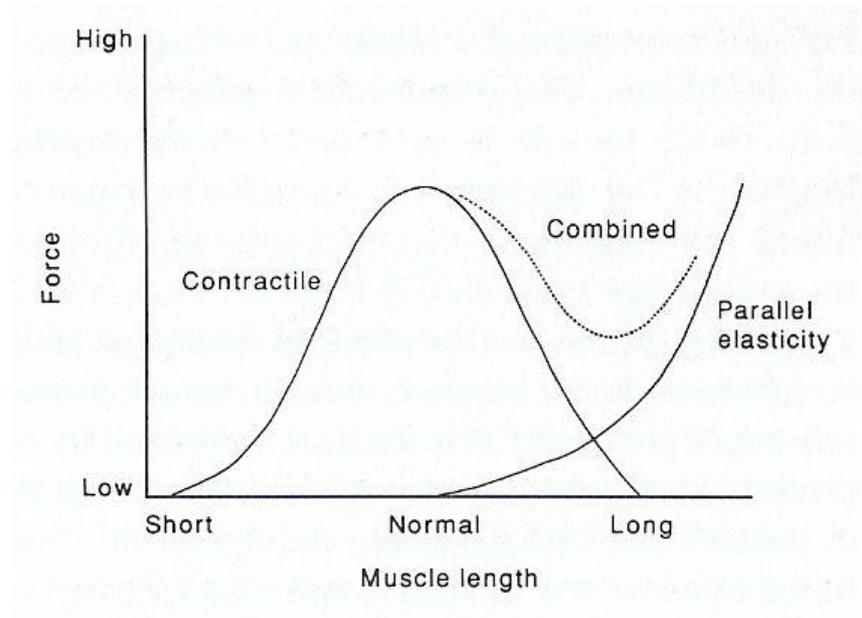


Figura 8 . Relação força -alongamento de um músculo isolado

### 2.2.2.3. Relação força-velocidade

Se todos os outros factores se mantiverem iguais, a capacidade do músculo produzir força é mais elevada numa situação isométrica, diminuindo esta capacidade á medida que se aumenta a velocidade de contracção concêntrica. Este facto deve-se, por um lado, à acção desempenhada pela viscosidade das fibras musculares que resistem ao movimento de forma proporcional ao aumento da velocidade. Por outro lado, a acção de ligar e desligar das pontes cruzadas para que o deslizamento dos filamentos ocorra faz-se muito mais frequentemente com o aumento da velocidade de contracção, o que reduz as condições de produção de força. Contudo, quando o aumento da velocidade de contracção se faz não em termos concêntricos, mas sim em regime excêntrico, o músculo é capaz de desenvolver maiores tensões musculares com o aumento da velocidade (figura 9).

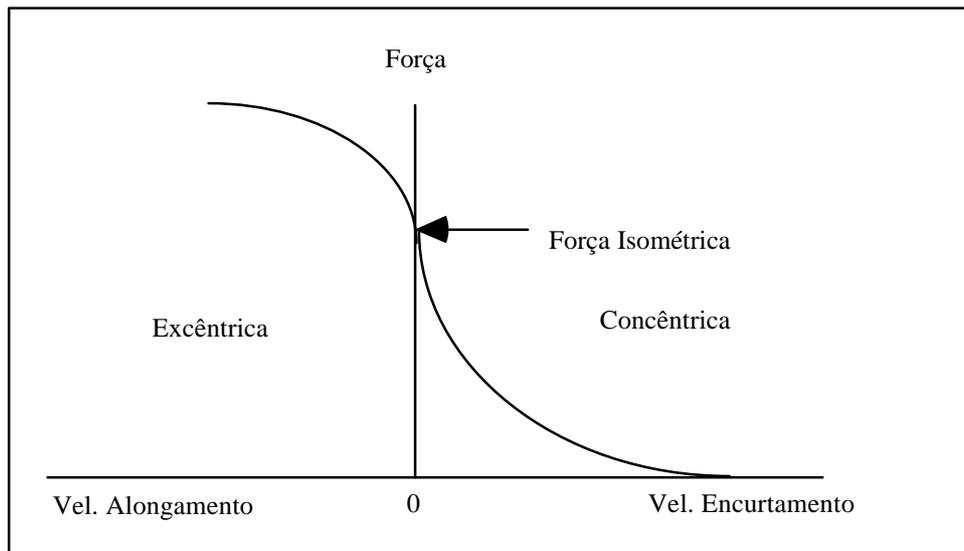


Figura 9 . Relação força -velocidade de um músculo isolado

Este aumento de força é aproximadamente de 1.3 vezes o valor da força concêntrica. O facto do aumento da força em regime excêntrico acontecer em função do aumento da velocidade de alongamento, sugere-nos que para além do já referido contributo dos factores de natureza elástica, o maior papel para explicar este aumento de força é desempenhado pelo reflexo de alongamento, que, como sabemos, é especialmente sensível à velocidade do estiramento.

### 2.3.3. Factores biomecânicos

O fenómeno que a figura 10 ilustra é bem conhecido da prática do treino da força. Em determinadas posições (leia-se angulações) qualquer sujeito evidencia uma capacidade aumentada de produzir força, enquanto que em angulações maiores e menores relativamente a essa posição óptima, observa-se uma menor capacidade de produzir força.

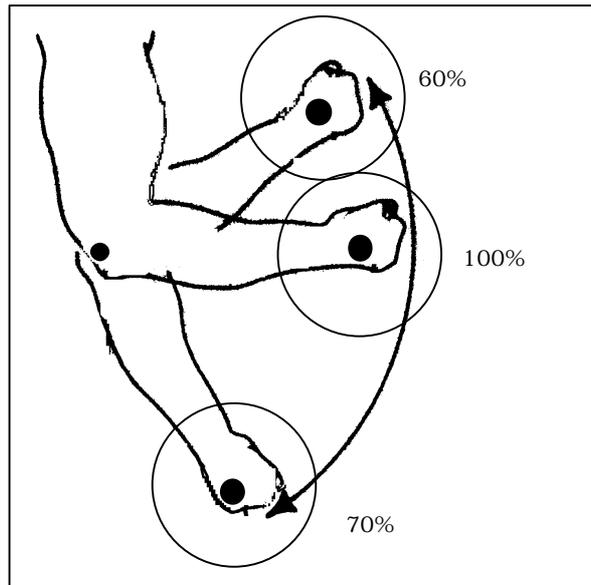


Figura 10. Num movimento de flexão do cotovelo existe um momento óptimo para a produção de força pelo músculo bicípete braquial. Com angulações do cotovelo maiores ou menores a cerca de 90 graus verifica-se uma maior dificuldade em produzir força.

Contudo, se a resistência a movimentar não for, como despista a figura, um peso livre mas sim a alavanca de uma máquina de musculação de resistência progressiva, de resistência variável ou, de um equipamento isocinético, o fenómeno ilustrado pode sofrer alterações consideráveis.

Neste sentido iremos abordar de forma breve os aspectos de natureza biomecânica que mais afectam a capacidade do músculo produzir força, a saber: a influência que as variações angulares exercem na alavanca muscular (braço da força), na alavanca exterior (braço da resistência) e a influência dos diferentes tipos de resistências (pesos livres, máquinas de musculação, etc.).

### 2.3.3.1. A alavanca muscular

A figura 11 ilustra a influência que diferentes alavancas musculares, definidas como a distância perpendicular entre o eixo de rotação da articulação e a linha de acção do tendão, exercem na capacidade de produção de força. Quando o braço da alavanca é maior (na figura na posição c) a vantagem mecânica é a mais elevada.

Sempre que a modificação do ângulo articular condiciona uma alteração no braço da alavanca muscular (posições a,b e d,e) a vantagem mecânica diminui, logo o músculo diminui a sua capacidade de produção de força.

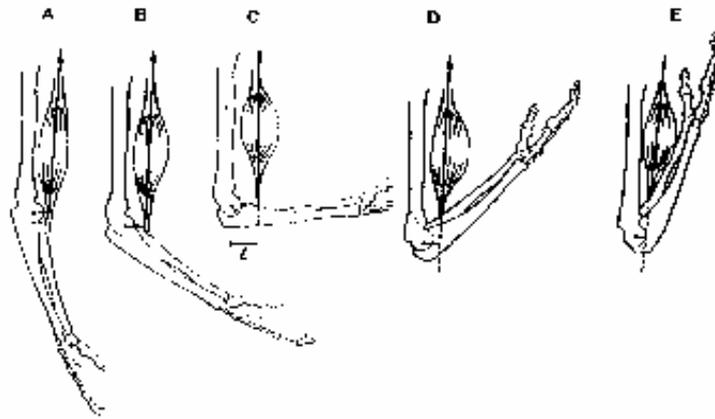


Figura 11. Variação do braço da alavanca (distância perpendicular entre o eixo de rotação da articulação e a linha de acção do tendão) em função da alteração do ângulo articular, num movimento de flexão da articulação do cotovelo. Quando o braço da alavanca é menor a vantagem mecânica é mais reduzida.

Uma leitura linear da figura anterior poderia levar a concluir que seria vantajoso, em qualquer circunstância, uma maior distância entre o eixo articular e a inserção musculotendinosa. Observemos, contudo, a figura 12. Nela se exemplifica o efeito que diferentes braços da alavanca muscular podem exercer na velocidade do deslocamento angular num movimento de flexão do cotovelo.

Na configuração B a alavanca muscular é maior o que significa uma vantagem mecânica em termos da capacidade de produção de força máxima. Contudo, se pensarmos no deslocamento angular para um mesmo grau de encurtamento muscular (contração concêntrica), verificamos que uma maior distância entre a articulação e a inserção do tendão condiciona um menor deslocamento angular para o mesmo nível de força produzido. Por outras palavras, quando a inserção muscular está mais afastada, o músculo precisa de aumentar a velocidade de encurtamento para obter o mesmo deslocamento angular. Face à relação inversa entre a força e a velocidade, este facto significa que os músculos que estão inseridos mais longe do

eixo articular estão especialmente vocacionados para esforços de força máxima (halterofilia) e não para se contraírem a altas velocidades (remate de voleibol).

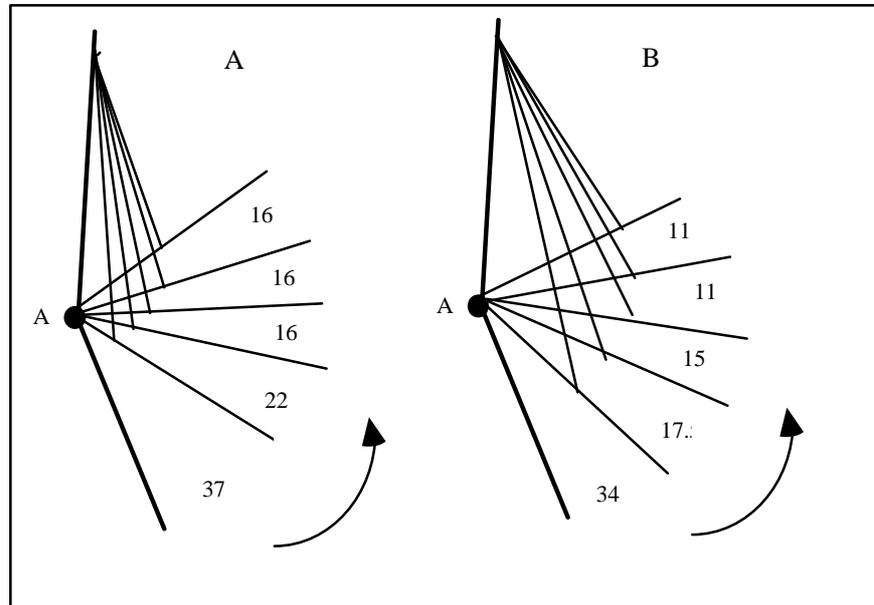


Figura 12. Influência da maior ou menor proximidade da inserção muscular relativamente ao centro articular (A), no deslocamento angular para o mesmo encurtamento muscular. Em B o braço da alavanca é maior logo o momento da força é também maior para um determinado nível de força, contudo o deslocamento angular por unidade de contracção muscular é mais reduzido, o que significa uma menor velocidade do movimento.

### 2.3.3.2. A alavanca da resistência exterior

Para além da influência exercida pelo braço da força há igualmente que considerar que quando modificamos o ângulo articular, alteramos o momento (braço) da resistência, i. e., a distância entre o eixo articular e o ponto de aplicação da resistência.

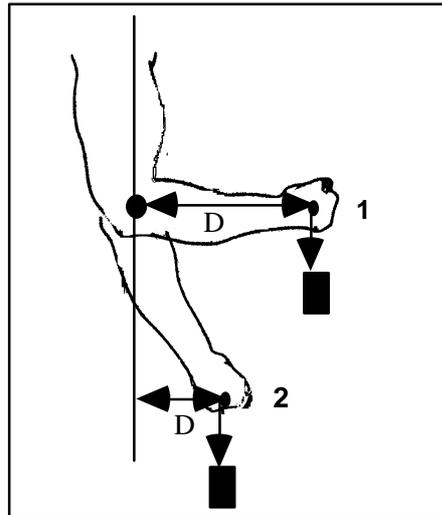


Figura 13. Apesar do peso do objecto se manter constante, a variação da distância (D) horizontal entre o peso e o eixo articular, condiciona uma alteração do momento da resistência.

Na figura 13 é possível constatar o que acima referimos. Apesar do peso da resistência exterior se manter constante, na posição 1 a distância entre o eixo articular e o ponto de aplicação da resistência é maior do que na posição 2, o que significa que o momento da força é maior (momento = peso x distância). Nestas condições o sujeito tem de produzir mais força na posição 1 do que na posição 2 para poder superar a mesma resistência.

Quando o peso se encontra directamente acima ou abaixo, i.e., na linha que contém o eixo articular não há momento da resistência devido á acção do peso. As alterações na técnica de realização dos exercícios podem fazer variar o momento da resistência durante um exercício. Quando na realização de um agachamento se promove uma maior inclinação do tronco á frente, desloca-se o peso horizontalmente para uma posição mais próxima da articulação do joelho e por sua vez mais longe da articulação coxo-femural. Desta forma aumenta-se o momento da resistência para os músculos glúteos e posteriores da coxa, reduzindo-se o mesmo momento para o quadríceps crural.

A conjugação do aspecto abordado no ponto anterior (alavanca muscular face ao grau de alongamento do músculo) com o que acabamos de referir (influência do braço da resistência face à variação do ângulo articular) , conduz a que para cada movimento específico (flexão do cotovelo, extensão do joelho, etc.) existe uma curva de força, i.e., uma curva que descreve o comportamento das capacidades de produção de força face à variação do ângulo articular. A figura 14 ilustra o que acabámos de expor.

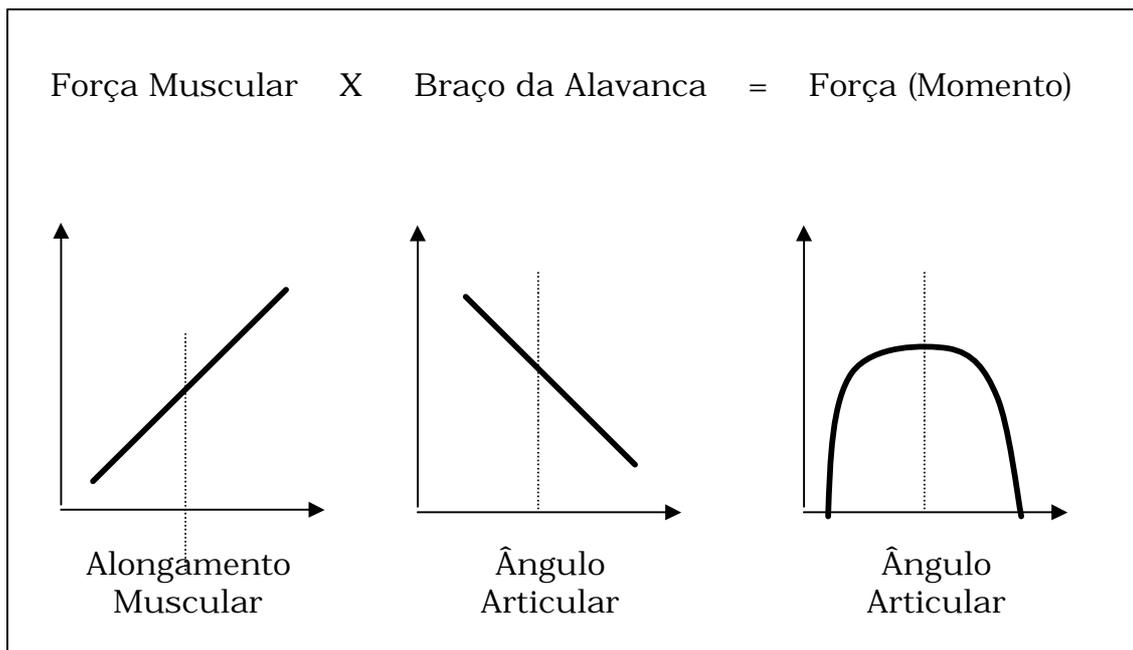


Figura 14. O momento da força de um determinado movimento é o produto da tensão muscular que o músculo é capaz de produzir face ao alongamento muscular pelo braço da alavanca.

Na figura 15 apresentam-se exemplos de algumas curvas de força para a extensão e flexão do cotovelo e do joelho. De salientar que todas as curvas têm uma fase ascendente e/ou descendente mais ou menos pronunciada.

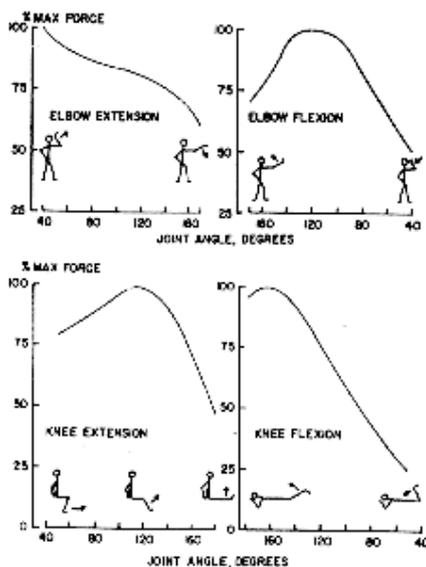


Figura 15 . Exemplos de curvas de força, para as articulações do cotovelo e joelho.

### 2.3.3.3. Tipos de resistências exteriores

Da prática do treino da força sabemos que existem diferenças entre mobilizar um peso livre (barra com pesos) ou produzir força numa máquina de musculação. Estas diferenças devem-se a diferentes características mecânicas, principalmente à relação entre a magnitude do braço da força e da resistência que cada uma destas resistências exteriores proporciona ao longo do deslocamento angular de um determinado movimento.

Se quisermos classificar os diferentes tipos de resistências exteriores que vulgarmente encontramos nos equipamentos de treino de força, o critério mais importante prende-se com as características do tipo de resistência que o equipamento proporciona.

#### ▀ Resistências Constantes

O tipo de resistência exterior mais comum são os pesos livres, i.e., as barras de musculação com pesos, os manúbrios, as bolas medicinais. Com este tipo de equipamentos o peso (massa x aceleração da gravidade) é sempre constante, mas o momento de força varia durante o deslocamento angular. Como ilustrado na figura x, o momento de força num movimento de flexão do cotovelo é igual ao peso da resistência exterior vezes a distância horizontal (D) entre o eixo de rotação e ponto de aplicação da força.

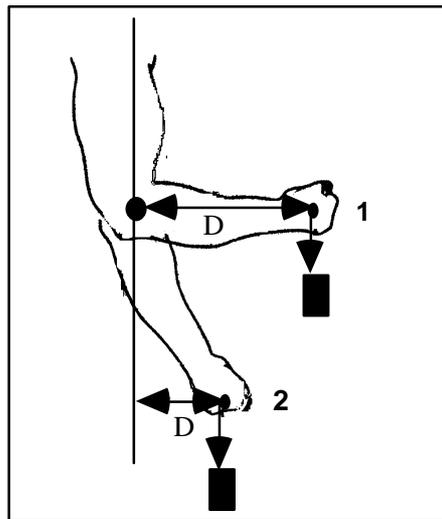


Figura 16. Apesar do peso do objecto se manter constante, a variação da distância (D) horizontal entre o peso e o eixo articular, condiciona uma alteração do momento da resistência.

No movimento de flexão do cotovelo a distância horizontal entre a articulação do cotovelo e o ponto de aplicação da força (mão do sujeito) varia durante o deslocamento angular. Esta distância é menor no início do movimento, atinge o seu valor máximo próximo dos 90 graus e volta a baixar nas posições de maior flexão do cotovelo. Quando a distância D é maior o sujeito necessita de produzir mais força muscular para resistir ao efeito do peso, enquanto que nas posições intermédias a força muscular para resistir ao peso é mais reduzida.

#### ▲ Resistências Variáveis-Progressivas

Alguns equipamentos de treino de força, como por exemplo os elásticos e alguns tipos de máquinas de musculação, funcionam de forma a oferecer uma maior resistência na parte final do movimento. São as chamadas resistências progressivas. Quando estiramos um elástico a resistência que ele oferece é maior em função do seu grau de alongamento. Algumas máquinas de musculação fazem variar de forma crescente o braço da resistência, oferecendo por isso uma maior resistência na parte final do movimento.

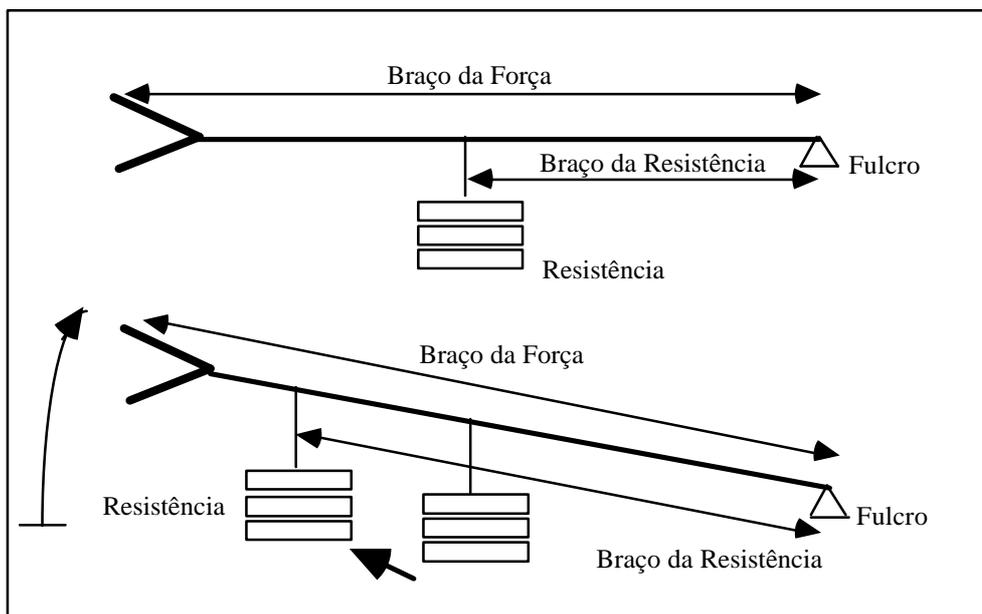


Figura 17 Alteração do braço da resistência numa máquina de resistência progressiva

Na figura 17 é possível identificar que do início para o final do movimento (exemplo de uma máquina de supino) à custa da variação do ponto de aplicação da resistência, é possível modificar a magnitude do braço da resistência, implicando deste modo uma maior dificuldade em realizar o exercício no final.

Contudo e como já referimos anteriormente, este mecanismo está em oposição com o comportamento mecânico do músculo humano, o qual evidencia uma quebra de capacidade de produção de força nas posições finais do deslocamento angular, normalmente por ocorrerem a graus muito elevados de encurtamento muscular e

por isso não permitirem o maior número possível de pontes cruzadas entre as proteínas contrácteis.

#### ▲ Resistências Variáveis-Acomodativas

Para obviar ao facto anteriormente mencionado, algumas máquinas de musculação oferecem uma variação do braço da resistência que pretende acomodar-se à variação das capacidades de produção de força do músculo, daí a denominação de "acomodativas"

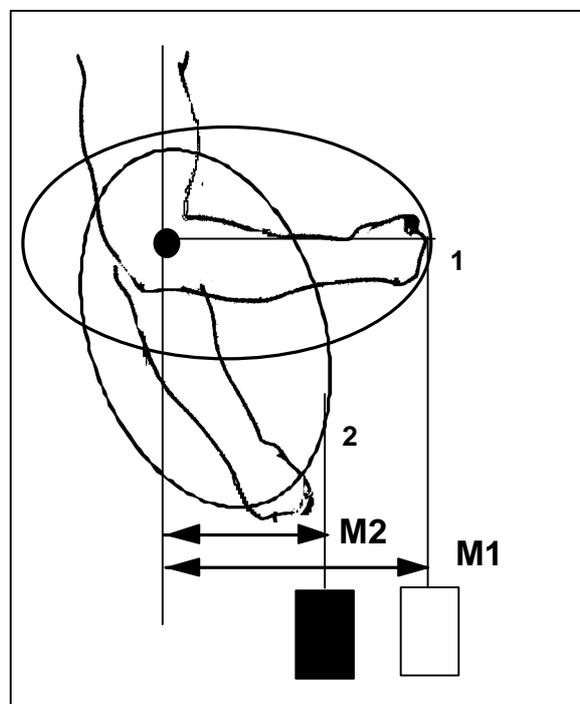


Figura 18 Numa máquina de resistência variável-acomodativa o braço da resistência varia ao longo do deslocamento angular. Quando a "cam" é rodada da posição 2 para a posição 1 o braço da alavanca aumenta ( $M1 > M2$ ) aumentando assim o momento da resistência.

A figura 18 ilustra o princípio de funcionamento das máquinas de resistência variável-acomodativas. A utilização de uma "cam" excêntrica, i.e., em que a distância do eixo de rotação ao ponto de aplicação da força varia à medida que a

"cam" roda, estes equipamentos podem oferecer uma variação da resistência que pretende adaptar-se às possibilidades de produção de força (curva de força) de determinado grupo muscular.

Para que o sistema funcione nos termos dos seus pressupostos, é suposto que a velocidade angular seja mantida o mais constante possível o que na prática é difícil de ser realizado, particularmente quando se pretende trabalhar com velocidades algo mais elevadas. Por outro lado, a concepção da "cam" é realizada tendo em vista sujeitos com determinadas características antropométricas médias, o que poderá implicar que nem todas as máquinas estarão concebidas para se acomodar às curvas de força de todos os sujeitos.

#### ▀ Resistências Isocinéticas

Os equipamentos isocinéticos, para além de oferecerem uma resistência acomodativa implicam que a velocidade angular seja constante. A resistência é controlada electronicamente e em cada posição angular o equipamento oferece uma resistência proporcional à força desenvolvida pelo sujeito. Se o sujeito aumentar a velocidade angular o equipamento oferece uma maior resistência permitindo deste modo que o sujeito não ultrapasse a velocidade pré-seleccionada. Este tipo de equipamentos são normalmente utilizados para a avaliação e monitorização de processos de reabilitação onde a manipulação da intensidade da carga a utilizar, bem como a máxima solicitação muscular em todo o deslocamento angular do movimento em causa, são aspectos importantes a salvaguardar. Por outro lado, os equipamentos isocinéticos são bastante seguros já que permitem trabalhar com cargas muito baixas e graduar o seu aumento progressivo com um completo controlo de vários parâmetros. Este tipo de equipamentos, bem como a quase totalidade das máquinas de musculação, são normalmente uniarticulares, o que significa que se pode isolar com facilidade um determinado grupo muscular, mas não é tão fácil, ou mesmo impossível, realizar um exercício em cadeia cinética fechada.

A utilização deste tipo de equipamentos na prática do treino da força deve ser restrita aos períodos de preparação geral, onde se pretende um ganho de massa muscular. O facto de oferecerem uma resistência acomodativa permite que a estimulação muscular seja muito próxima do máximo em todos os graus articulares, pelo que condicionam um bom estímulo para a hipertrofia muscular. Contudo, o facto dos equipamentos isocinéticos permitirem essencialmente movimentos em cadeia cinética aberta, não serão o tipo de equipamento e privilegiar na rotina diária do treino da força de atletas. O treino, por exemplo, dos músculos extensores dos membros inferiores teria de ser realizado por etapas, i. e., primeiros os extensores do joelho, depois um outro exercício para os flexores plantares e ainda um outro exercício para os extensores da bacia. Nos movimentos desportivos estas três articulações funcionam normalmente em cadeia cinética fechada o que não é facilmente reproduzível num equipamento isocinético. Uma outra limitação para a sua generalização no treino de atletas prende-se com o facto de estes equipamentos funcionarem a velocidades angulares constantes o que na realidade raramente acontece nos movimentos desportivos. A natação, a canoagem e o remo serão eventualmente as modalidades onde os movimentos são *quase-isocinéticos*, mas na grande maioria dos gestos desportivos as variações de velocidade são uma constante. Acresce que as velocidades angulares máximas a que grande parte destes equipamentos funcionam (400-500 graus por segundo) ficam muito aquém das velocidades angulares da maioria dos gestos competitivos. Num salto vertical, p.e., a velocidade angular da articulação do tornozelo pode com relativa facilidade ser superior aos 1000 graus por segundo.

#### **2.3.3.3.1. A utilização dos diferentes tipos de resistências-equipamentos**

Todos os tipos de equipamentos para o treino da força têm as suas vantagens e inconvenientes, pelo que todos eles devem ser considerados e correctamente seleccionados em função dos objectivos em causa e das características dos atletas.

Os pesos livres (barras com pesos, manúbrios e bolas medicinais) constituem o equipamento mais comum no treino de atletas. Permitem a realização de exercícios em cadeia cinética fechada, os quais mobilizam articulações contíguas e dessa forma permitem recriar com mais facilidade os movimentos competitivos. Ao mobilizarem articulações contíguas evitam grandes desequilíbrios entre os grupos musculares que cruzam essas articulações (p.e., gêmeos, quadricípete crural e glúteos). Por outro lado, permitem variações de velocidade durante a sua execução, o que constitui uma das características de grande parte dos gestos desportivos. A utilização de pesos livres pode iniciar-se com regulativamente pouco material, já que qualquer pequena resistência (barra, manúbrios) pode ser utilizada. À medida que a intensidade da carga tem de ser aumentada, a utilização dos pesos livres requer um bom conhecimento acerca da técnica de execução dos exercícios de musculação, pelo que o seu domínio técnico se constitui como um importante requisito.

É aqui, que muitas vezes se opta pela utilização sem critério das máquinas de musculação por atletas. A falta de domínio técnico dos exercícios e a necessidade em trabalhar com cargas mais elevadas, levam muitas vezes a optar pela utilização das máquinas de musculação. Elas não requerem grandes preocupações técnicas, o seu design ergonómico é normalmente facilitador da auto-aprendizagem da sua utilização. Como vantagens podemos salientar a facilidade de utilização, os reduzidos requisitos técnicos, a facilidade de manuseamento das cargas e a segurança. As máquinas de musculação são o equipamento ideal para utilizar com sujeitos indiferenciados que pretendem realizar programas de condição física. A sua utilização com atletas deve ser criteriosa, principalmente os equipamentos que não permitem a realização de exercícios em cadeia cinética fechada. De entre os diferentes tipos de máquinas de musculação, a escolha de máquinas de resistência variável-acomodativa apresenta vantagens óbvias. A possibilidade de aproximar da estimulação máxima os grupos musculares envolvidos no exercício, em função dos diferentes graus articulares, constitui obviamente uma vantagem a não desperdiçar.

Em síntese, podemos recomendar a utilização de máquinas de musculação, preferencialmente de resistência variável-acomodativa, preferencialmente para o treino de sujeitos indiferenciados que visam a melhoria da sua condição física geral. Os atletas de restringir a utilização de máquinas de musculação aos períodos de preparação geral, particularmente para o treino que vise a hipertrofia muscular, já que as máquinas de resistência variável-acomodativa têm alguma vantagem para este objectivo específico. Ao seleccionar as máquinas de musculação, para o treino de atletas de elevado rendimento, deve procurar-se escolher exercícios em cadeia cinética fechada. Os pesos livres constituem o equipamento a privilegiar para o treino da força com atletas de alto rendimento. Permitem a realização de exercícios mais próximos dos gestos desportivos, permitem a variação da velocidade, mobilizam os grupos musculares de toda a cadeia cinética, bem como os músculos sinergistas e estabilizadores.

### 3 - ANÁLISE ESTRUTURAL DAS FORMAS DE MANIFESTAÇÃO DA FORÇA

#### 3.1. A Força Máxima

A Força Máxima ( $F_{max}$ ) é, talvez, de entre as diferentes formas de manifestação da força, a expressão que com maior unanimidade entre os diferentes autores, podemos encontrar na literatura. Por  $F_{max}$  devemos entender o valor mais elevado de força que o sistema neuromuscular é capaz de produzir, independentemente do factor tempo, e contra uma resistência inamovível. Se aceitarmos esta definição de  $F_{max}$  estaremos a dizer que ela se deve avaliar em termos isométricos, ainda que se possa exprimir também em termos concêntricos ou excêntricos. Se compararmos, num grupo de sujeitos, os valores da sua  $F_{max}$  avaliada em termos isométricos, concêntricos e excêntricos, muito provavelmente, encontraremos coeficientes de correlação entre estes três valores de  $F_{max}$ , muito próximo de  $r=0.90$ , o que nos levaria a dizer que a avaliação e o significado da  $F_{max}$  em regime isométrico, concêntrico e excêntrico seriam muito idênticos. Em termos estritamente estatísticos esta conclusão afigura-se correcta, mas apenas em termos estatísticos, o que equivale a dizer que em termos funcionais, avaliar a  $F_{max}$  em termos isométricos, concêntricos ou excêntricos, comporta significados diferentes. Para melhor compreender este e outros aspectos, consideremos a seguinte situação: um sujeito realiza um movimento de extensão do cotovelo contra uma barra, na qual está instalado um sensor de força que permite o seu registo contínuo. A colocação de cargas em ambos os topos da barra permite graduar as resistências a vencer pelo sujeito, através de acções musculares concêntricas. A colocação de uma resistência inamovível, permitirá a realização de uma acção isométrica, assim como a utilização de resistências superiores ao máximo permitirá a realização de acções musculares excêntricas (figura 19).

Ao realizar um movimento de extensão do cotovelo contra uma resistência muito leve (3.5 Kg) o sujeito até vencer esta carga, realizará uma acção isométrica (primeira seta do gráfico da figura 19) após o que, ao equilibrar o valor da carga

(3.5 Kg) esta será acelerada até ao final do movimento de extensão. A partir de determinado momento, para continuar o movimento de extensão do cotovelo o sujeito já não precisa de produzir o mesmo valor de força, já que a inércia inicial foi vencida.

Se aumentarmos progressivamente o valor da resistência a vencer, *p.e.*, 10 e 25Kg, observar-se-á o mesmo comportamento atrás descrito. Se este aumento progressivo da carga a vencer for feito de forma muito gradual, atingiremos um valor de carga que o sujeito não será capaz de movimentar, realizando apenas uma acção isométrica. A força registada nesta última situação, representa o valor da  $F_{\text{máx}}$  do sujeito. Poderemos assim dizer, que a acção isométrica não é mais do que um caso especial da acção muscular concêntrica, em que a velocidade é zero (Schmidtbleicher, 1992).

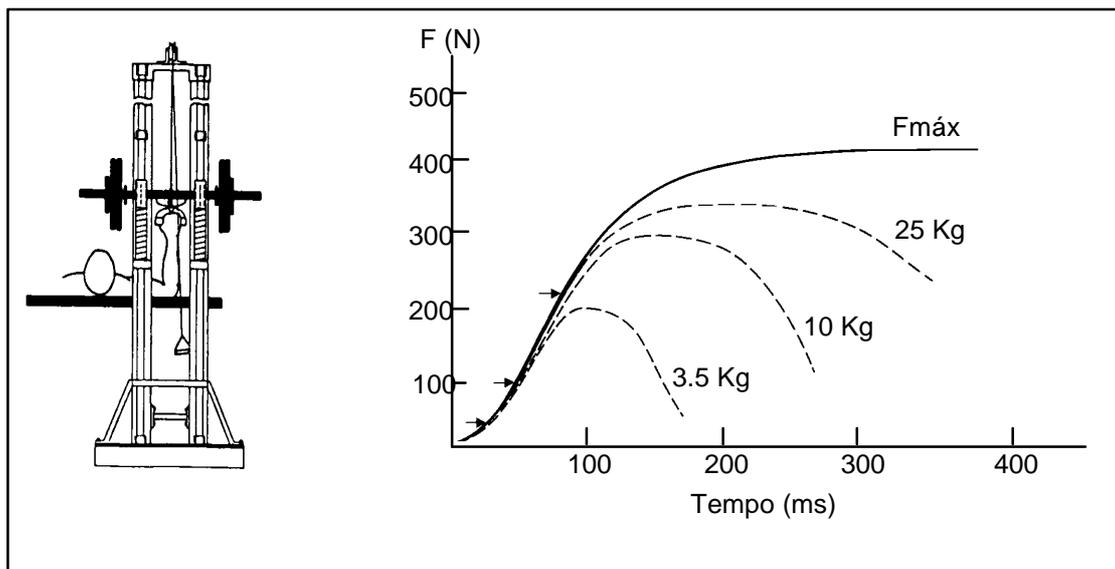


Figura 19. Representação esquemática do aparelho para avaliação da força muscular dos músculos extensores do cotovelo e curvas de força-tempo de acções isométricas e concêntricas realizadas contra diferentes resistências. A linha a tracejado representa a porção concêntrica da curva, enquanto que a linha a cheio representa a porção isométrica da curva, (adaptado de Schmidtbleicher, 1992).

Se para além do registo da força produzida, avaliarmos também o tempo do movimento, observaremos uma correlação negativa entre a  $F_{\text{máx}}$  e o tempo do movimento. Esta correlação, aumentará de valores de  $r=-0.50$  para cargas muito

baixas (2-3 Kg) até  $r=-0.90$  para cargas próximas do máximo individual (Schmidtbleicher, 1992). Este comportamento fica a dever-se, como já referimos anteriormente, ao facto da acção isométrica voluntária máxima ser um caso especial das acções concêntricas e também por outras razões que passaremos a analisar. Se a carga externa é baixa a influência da  $F_{max}$  diminui enquanto que o factor determinante é a Taxa de Produção de Força (TPF), definida em termos quantitativos como o declive da curva de força-tempo.

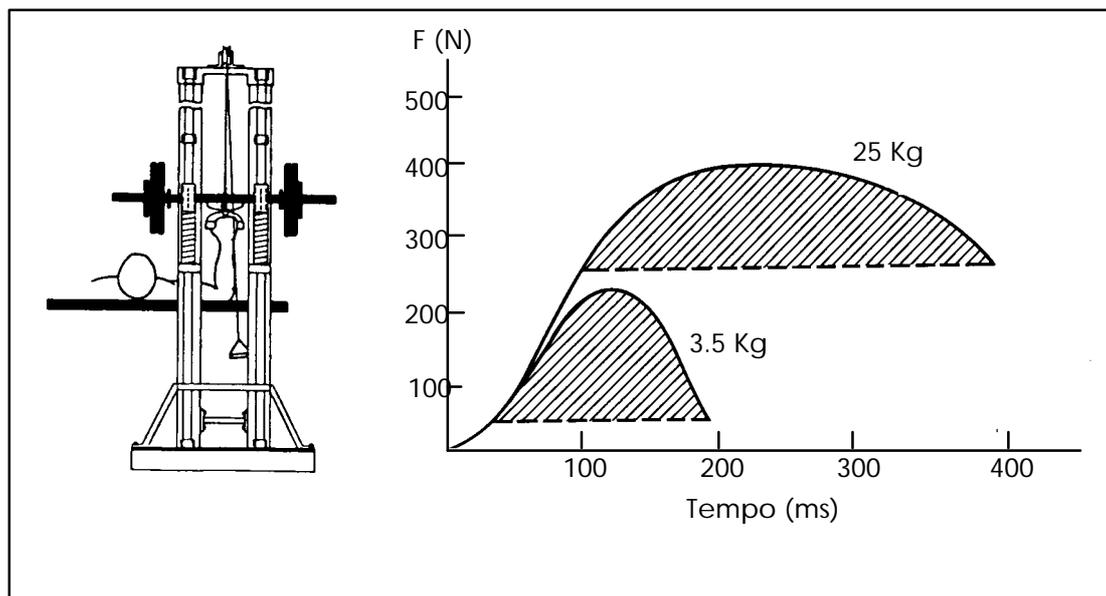


Figura 20. Curvas de Força-Tempo de acções concêntricas realizadas contra diferentes resistências. As áreas a tracejado representam o impulso de aceleração, (adaptado de Schmidtbleicher, 1992).

Como pode ser observado na figura 20, quando a carga a vencer é pequena o impulso de aceleração depende essencialmente da TPF, enquanto que com cargas de maior magnitude o impulso é determinado mais pela  $F_{max}$  que o sujeito pode produzir contra essa resistência.

Se após uma acção muscular isométrica realizada contra uma resistência inamovível, o sistema neuromuscular for sujeito a uma carga supra-maximal que conduza a uma acção excêntrica do sistema, a curva de força-tempo registará um incremento, que poderá ser de maior ou menor dimensão, e estaremos, então, a avaliar a força excêntrica máxima (figura 21).

Para atingir a força isométrica máxima o sistema neuromuscular activará o número de unidades motoras (UM) que o sistema nervoso for capaz de mobilizar de forma voluntária, através dos mecanismos de recrutamento e de frequência de activação de UM. A limitação fisiológica para alcançar o valor de força mais elevado, pode ser de dupla natureza. Uma limitação ao nível da quantidade de massa muscular ou uma incapacidade nervosa para mobilizar toda a massa muscular disponível.

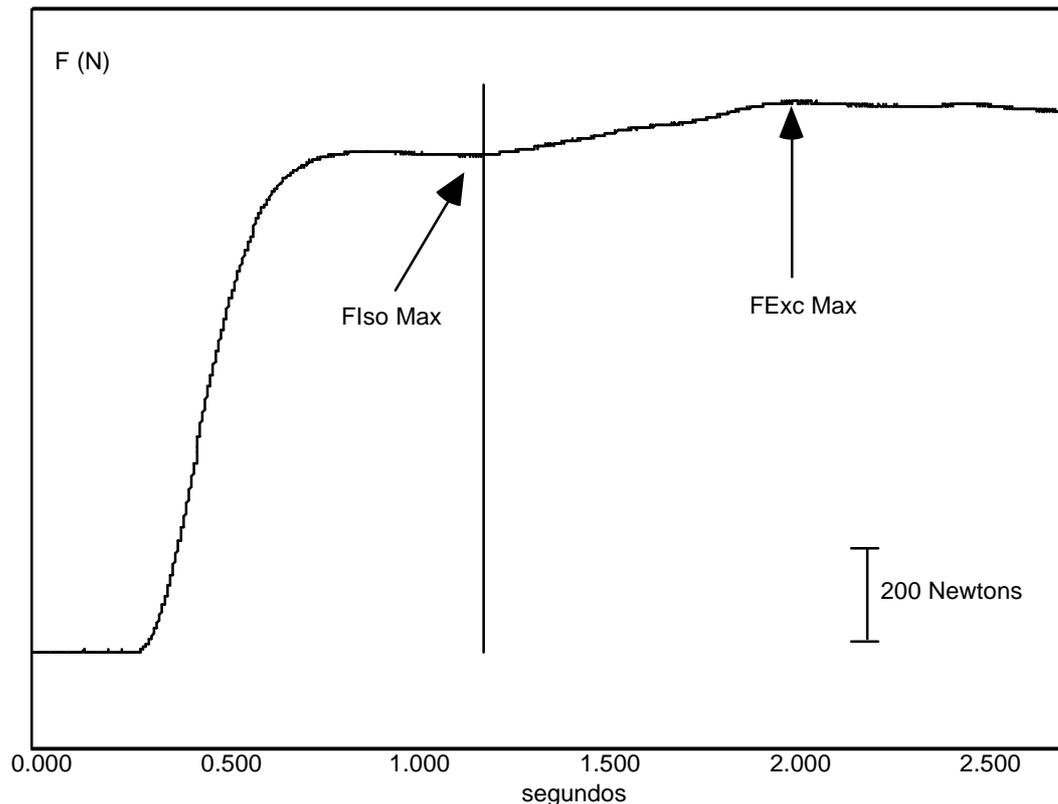


Figura 21. Curva de Força-Tempo de um movimento de extensão dos membros inferiores. Até à linha vertical o sujeito realizou uma acção muscular isométrica, após o que uma carga supra-maximal foi aplicada, tendo o sujeito que resistir através de uma acção muscular excêntrica. A diferença entre o valor da força excêntrica máxima (FExcMax) e isométrica máxima (FisoMax) traduz o conceito de Défice de Força (DF).

Se após alcançar a força isométrica máxima, *i.e.*, o valor máximo voluntário de força que o sistema é capaz de produzir face à massa muscular disponível e à capacidade de activação nervosa, quando sujeito a uma sobrecarga que condiciona uma acção muscular excêntrica à qual o indivíduo tem de resistir, este consegue produzir ainda mais força, o que pode ser observado pelo incremento na curva de

força-tempo, estaremos então em presença de um importante factor de diagnóstico: o sistema não teve capacidade de mobilizar/activar toda a massa muscular existente através da acção isométrica voluntária máxima, mas ao ter de resistir excêntrica, de forma não voluntária, houve capacidade para produzir ainda mais força, o que significa que nem toda a massa muscular terá sido anteriormente mobilizada. A avaliação da força excêntrica máxima é assim um indicador da força absoluta, isto é, a força produzida face à área da secção transversal do músculo (Schmidtbleicher, 1985a; 1985b).

A diferença entre a força excêntrica máxima e a força isométrica máxima traduz assim uma indicação sobre a capacidade do sistema neuromuscular activar toda a massa muscular de um determinado grupo muscular, sendo assim um indicador da capacidade de activação nervosa. Esta diferença numérica (FExc - FI som) traduz o Défice de Força (DF), o qual pode variar entre 0 e 50% da força isométrica máxima para os membros superiores e entre 0 e 25% para os membros inferiores. Este conceito de DF constitui um importante critério para o diagnóstico da capacidade de produção de força de um indivíduo num determinado momento e sobretudo um indicador da natureza da limitação, se nervosa se muscular. Por outro lado, constitui também um importante factor para a prescrição do treino da força, já que indicará ao técnico se a opção deve ser feita por métodos que conduzam à hipertrofia muscular ou à melhoria da activação nervosa (Schmidtbleicher, 1985a; 1985b; 1992).

Em síntese, a Fmax é o valor mais elevado de força que o sistema neuromuscular é capaz de produzir, independentemente do factor tempo, e contra uma resistência inamovível. Apesar da Fmax se poder também expressar em termos concêntricos, desde que se produza força o mais rapidamente possível, só a magnitude da resistência exterior determina o valor máximo de força que se pode atingir. Por esta razão, a Fmax deve ser avaliada em regime isométrico. A força excêntrica máxima constitui um indicador da força absoluta, ou seja, da capacidade de produção de força face à área da secção transversal do músculo. Por esta razão, a força absoluta está directamente associada ao grau de hipertrofia muscular,

enquanto que a força isométrica máxima reflecte a capacidade do sistema nervoso activar de forma voluntária a massa muscular no sentido de atingir o valor mais elevado de força. A diferença entre a força excêntrica máxima e a força isométrica máxima, traduz o conceito de Défice de Força, o qual pode ser definido como um indicador da capacidade momentânea do sistema neuromuscular, em activar toda a massa muscular. Por último, a  $F_{max}$  deve ser entendida como uma forma de manifestação da força que influencia todas as outras componentes e por essa razão se encontra a um nível hierárquico superior.

### **3.2. A Força Rápida**

Para atingir a  $F_{max}$  um atleta muito bem treinado necessitará de cerca de 500-600 ms se se tratar de um movimento de extensão dos membros superiores, enquanto que para uma acção de extensão dos membros inferiores necessitará de 800-900 ms. Se pensarmos que o tempo de contacto com o solo de um bom velocista é de cerca de 100 ms, ou que o tempo de contacto para um saltador em comprimento ou triplo deve ser inferior a 170 ms, ou por último que os tempos de contacto com o solo da grande maioria dos deslocamentos realizados nos desportos colectivos se situa entre os 250 e os 400 ms, com facilidade nos aperceberemos que em muitos gestos desportivos o tempo para produzir força é muito limitado. Por esta razão, na grande maioria dos gestos desportivos o parâmetro mais importante não é o valor de força mais elevado mas sim a velocidade com que a força muscular pode ser produzida.

Por força rápida, deve assim entender-se o melhor impulso que o sistema neuromuscular é capaz de produzir num determinado período de tempo (Schmidtbleicher, 1985a; 1985b; 1992). A análise da curva força-tempo é a melhor forma de ilustrar os diferentes componentes da força rápida (figura 22).

Quando a resistência a vencer é muito pequena (inferior a 25% da  $F_{max}$ ) e o movimento a realizar pode considerar-se de natureza balística, o factor

predominante é a Taxa Inicial de Produção de Força (TIPF), também denominada de Força Inicial (Schmidtbleicher, 1992). Por Força Inicial entende-se a capacidade do sistema neuromuscular acelerar o mais rapidamente possível desde o zero. Na curva força-tempo representada na figura 33, a TIPF é o início do declive da curva. Esta componente da Força Rápida é essencial em gestos desportivos nos quais é requerida uma grande velocidade inicial, *p.e.*, karate, esgrima, boxe, etc..

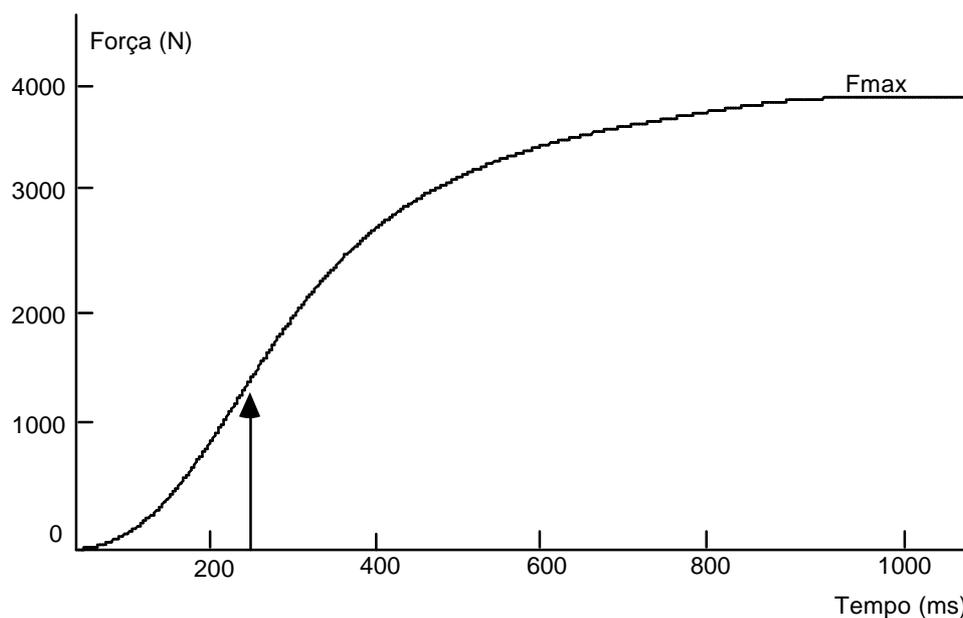


Figura 22. Curva isométrica de Força-Tempo e componentes da força Rápida: Força Inicial e Força Explosiva. A seta indica o momento (250 ms) até onde a Taxa Inicial de Produção de Força (TIPF), ou Força Inicial e a Taxa Máxima de Produção de Força (TMPF), ou Força Explosiva assumem papel preponderante.

À medida que a resistência a vencer vai aumentando, como por exemplo em gestos desportivos como os lançamentos, a Taxa Máxima de Produção de Força (TMPF), também designada por Força Explosiva, assume preponderância. Para resistências superiores a 25% da  $F_{max}$ , o valor da TMPF é sempre o mesmo, o que equivale a dizer, que a força explosiva pode ser avaliada quer através de uma acção isométrica quer através de uma acção concêntrica, desde que a resistência a vencer seja superior a 25% da  $F_{max}$ .

A figura 23 sintetiza as relações de dependência entre as diferentes formas de manifestação da força (para acções musculares concêntricas e isométricas) e os principais factores nervosos (recrutamento e frequência de activação) e musculares (composição muscular e grau de hipertrofia) que estão associados.

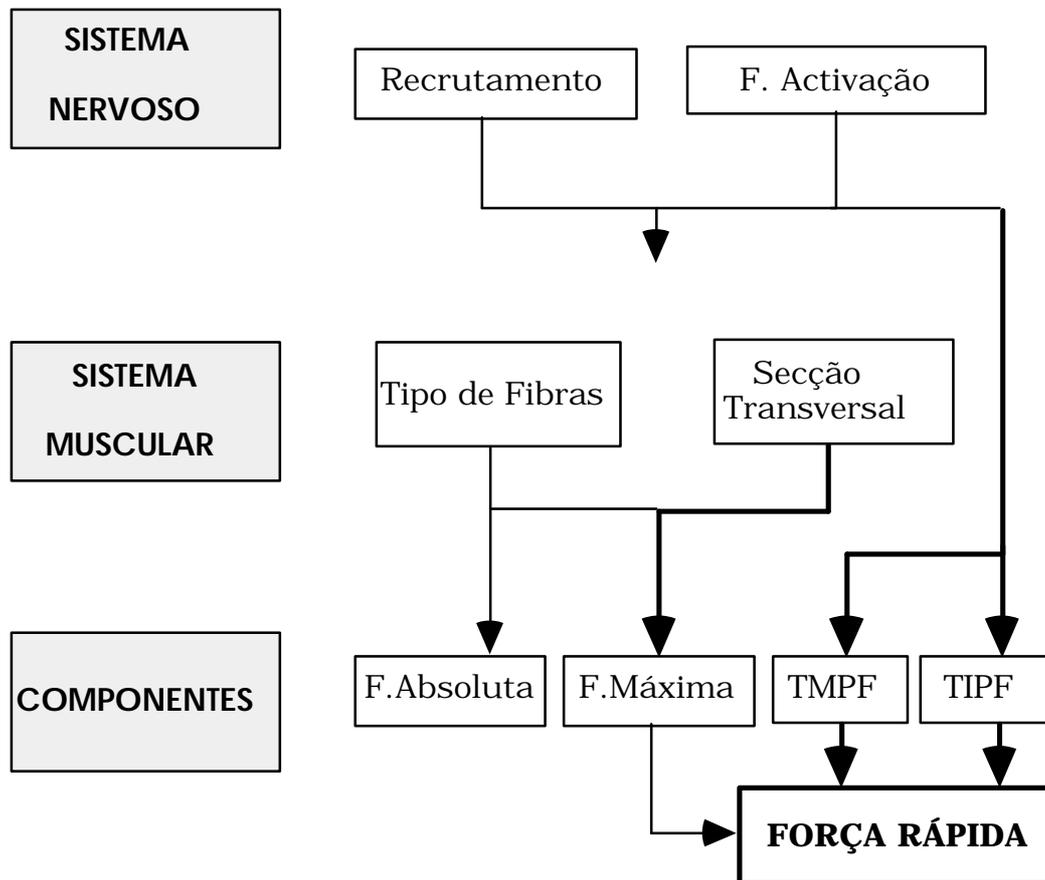


Figura 23. Representação esquemática da análise estrutural da força, para acções musculares concêntricas e isométricas. As linhas mais carregadas traduzem uma influência maior de uma estrutura sobre a outra. TMPF = Taxa Máxima de Produção de Força; TIPF = Taxa Inicial de Produção de Força.

Até aqui temos vindo a considerar apenas acções isométricas ou concêntricas, contudo a grande maioria dos gestos desportivos envolve a realização de ciclos musculares de alongamento-encurtamento (CMAE), pelo que a última componente da Força Rápida é a Força Reactiva. O CMAE foi já, no ponto II da revisão da literatura, extensivamente abordado, pelo que neste momento nos referiremos a ele de forma muito sucinta.

A Força Reactiva é uma forma de manifestação da força relativamente independente das outras componentes da força, quer isto dizer, que, *p.e.*, se relacionarmos a influência dos níveis de  $F_{max}$  na "performance" do CMAE, não será de estranhar que encontremos valores de correlação muito baixos. Esta observação traduz a já referida independência entre o funcionamento muscular em CMAE e as acções isométricas e concêntricas. A produção de força em CMAE está dependente da interacção de vários mecanismos que se completam e potenciam. Assim, antes do contacto com o solo, os músculos agonistas do movimento são pré-activados, como resultado de um processo de pré-programação do Sistema Nervoso Central (Dietz et al., 1981). Este nível de pré-activação ao permitir a ligação de algumas pontes cruzadas entre as proteínas contrácteis, vai ser responsável pelo nível inicial de *stiffness* muscular, o qual será o primeiro factor para resistir de forma activa ao rápido e forte alongamento do complexo músculo-tendinoso durante o período inicial de contacto com o solo. A partir de determinado momento, a tensão muscular será tão grande que se torna necessário um forte "input" nervoso para equilibrar o sistema. A ocorrência deste "input" nervoso de natureza reflexa, vai permitir que a maior parte da energia elástica possa ser armazenada nos tendões dos músculos extensores da perna (Gollhofer et al., 1992). Este conjunto de mecanismos permitirá na fase propulsiva (fase concêntrica) uma utilização desta energia elástica, que se traduzirá numa potenciação da força e numa baixa activação nervosa (Gollhofer et al., 1992).

A "performance" do CMAE está assim, essencialmente associada à qualidade dos mecanismos de regulação neurais e ao estado de treino/adaptação do complexo músculo-tendinoso relativamente ao seu potencial contráctil e elástico.

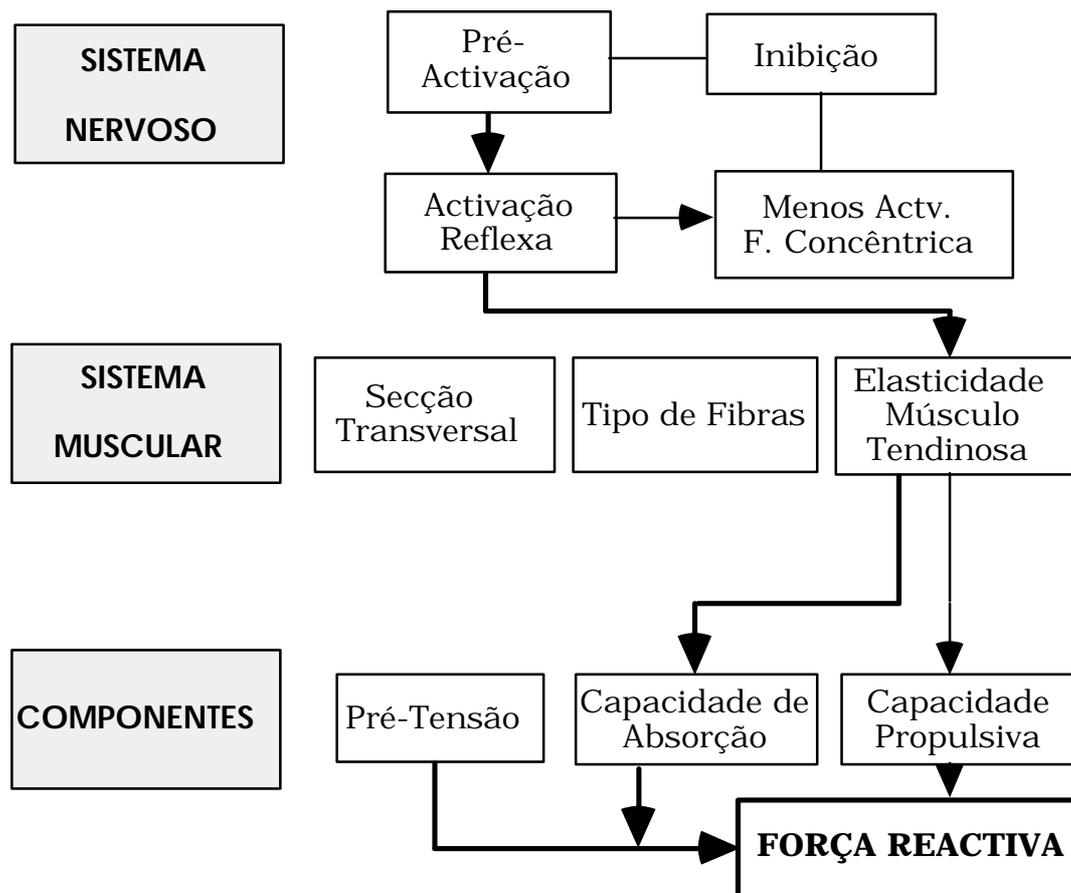


Figura 24. Representação esquemática da análise estrutural da força, para acções musculares que envolvam o Ciclo Muscular de Alongamento - Encurtamento. As linhas mais carregadas traduzem uma influência maior de uma estrutura sobre a outra.

A duração do tempo de contacto com o solo permite distinguir entre dois tipos de CMAE. O CMAE do tipo longo é caracterizado por um grande deslocamento angular das articulações coxo-femoral, do joelho e tibio-társica e por uma duração total superior a 250 ms. Como exemplos de gestos desportivos nos quais estão envolvidos CMAE deste tipo, poderemos referir o salto para o lançamento no basquetebol, o salto de bloco no voleibol e os deslocamentos laterais da maior parte dos desportos colectivos. Ao invés, o CMAE do tipo curto caracteriza-se por um deslocamento angular das referidas articulações muito reduzido e com uma duração total entre 100-250 ms. A chamada para o salto em comprimento, triplo-

salto e salto em altura, constituem os exemplos mais significativos deste tipo de CMAE.

A figura 24 ilustra de forma esquemática as relações de dependência entre a produção de força em CMAE e os principais factores nervosos e musculares que regulam este tipo de funcionamento muscular.

Em síntese, a  $F_{max}$  e a Força Rápida não são entidades distintas e comportam uma relação hierárquica entre elas. A  $F_{max}$  é a componente básica e fundamental, influenciando a produção de força rápida, particularmente em acções isométricas e concêntricas. A TPF é determinada pela capacidade do sistema nervoso aumentar o recrutamento e a frequência de activação das unidades motoras, bem como pelas características contrácteis das respectivas fibras musculares. Para resistências muito baixas a TPF constitui o factor mais importante, com o aumento progressivo da carga a TMPF constitui o elemento predominante, até a  $F_{max}$  assumir a liderança do processo, nas situações em que as resistências a vencer são muito elevadas. A participação relativa da TPF, TMPF e  $F_{max}$  pode também ser caracterizada face à duração do movimento. Assim, para movimentos inferiores a 250 ms a TPF e a TMPF são os factores predominantes, enquanto que a  $F_{max}$  desempenha um papel mais importante em movimentos com duração superior a 250 ms.

A produção de força em CMAE é relativamente independente da  $F_{max}$ , sendo a sua correlação muito baixa. A qualidade do padrão de inervação parece ser o critério fundamental para determinar a "performance" muscular do CMAE.

### **3.3. A Força de Resistência**

A força de resistência traduz a capacidade do sistema neuromuscular em retardar o aparecimento da fadiga em exercícios de força. Esta forma de manifestação da força muscular pode exprimir-se em termos isométricos, concêntricos e em ciclo muscular de alongamento-encurtamento. Porque não constitui uma componente

muito relevante para o objecto de estudo desta dissertação, não realizámos uma revisão da literatura sobre os seus métodos de desenvolvimento.

#### 4 - CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE TREINO DA FORÇA

A mesma diversidade terminológica que salientámos a propósito da classificação das diferentes formas de manifestação da força, está patente na tradicional classificação dos métodos de treino. As classificações mais comuns baseiam-se na carga utilizada e outras utilizam a denominação da modalidade desportiva que mais os utilizam (método do halterofilista, método do culturista, etc.). Este tipo de classificação tem conduzido muitas vezes a uma generalizada imprecisão entre o nome do método, o objectivo que se pretende atingir e o verdadeiro resultado obtido. A título de exemplo, refira-se a convicção generalizada de que o Método da Força Máxima conduz ao aumento da força máxima, o que na realidade não acontece. A  $F_{max}$  incrementa-se com a utilização de cargas sub-máximas, possibilitando a realização de um número suficiente de repetições que induza um estímulo de longa duração, que conduza à depleção energética. Só uma organização da carga deste tipo pode conduzir à hipertrofia, a adaptação muscular que permite alcançar níveis mais elevados de  $F_{max}$ . Como este exemplo, poderíamos referir outros que reflectem um conjunto de convicções que se generalizaram na prática do treino da força, mas que correspondem a imprecisões que podem tornar-se gravosas.

Uma outra dificuldade advém do facto de muitas vezes se considerar, que o treino da força apenas faz apelo a alterações a nível da actividade enzimática no seio das fibras musculares, o que em última análise conduz à hipertrofia muscular. Com base nesta convicção, muitos atletas são desaconselhados de se envolverem em processos de treino da força, sob o argumento de que isso implica forçosamente um aumento da massa muscular e, logo, do peso, o que seria prejudicial para a realização de acções musculares explosivas. Convém a este propósito salientar que qualquer incremento na  $F_{max}$  implica sempre uma alteração na força relativa (força por quilograma de peso corporal) e por isso uma adaptação positiva na potência muscular.

Os resultados da investigação científica fundamental sobre a fisiologia muscular, em conjunto com as observações da investigação mais aplicada, permitem um agrupamento das formas de trabalho mais utilizadas no treino da força em redor das suas características principais e sobretudo face ao tipo de adaptações a que conduzem. Na nossa opinião, foi Schmidtbleicher (Schmidtbleicher, 1985a; 1985b; 1992) quem melhor conseguiu construir uma classificação para os métodos de treino da força, reunindo em quatro grandes conjuntos os principais tipos de organização da carga, tipos de acção muscular e sobretudo fazendo coincidir claramente o nome do método com a adaptação, muscular ou nervosa, a que conduzem.

#### **4.1. Os métodos da hipertrofia muscular**

Os Métodos da Hipertrofia Muscular também designados por Métodos Sub-Maximais, têm como objectivo incrementar a força máxima ( $F_{max}$ ), através do aumento da massa muscular, *i.e.*, hipertrofiando o músculo. Sob esta classificação podemos encontrar diferentes sub-métodos com diversas variantes ao nível do arranjo da dinâmica da carga, mas com uma filosofia base comum: induzir a fadiga, através de um estímulo sub-máximo e de longa duração para que ocorra uma determinada depleção energética e conseqüentemente se estimulem os fenómenos de resíntese para a prazo se poder observar aumento da área da secção transversal do músculo.

A dinâmica da carga para esta grande família de métodos caracteriza-se por uma intensidade entre 60 - 80% do máximo isométrico individual, e um elevado número de séries (3 a 5) e de repetições (6 a 20). O ritmo de execução deve ser moderado para permitir que o estímulo tenha duração suficiente. É comum que nas últimas repetições da última série seja necessário alguma assistência para que o atleta consiga realizar o movimento, face à fadiga que entretanto se terá instalado.

**Tabela 1.** Métodos da Hipertrofia Muscular

	Método da Carga Constante	Método da Carga Progressiva	Método do Culturista (extensivo)	Método do Culturista (intensivo)	Método Isocinético
Acção Muscular					
Concêntrica	*	*	*	*	
Excêntrica					*
Intensidade (%)	80	70, 80, 85, 90	60 - 70	85 - 95	70
Repetições	8 - 10	12, 10, 7, 5	15 - 20	8 - 5	15
Séries	3 - 5	1, 2, 3, 4	3 - 5	3 - 5	3
Intervalo (min)	3	2	2	3	3

Adaptado de Schmidtbleicher, 1992

A tabela 1 sumaria os principais métodos para o desenvolvimento da hipertrofia muscular, a saber:

Método da Carga Constante: Com uma carga equivalente a 80% do máximo individual (1RM), devem realizar-se 3 a 5 séries com 8 a 10 repetições cada e um intervalo de 3 minutos entre cada série.

Método da Carga Progressiva: Com um incremento progressivo entre séries (70 - 80 - 85 - 90%), o número de repetições baixará da primeira até à última série (12, 10, 7, 5). O intervalo de repouso entre séries é de 2 minutos. Se as últimas repetições oferecerem grande dificuldade é comum ser necessário recorrer à ajuda de um companheiro para suavemente assistir na realização destas últimas repetições.

Método do Culturista (extensivo): Como o próprio nome sugere, é um dos métodos mais utilizados pelos culturistas, os atletas que levam ao extremo a hipertrofia do músculo. Apesar dos objectivos do treino do culturista não poderem ser

comparados com o que um atleta de qualquer outra modalidade espera de um processo de treino da força, o tipo de organização da carga dos métodos sub-máximos receberam bastante influência do tipo de treino dos culturistas.

Neste método a carga a utilizar varia entre 60 a 70% do máximo individual e o número de repetições entre 15 e 20. O número de séries varia entre 3 e 5 e o respectivo intervalo de repouso é de 2 minutos.

Método do Culturista (intensivo): Utilizado também com frequência pelos culturistas, este método utiliza cargas mais elevadas, entre 85 a 95% do máximo individual e um número de repetições naturalmente mais reduzido (entre 5 e 8). O intervalo de repouso entre as séries é de 3 minutos. Por utilizar uma intensidade mais elevada o aumento da massa muscular consegue-se mais por uma hipertrofia das fibras rápidas do que das fibras lentas.

Método "isocinético": Este tipo de trabalho de força requer a utilização de equipamento que permita uma resistência acomodativa e uma velocidade de deslocamento exterior também constante. Ao promover uma resistência variável durante o deslocamento angular, este tipo de equipamento solicita do músculo uma activação máxima durante todos os graus angulares, sendo este um aspecto importante para ser considerado um bom método para aumentar a massa muscular. À excepção de modalidades em que o tipo de movimento competitivo se assemelha a algo que poderíamos designar de "quase-isocinético" como por exemplo a natação, o remo, a canoagem, nos quais é justificável a integração de treino isocinético no âmbito do trabalho específico de força, este tipo de estimulação muscular deve ser restringido, no caso de actividades de potência, às fases de preparação iniciais.

Em todos estes métodos, a velocidade de execução dos movimentos diminui da primeira para a última repetição e da primeira para a última série. Por esta razão, o estímulo caracteriza-se por ser longo, contínuo e sub-máximo. Para que os ganhos

de força e de massa muscular sejam os maiores possíveis, em cada microciclo é determinante que o máximo individual seja reafirmado. Se este procedimento não for seguido, o princípio mais importante do treino da força - o princípio da sobrecarga - não está a ser cumprido e o atleta está a utilizar, eventualmente, uma carga inferior às suas reais possibilidades. É preciso não esquecer, que sobretudo em atletas iniciados, os ganhos de força são mensuráveis logo após as primeiras sessões de treino, o que reforça a necessidade de reafirmar os valores de 1RM frequentemente. Outro requisito importante para evitar a estagnação, consiste na mudança de método (dentro do tipo de métodos escolhido para o período em causa) ou pelo menos na variação da organização da carga ao fim de 2/3 microciclos se considerarmos quatro sessões semanais de treino de força. Com esta frequência semanal, os maiores efeitos deste tipo de métodos poderão ser alcançados ao fim de 10-12 semanas. Esta duração só tem um interesse científico, já que, como salientámos, não se poderá nunca submeter um atleta ao mesmo método de treino durante 10 ou 12 semanas.

A avaliação dos ganhos de força deve acompanhar o processo de treino. Como já salientámos, quando nos referimos à  $F_{max}$  estamos a referir-nos à força isométrica máxima, já que, como também verificámos, só em regime isométrico se pode aceder a uma contração voluntária máxima (CVM). Esta avaliação da força isométrica permitirá a obtenção de uma curva de força-tempo, na qual será também possível determinar outros parâmetros da curva força-tempo que não apenas a  $F_{max}$ .

Na figura 36 é possível observar o tipo de alterações que o treino com métodos sub-máximos induz no sistema neuromuscular e que pode ser observado através de uma curva de força-tempo. O nível máximo de força aumentou claramente do primeiro para o segundo momento de avaliação, enquanto que a taxa de produção de força não registou alterações muito significativas. Apesar de ser este o procedimento ajustado para monitorizar os ganhos de força máxima, não está

acessível ao nível da prática do treino. Para prescrever a intensidade da carga, bem como para determinar o máximo individual, o procedimento expedito é o recurso ao teste de 1RM - o valor da carga com que o atleta consegue realizar uma única repetição. Por se tratar de um procedimento de terreno e de fácil aplicação, enfatiza-se a necessidade de o utilizar com a frequência necessária para reavaliar continuamente o máximo individual.

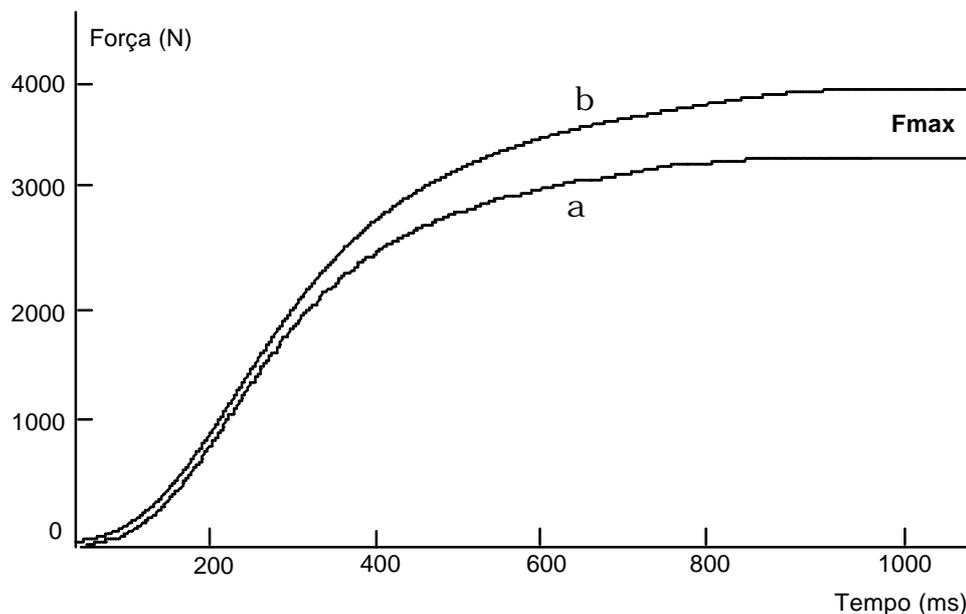


Figura 25. Curvas de força tempo de um movimento isométrico de extensão do joelho. A curva a representa o momento inicial e a curva b representa o momento após 8 semanas de treino com métodos sub-máximos.

Salientámos já, anteriormente, a necessidade de incluir, nos procedimentos de avaliação e controlo, para além da avaliação do máximo individual, um indicador da capacidade momentânea de activação da massa muscular. Este indicador é o Défice de Força (DF), mas os instrumentos para a sua determinação também não estão à disposição, tal como para a Fmax, nos locais de treino habituais. Sem significar um teste de substituição, rigoroso e eficaz, Schmidtbleicher (1992) sugeriu que o número de repetições que um atleta é capaz de realizar 90% de 1RM, constitui um indicador da magnitude do DF desse atleta. Entre 1 e 3 repetições considera-se um

indicador de que o DF é pequeno, enquanto que mais do que 3 repetições sugere um grande défice. Deste modo, na prática do treino os procedimentos de avaliação e controlo devem ser: (1) o teste de 1RM, para estimar a Fmax individual e (2) o número de repetições realizáveis com 90% de 1RM, como indicador grosseiro do DF individual. Estes procedimentos permitirão a selecção ajustada das cargas (% do máximo individual), bem como a selecção momentânea do tipo de métodos a utilizar (métodos hipertróficos ou nervosos).

Se quisermos monitorizar os ganhos de massa muscular, o procedimento mais rigoroso, apesar do seu difícil acesso, é a tomografia computadorizada. Esta técnica de imagem permite obter, em corte, a secção transversal de um segmento corporal, possibilitando a determinação do diâmetro delimitado pela massa muscular de determinado músculo. O procedimento mais expedito, apesar da magnitude do erro que lhe está associado, consiste na utilização das técnicas antropométricas clássicas. Os perímetros musculares, acompanhados da respectiva correcção para a camada adiposa subcutânea, constituem o procedimento de terreno mais ao alcance do técnico desportivo e podem fornecer indicações sobre os ganhos de massa muscular.

#### **4.2. Os métodos da taxa de produção de força**

Os Métodos da Taxa de Produção de Força, também designados de Métodos Máximos, têm como objectivo incrementar a taxa de produção de força (TPF) ou força explosiva, através do aumento da capacidade de activação nervosa. Por aumento da capacidade de activação nervosa, devemos entender todo o conjunto de mecanismos neurais, já revistos no início deste capítulo, que podem contribuir para aumentar a capacidade do músculo produzir força, nomeadamente o recrutamento, a frequência de activação e a sincronização de activação das unidades motoras (UM).

Se as UM que têm a capacidade de produção de força mais elevada, são as UM das fibras tipo II (vulgarmente designadas de fibras rápidas), de acordo com o Princípio do Recrutamento das UM, estas só serão recrutadas se a resistência a vencer for suficientemente grande para que o seu limiar de recrutamento seja atingido. Por esta razão, para mobilizar as fibras rápidas, é necessário vencer resistências muito próximas do máximo individual, pois só assim se garante o recrutamento dessas fibras. Complementarmente, para solicitar o aumento da frequência de activação das UM, *i.e.*, o número de estímulos por unidade de tempo, é crucial que a acção muscular seja realizada de forma explosiva, *i.e.*, com uma grande velocidade de contracção muscular.

A observância destes dois pressupostos fundamentais conduz a que a organização da carga deste tipo de métodos se caracterize por: (1) cargas muito elevadas e (2) acção muscular explosiva. Só desta forma se garante que em cada repetição se tentem mobilizar todas as UM de um determinado grupo muscular, bem como aumentar a frequência dos disparos. Em conjunto e sobre o tempo, estes dois mecanismos poderão conduzir a uma certa sincronização dos disparos das diferentes UM, constituindo este (sincronização) o terceiro grande mecanismo nervoso de incremento da produção de força.

Um dos aspectos determinantes do êxito deste tipo de métodos, prende-se com a necessidade de distinguir entre velocidade de acção ou de contracção muscular e velocidade de movimento. Naturalmente que com resistências muito próximas do máximo, não é possível realizar movimentos com a barra de musculação a grande velocidade, contudo, é possível acelerar contra a barra à máxima velocidade de contracção, apesar do movimento observável da barra ser naturalmente baixo. Este aspecto é de capital importância pois só assim se poderá garantir que em cada repetição ao sistema neuromuscular foi solicitado uma maior frequência de activação das UM. Se este procedimento e esta explicação, naturalmente em

termos simplificados, não for dada aos técnicos e atletas, a utilização deste tipo de métodos não induzirá benefícios significativos ao nível da força explosiva.

A tabela 2 sumaria os principais Métodos da Taxa de Produção de Força ou Métodos Máximos, a saber:

Método Quase Máximo: Neste método são possíveis duas variantes. A utilização de uma pirâmide em que a intensidade da carga vai aumentando progressivamente ao longo das séries (90, 95, 97 e 100%), com a realização de 3 repetições na primeira série e apenas 1 repetição nas restantes 3 séries. No final das quatro séries é realizada uma repetição extra com o objectivo de reavaliar o máximo individual (1RM). A segunda variante consiste na utilização de uma carga constante (90%), para a realização de 3 séries de 3 repetições. Em todos estes métodos o intervalo de repouso deve ser de 3 a 5 minutos para o grupo muscular que foi trabalhado. Poder-se-á iniciar uma outra série antes deste período de tempo desde que para solicitar outro grupo muscular.

**Tabela 2.** Métodos da Taxa de Produção de Força.

	Método Quase Máximo	Método Concêntrico Máximo	Método Excêntrico Máximo	Método Conc/Exc Máximo
Acção Muscular				
Concêntrica	*	*		*
Excêntrica			*	*
Intensidade (%)	90,95,97,100	100	150	70 - 90
Repetições	3,1,1,1+1	1	5	6 - 8
Séries	1,2,3,4+5	5	3	3 - 5
Intervalo (min)	3 - 5	3 - 5	3	5

Adaptado de Schmidtbleicher, 1992

Método Concêntrico Máximo: Originalmente concebido e introduzido pela escola halterofilista bulgara, este método só deve ser utilizado por atletas excepcionalmente bem preparados ao nível das suas capacidades de produção de força. Em cada sessão faz-se continuamente (5 séries) uma tentativa (1 repetição) de aumentar o máximo individual (1 RM). É um método muito utilizado pelos halterofilistas, em períodos próximos das competições, já que em cada sessão de treino se tenta ultrapassar a melhor "performance" do atleta.

Método Excêntrico Máximo: Neste método a carga utilizada deve ser sempre superior ao máximo individual (100 %), pois só uma carga dessa grandeza constitui estímulo de treino para o caso das acções musculares excêntricas. O valor desta carga não deve, contudo ultrapassar 150%. Os exercícios de treino podem ser realizados com o auxílio de equipamentos apropriados ou, na falta destes, os colegas podem elevar as cargas, realizando a parte concêntrica do movimento. O número total de séries pode atingir as 3 com 5 repetições em cada, com um intervalo de repouso entre séries de 3 minutos.

Método Concêntrico Excêntrico Máximo: A lógica de utilização deste método baseia-se na dupla vantagem da acção concêntrica para o desenvolvimento da TPF e na superioridade da carga excêntrica para activar o sistema neuromuscular. Assim, na fase excêntrica do movimento a resistência (barra e pesos) deve ser desacelerada de forma semelhante a uma queda brusca, para depois, sem qualquer paragem, ser de novo acelerada na fase concêntrica do movimento, no menor período de tempo possível. As cargas a utilizar devem ser um pouco mais reduzidas do que as referidas para os métodos anteriores. Como referência, cargas entre 70 e 90% do máximo individual são apropriadas para este tipo de trabalho. O número de séries pode variar entre 3 e 5 com 6-8 repetições por série. Face ao maior número de repetições, é aconselhável um intervalo de repouso de 5 minutos.

Em síntese, todos estes métodos, têm por objectivo aumentar a taxa de produção de força (ou força explosiva), promovendo adaptações de natureza nervosa - aumento do recrutamento e frequência de activação das UM - e com alterações mínimas na massa muscular. Todos estes métodos requerem a utilização de cargas muito elevadas (90-100% de 1RM), reduzido número de repetições (1-5), número de séries entre 3 e 5 e um amplo intervalo de repouso (3-5 min). Um dos factores críticos para o êxito da utilização destes métodos, reside na necessidade de realizar os exercícios com a máxima velocidade de contracção possível. A opção por este tipo de métodos requer que se determine ou, se não for possível, que se estime o Déficit de Força (DF) do atleta em causa. Um grande DF, o que traduz uma incapacidade de activar toda a massa muscular existente, sugere a necessidade de se optar por métodos de treino da força que conduzam a adaptações de carácter nervoso, ou seja, os Métodos da Taxa de Produção de Força ou Métodos Máximos. Os maiores ganhos, para uma frequência semanal de quatro sessões semanais, podem ser alcançados ao fim de 6-8 semanas.

A figura 26 representa o tipo de adaptações, a que os métodos máximos conduzem, observáveis através da curva de força-tempo. A curva (a) representa o momento inicial e a curva (b) representa as alterações após 8 semanas de treino. Os ganhos mais significativos são visíveis no aumento da taxa de produção de força (TPF) - definida pelo declive da curva de força-tempo -, no tempo para atingir determinados níveis (em escala relativa e absoluta) da Fmax. Os valores da Fmax regista apenas pequenas alterações positivas.

Evidências acerca dos mecanismos nervosos que tenham contribuído para este tipo de adaptações, podem ser obtidas através de registos electromiográficos (EMG) que apesar das suas limitações constituem o meio indirecto de aceder às modificações ocorridas no padrão de inervação.

O IEMG tem sido o parâmetro electromiográfico mais utilizado para monitorizar alterações da magnitude da activação nervosa.

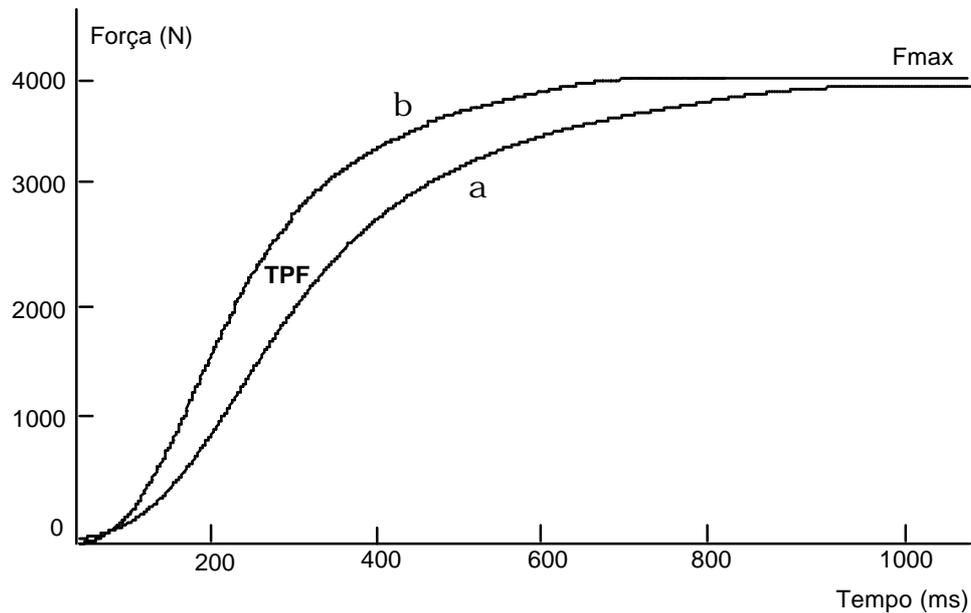


Figura 26. Curvas de força tempo de um movimento isométrico de extensão do joelho. A curva a representa o momento inicial e a curva b representa o momento após 8 semanas de treino com métodos máximos.

A figura 27 ilustra o tipo de registo EMG associado à respectiva curva de força-tempo. O IEMG - definido quantitativamente como a área delimitada pela curva EMG - só permite diagnosticar a ocorrência de um aumento do "input" nervoso que activou o músculo, não permitindo identificar se esse incremento de activação se ficou a dever mais a (1) um aumento do recrutamento, ou a (2) um aumento da frequência de activação, ou a (3) uma melhoria da sincronização das unidades motoras. Contudo, o estudo do declive da curva EMG nos momentos iniciais da contracção muscular, pode fornecer alguma indicação sobre a velocidade dos processos de inervação.

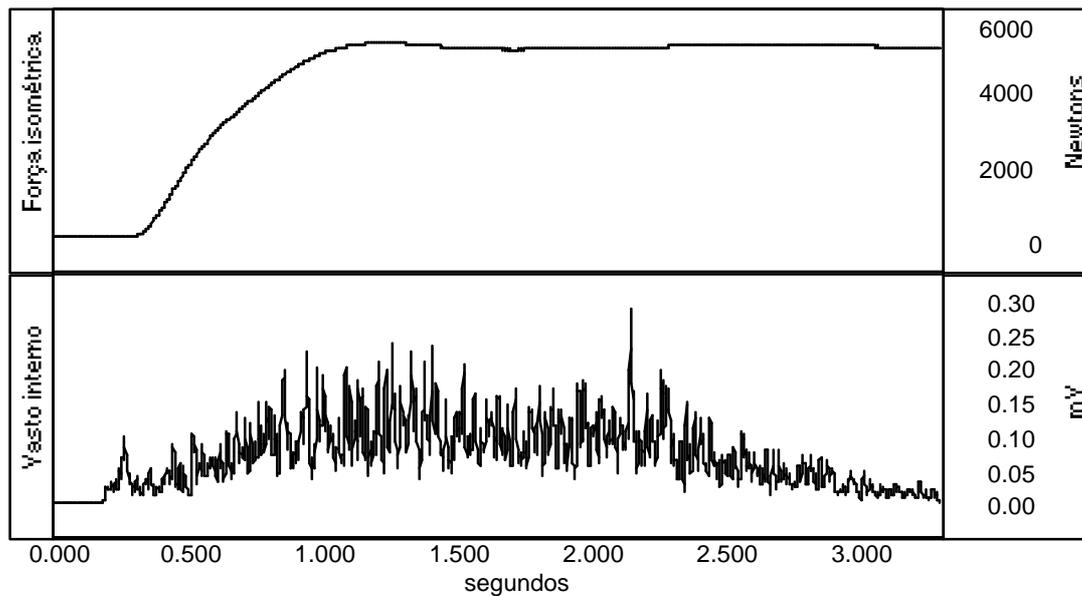


Figura 27. Curvas de Força-Tempo de um movimento isométrico de extensão dos membros inferiores e registos electromiográficos rectificadados do músculo vasto interno

A utilização de parâmetros caracterizadores do espectro de frequências do sinal EMG pode fornecer alguma indicação mais detalhada sobre o funcionamento do mecanismo do recrutamento. A utilização dos parâmetros do espectro de frequências (média e mediana da frequência) no diagnóstico de alterações no recrutamento de UM, requer a observância de duas premissas básicas: a relação entre a média e a mediana da frequência e a velocidade de condução das fibras (Stulen & De Luca, 1981) e a verificação através de EMG que as fibras musculares das UM de maiores dimensões apresentam maior velocidade de condução (Sadoyama et al. 1988), o que está de acordo com a relação entre o diâmetro da fibra e a velocidade de condução dos potenciais na sua membrana.

Assim, um aumento do valor inicial da média e mediana da frequência, com o aumento do nível de contracção, pode ser atribuído ao recrutamento progressivo de UM constituídas por maiores fibras, as quais apresentam maior velocidade de condução.

Moritani et al., 1987 (cit. Moritani, 1993) sugeriram que a utilização de correlações cruzadas entre os registos EMG de, *p.e.*, duas porções do mesmo músculo poderiam fornecer alguma evidência acerca da possível sincronização de disparo de diferentes UM. Após um período de treino, a comparação entre os valores da correlação cruzada entre a curta e a longa porção do músculo bicípete braquial, sugeriu que o disparo das UM poderá ter ocorrido de forma mais sincronizada, já que os valores do coeficiente de correlação passou de  $r=0.402$  para  $r=0.913$ .

Assim, e por último, esta poderá ser uma outra forma de através do EMG identificar o tipo de alteração de carácter neural que possa ter ocorrido após a utilização de Métodos Máximos e talvez, contribuir para explicar os mecanismos dos incrementos na TPF.

#### **4.1.3. Os métodos mistos**

Os Métodos Mistos são uma tentativa de integrar num mesmo método os princípios básicos dos dois tipos de métodos que temos vindo a analisar. O objectivo é incluir numa mesma sessão de trabalho o treino da hipertrofia e da activação nervosa, ou seja, conciliar a força máxima com a taxa de produção de força.

A carga tem uma organização baseada numa pirâmide de intensidade e de repetições. Consideremos um exemplo: na primeira série utiliza-se uma carga de 70% para 8 repetições. Na segunda e terceira séries a intensidade aumenta para 80 e 90% e as repetições reduzem-se para 5 e 3, respectivamente. Na quarta série atinge-se a intensidade máxima (100%) e realiza-se apenas 1 ou 2 repetições. Nas séries seguintes, procede-se à diminuição da intensidade da carga e aumento progressivo do número de repetições, com o mesmo racional das séries anteriores, mas agora com a lógica inversa.

Ainda que a ideia possa parecer atraente, é necessário estar atento para as desvantagens de organizar a carga desta forma. Ao utilizar nas duas primeiras séries a filosofia dos métodos da hipertrofia muscular, quando se realizarem as séries com carga mais elevada já o sistema neuromuscular poderá apresentar fadiga nervosa, o que não permitirá obter os resultados esperados. Se se optar pela situação inversa, iniciar a pirâmide pelas séries com carga mais intensa, ao chegar às séries da hipertrofia é admissível que as concentrações de lactato intramuscular sejam consideráveis, o que constitui uma desvantagem para as adaptações do sistema nervoso.

Se considerarmos um mesmo período de tempo, a utilização de dois sub-períodos, um para os Métodos Sub-Máximos seguido de outro para os Métodos Máximos, os resultados serão superiores aos obtidos apenas com a utilização de Métodos Mistos (Schmidtbleicher, 1992).

#### **4.1.4. Os métodos reactivos**

Os Métodos Reactivos visam potenciar o ciclo muscular de alongamento-encurtamento (CMAE). Como já referimos extensivamente, esta forma natural de funcionamento muscular é relativamente independente das outras formas de manifestação da força e portanto, requer métodos próprios para o seu desenvolvimento. Estes métodos dirigem-se essencialmente à melhoria do padrão de inervação dos músculos envolvidos. Esta melhoria, tal como tem vindo a ser salientado ao longo desta revisão, caracteriza-se por: (1) aumento da amplitude da fase de pré-activação nervosa e melhoria da precisão do seu "timing", para melhor preparar o complexo músculo-tendinoso para o forte e rápido alongamento a que vai ser sujeito após o contacto com o solo; (2) potente activação nervosa, de origem reflexa, durante a fase excêntrica, no sentido de contribuir para a regulação do *stiffness* muscular e dessa forma permitir armazenar energia elástica

no complexo músculo-tendinoso a qual possa vir a contribuir para potenciar a fase concêntrica e (3) redução da activação nervosa durante esta mesma fase.

Para que este tipo de adaptações nervosas ocorram como resultado do treino com métodos reactivos, é fundamental observarem-se algumas regras, que podemos considerar gerais, no desempenho técnico dos exercícios. A primeira e mais importante regra diz respeito à necessidade de realizar todo o trabalho reactivo à intensidade máxima, o que significa dizer que quando realizamos, *p.e.*, um multissalto ou um salto de barreiras o objectivo deverá ser sempre saltar mais longe e mais alto. Em segundo lugar, o contacto com o solo deve ser muito rápido e reactivo, com um tempo de transição entre as fases excêntrica e concêntrica o mais curto possível. Só desta forma se solicita um CMAE que possa incluir os factores de potenciação que temos vindo a referir (reflexo de alongamento > aumento do *stiffness* muscular > armazenamento e utilização da energia elástica > potenciação da força) e desta forma tornar-se um tipo de exercício mais económico. Por último, neste tipo de métodos todo o trabalho deve ser realizado em completa ausência de fadiga, pelo que os intervalos de repouso devem ser rigorosamente observados.

Talvez pela sua rápida divulgação, existe a convicção de que quando falamos em exercícios reactivos, ou pliométricos, nos estamos a referir a exercícios destinados apenas aos membros inferiores. Naturalmente que a maioria das vezes assim é, mas é perfeitamente possível construir formas de trabalho para os membros superiores, tal como referido na tabela 3.

Saltos sem Progressão: Neste grupo incluem-se todos os exercícios que não envolvem uma progressão horizontal. Os "skipping", os saltos com contra-movimento, os "hopping", constituem exemplos das formas de trabalho que podem ser utilizadas. São essencialmente exercícios que envolvem simultaneamente um duplo apoio. Um dos exercícios característicos deste grupo, o "hopping", ou saltos

verticais repetidos, são normalmente realizados em três séries. Na primeira realizam-se 30 repetições à frequência individual, para na segunda série se realizarem mais 30 repetições agora à máxima frequência (maior número de contactos com o solo) e por último, na terceira série as mesmas 30 repetições com o objectivo de alcançar a maior elevação possível do centro de gravidade. É um procedimento que visa, com a alternância da frequência dos contactos com o solo, adaptar o sistema neuromuscular a melhor organizar a pré-activação muscular. Caso os exercícios envolvam apenas um apoio, o número de repetições deve ser reduzido para 10.

**Tabela 3.** Métodos Reactivos.

	Saltos sem Progressão	Saltos com Progressão	Saltos em Profundidade	Exercícios p/ Tronco/braços
Acção Muscular				
CMAE	*	*	*	*
Intensidade (%)	100	100	100	100
Repetições	30	20	10	25
Séries	3 - 5	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Intervalo (min)	5	5	10	5

Adaptado de Schmidtbleicher, 1992

Saltos com Progressão : Incluem-se, como o nome sugere, todos os exercícios que envolvem uma progressão horizontal. Os multissaltos com todas as suas variantes, os saltos sobre bancos e os saltos de barreiras, entre outros, constituem os exercícios fundamentais deste grupo. Este conjunto de exercícios pode ser realizado com duplo apoio e progressivamente com um só apoio, o que aumentará a carga de alongamento, *i.e.*, a intensidade. Por número de repetições deve entender-se o número de apoios ou de contactos com o solo. Estes devem ser rápidos e explosivos, de forma a que o alongamento não seja exagerado e o tempo de

transição entre as fases excêntrica e concêntrica seja o mais curto possível. Uma dificuldade em realizar de forma tecnicamente correcta, os exercícios escolhidos ou uma dificuldade em cumprir o número de repetições previamente estabelecido, devem ser critérios para interrupção da série de exercícios. Todo o trabalho reactivo é essencialmente um trabalho de qualidade, sendo, por isso, imprescindível a observância dos requisitos da técnica de execução, sob pena de o treino se tornar contraproducente e até, potencialmente perigoso.

Saltos em Profundidade : É o exercício reactivo mais conhecido, mas também o mais exigente. A sua utilização deve restringir-se a atletas muito bem treinados e deverá ser o último exercício a ser utilizado. O número de repetições não deve exceder as 10 e o número de séries pode variar entre três e cinco. O intervalo de repouso deve ser sempre respeitado, apesar de poder parecer muito grande e por vezes dispensável. Como já referimos, todo o treino reactivo é essencialmente qualitativo e visa melhorar o padrão de activação nervosa, pelo que todos os exercícios reactivos devem ser sempre realizados sem fadiga. A selecção da carga de alongamento, *i.e.*, a altura de queda deve ser feita individualmente. A forma mais rigorosa consiste na determinação da altura de queda a partir da qual o atleta consegue, no salto subsequente, atingir a maior elevação do centro de gravidade. Um procedimento um pouco menos rigoroso, mas mais expedito, consiste em seleccionar a altura de queda a partir da qual o atleta, no salto subsequente, durante o contacto não toca com o calcanhar no solo. Este pormenor de execução técnica, sugere que o atleta é capaz de suportar a carga de alongamento, sendo possível passar rapidamente da acção excêntrica para a acção concêntrica, sem que o deslocamento angular seja muito grande, logo, sem contactar o solo com o calcanhar.

O contacto com o solo não deve ser nem muito rápido nem muito longo. A duração máxima não deve, contudo, ultrapassar os 250 ms. O deslocamento angular do joelho deve também ser reduzido e todo o movimento deve ser sempre realizado com máxima intensidade. O tipo de superfície não deve ser artificialmente

alterado com a colocação de, *p.e.*, colchões de ginástica, com o objectivo de amortecer o impacto com o solo. Este procedimento impede a observância de um requisito fundamental: ter um contacto rápido e reactivo com o solo. Apesar de termos referido que o deslocamento angular deve ser reduzido, se o objectivo for localizar mais a acção muscular nos músculos da coxa (vasto interno e externo e recto anterior da coxa), Bosco et al., (1981b) propuseram que com uma maior flexão do joelho no momento de chegada ao solo, se poderia realizar o SP com uma maior solicitação dos músculos da coxa. Este procedimento é particularmente importante para gestos desportivos em que o salto vertical envolve uma maior flexão do joelho como, *p.e.*, no salto de remate em voleibol.

O controlo do tempo de contacto com o solo associado ao tempo de vôo, permite uma avaliação da qualidade do trabalho realizado. Em ambientes de treino um pouco mais exigentes, sugere-se a utilização de uma plataforma de contactos para monitorizar o treino dos atletas.

Exercícios para o Tronco e Braços : Como havíamos já referido, apesar da grande generalização do trabalho reactivo ter ocorrido associada a exercícios para os membros inferiores, é perfeitamente possível conceber situações de trabalho reactivo para os membros superiores. A utilização de bolas medicinais, barra de musculação e outras pequenas resistências, podem ser usadas na maioria dos exercícios. A lógica para a construção dos exercícios é o seguinte: realizar um movimento que solicite um alongamento muscular, *p.e.*, do tricípete braquial, de forma a que a acção muscular seguinte seja uma acção concêntrica desse mesmo músculo. A recepção e o rápido arremesso de uma bola medicinal, constitui um exemplo de um exercício reactivo para os membros superiores. Para uma situação excepcionalmente exigente, pudemos considerar um exercício para os membros superiores, com a mesma lógica do salto em profundidade. A flexão de braços no solo, a partir de um pequeno ressalto, *p.e.*, um banco sueco, constitui uma forma de replicar para os membros superiores a lógica de um salto em profundidade.

## BIBLIOGRAFIA:

- POLIQUIN, C. (1988) - Strength Training for Age Group Swimmers, in: ASCA (eds), World Clinic Year Book, pp: 151-158.
- POLIQUIN, C. (1992) O treino para melhorar a força relativa, Revista treino desportivo, 11ª série, Vol.23, Março, pp. 35-44
- POLIQUIN, C. e P. Patterson (1989) - Classification of Strength Qualities . NSCA Journal, Vol 11(6) :48-50.
- POLIQUIN, C. (1988) - Strength Training for Elite Athletes, in: ASCA (eds). World Clinic Year Book, pp: 129-139.
- KOMI, P.V. (1988) - The Musculoskeletal System. In: The Olympic Book of Sports Medicine, A. Dirix, J.G. Knuttgen and K. Tittel (eds), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 15-39.
- SALE, D. (1988) - Neural Adaptations to Resistance Training. Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 20, nº 5 (suplemento):S135-S145.
- SALE, D.G. (1990) - Testing Strength and Power, in: Physiological Testing of the High performance Athlete, J. Duncan MacDougall, H.A. Wenger e H. J. Green (eds), 2a ed.. Human Kinetics Books, pp: 21-206.
- SARDINHA, L. e P. M. SANTOS (1989) - Treino Pliométrico: Os Saltos em Profundidade - Parte I, : Revisão da Literatura. Treino Desportivo, nº 12, pp. 53-62, Lisboa.
- SANTOS, P.M. e L. SARDINHA (1989) - Treino Pliométrico: Os Saltos em Profundidade - Parte II : Inclusão do Treino Pliométrico no Planeamento Anual da Força. Treino Desportivo, nº 13, pp. 38-47. Lisboa.
- SANTOS, P.M. e L. SARDINHA (1990) - Treino Pliométrico: Os Saltos em Profundidade - Parte III : Classificação e Exemplo de Exercícios. Treino Desportivo, nº 16, pp. 14-22, Lisboa, 1990 (co-autor).
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1985) - Strength Training - Part II : Classification of Methods. SPORTS - Science Periodical On Research and Technology in Sport, W4.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1985) - Strength Training - Part II : Structural Analysis of Motor Strength Qualities and its Application to Training. SPORTS - Science Periodical On Research and Technology in Sport, W4.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1986) - Applying the Theory of Strength Development. 1th Workshop of the European Athletic Coaches Association, Leuven.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1988) - Muscular Mechanics and Neuromuscular Control. In: Ungerechts, B.E., K. Wilke e K. Reischele (Eds.) "Swimming Science V", Human Kinetics Books, Illinois.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1992). Training for Power Events. In P. V. Komi (Ed.), Strength and Power in Sport (pp. 381 - 395). Oxford: IOC Medical Commission.