

RODRIGO TRAMUTOLO NAVARRO

**VARIÁVEIS INERENTES AO DESENVOLVIMENTO DA
FORÇA MUSCULAR MÁXIMA**

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do curso de Licenciatura em
Educação Física, Setor de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^ª Dra. Rosana N. de Moraes.

**CURITIBA
2002**

DEDICATÓRIA

A Deus e a meu pai, que com seu esforço, dedicação e determinação, educou-me para compreender e enxergar o ser humano em primeiro lugar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me criou e me deu a capacidade de assimilar o conhecimento e aplica-lo a serviço da sociedade. Posteriormente à minha mãe Sabrina S. T. Navarro, que com sua força e dedicação, encarou todos os obstáculos da vida a fim de proporcionar condições dignas de vida para nossa família. A minha namorada Karen Martins Pinheiro, por ter me incentivado e me acompanhado nesta jornada de trabalho e estudos, dando-me a mão forte e me acolhendo em todos os momentos em que eu tropeçara. Por fim a meus irmãos Rafael Navarro e Antônio Navarro e a todos os meus amigos, por terem me incentivado e compreendido o significado de ter iniciado e concluído o curso de Licenciatura em Educação Física.

SUMÁRIO

RESUMO	v
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. APRESENTAÇÃO.....	01
1.2. JUSTIFICATIVA	03
2. REVISÃO DA LITERATURA	04
2.1. DEFINIÇÕES DE FORÇA NOS DIFERENTES ÂMBITOS	04
2.2. FORÇA MUSCULAR MÁXIMA	06
2.3. ASPECTOS ANATÔMICOS E NEUROMUSCULARES	07
2.4. FATORES QUE INTERFEREM NA MANIFESTAÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DA FORÇA MUSCULAR MÁXIMA	15
2.5. ASPECTOS FISIOLÓGICOS	16
2.6. ASPECTOS MECÂNICOS	27
2.7. ASPECTOS ENDÓCRINOS	29
2.8. ASPECTOS PSICOLÓGICOS	31
2.9. PATOLOGIAS	32
3. METODOLOGIA	34
4. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

RESUMO

Na antiguidade, considerava-se o treinamento de força como uma atividade praticamente circense (TOUS, 1999). Atualmente, na busca por uma melhor qualidade de vida, pessoas buscam a atividade física como fonte de saúde, objetivando a manutenção de uma vida saudável e maior longevidade. Diante destes aspectos, objetivando aptidão física, a capacidade física força muscular vigora com uma variável importante para a melhoria desta aptidão. O objetivo deste trabalho é de apresentar as principais variáveis inerentes ao desenvolvimento da força muscular máxima, e não o de sugerir uma metodologia para o treinamento desta capacidade, oferecendo subsídios para que possam então ser criadas metodologias de treinamento de forma mais autônoma e consciente. Pode-se afirmar que existe grande quantidade de informações sobre as variáveis que interferem no processo de ganho da força muscular máxima, o que levou a profissionais da Educação Física proporem diferentes metodologias para o treinamento e desenvolvimento desta capacidade. Inúmeras são estas variáveis, mas os aspectos neurais, atualmente são, hierarquicamente, considerados os principais responsáveis pelo desenvolvimento desta capacidade física (BADILLO e AYESTARÁN, 2001). Existem, ainda, outros aspectos presentes e influenciadores neste processo, como fatores psicológicos, metabólicos, biomecânicos dentre outros. Esta pesquisa baseou-se exclusivamente em revisão bibliográfica de literatura, consistindo em métodos dedutivos. Concluiu então, que cabe ao profissional de Educação Física interpretar e adaptar adequadamente todas as variáveis inerentes ao desenvolvimento da força muscular máxima, sendo algumas delas não abordadas neste trabalho, mas todas importantes e necessárias à preparação desta capacidade, sendo a especificidade do treinamento fator fundamental na prescrição de um treinamento físico adequado e eficaz.

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

Historicamente, na Grécia Antiga, considerava-se o treinamento de força como uma atividade praticamente circense, onde o objetivo era descobrir o homem que levantava uma maior quantidade de pesos. Já nos anos 70 e 80, o treinamento com pesos era considerado uma prática exclusiva para culturistas narcisistas. A partir dos anos 90 é que milhares de pessoas começaram a freqüentar academias e parques com o objetivo de melhorar suas estéticas corporais (TOUS, 1999). Atualmente, na busca por uma melhor qualidade de vida, idosos, doentes, crianças, jovens, adultos, homens e mulheres buscam a atividade física como fonte de saúde, em função dos inúmeros benefícios que esta traz ao organismo, incluindo melhoria no estilo de vida, para a manutenção de uma vida saudável e maior longevidade. Diante destes aspectos a aptidão física passou a ser mais bem compreendida e aceita pela sociedade, correspondendo a uma boa condição cardiovascular, um bom nível de flexibilidade e de força muscular. Esta última capacidade é de fundamental importância no que se refere a uma boa condição de vida, sendo atualmente trabalhada com diversos objetivos, tais como: na melhora dos padrões estéticos (desenvolvimento e manutenção da estética corporal), terapêuticos (correção e ou estabilização de desvios e disfunções orgânicas, reabilitação, etc.), profiláticos (prevenção de desvios posturais e distúrbios funcionais oriundos de hipocinesias e lesões atléticas.), preparação física (desenvolvimento e aprimoramento das qualidades físicas relacionadas às estruturas neuromusculares), competitivo (levantamentos Básicos, Olímpicos, Fisiculturismo), especial (aplicada na infância e adolescência, à 3ª idade, a Hipertensos, a Cardiopatas, a Diabéticos e etc.).

Além dos estudos relacionados à qualidade de vida, o desporto atualmente atingiu também um nível de evolução altíssimo, sendo muito desta evolução caracterizada pelo crescimento de pesquisas no âmbito esportivo, além de influências de várias áreas de estudo, como a nutrição, fisioterapia, psicologia, medicina, dentre outras. O treinador necessita do auxílio destas disciplinas para aprimorar as metodologias de avaliação de seus atletas, para ter então análises mais objetivas dos resultados almejados por estes, pois "... todos os fatores que afetam a qualidade do treinamento devem ser utilizados de modo eficaz, sendo

constantemente melhorados” (BOMPA, 2002). Percebe-se hoje que o treinamento torna-se cada vez mais específico, desenvolvendo as habilidades e capacidades específicas de cada desporto. Cada uma destas capacidades físicas deve ser trabalhada individualmente no desporto, em especial na fase básica de treinamento, onde o principal objetivo é o de formar uma base sólida no atleta, para que este consiga então atingir níveis de habilidade superiores. Uma das capacidades físicas bastante estudadas atualmente é a força muscular ou motora, que serve de base para o desenvolvimento completo do atleta, seja no auxílio da performance, ou prescrito para o condicionamento físico, saúde, prevenção e reabilitação de problemas ortopédicos. No desporto de alto nível, seja qual for a modalidade a ser realizada, sabe-se hoje que boa parte dos esportes necessita de um bom desenvolvimento desta capacidade. Já na fase específica do treinamento, deve-se dar preferência ao desenvolvimento de capacidades físicas específicas de cada desporto, sendo a capacidade força trabalhada com diferentes objetivos, para uma demanda específica do preparo físico. A força máxima, por exemplo, é bastante utilizada nos desportos que exigem altos níveis de sobrecarga, como levantamentos olímpicos, fisiculturismo, dentre outros.

Uma grande quantidade de informações sobre as variáveis que interferem no processo de ganho da força motora máxima acumulou-se durante anos, fazendo com que muitos estudiosos da área propusessem diferentes metodologias para o treinamento desta capacidade, sendo que alguns autores utilizam o termo força para todo o tipo de treinamento envolvendo esta capacidade, sem discriminar as diferentes formas de sua manifestação.

Pretende-se então discutir alguns conceitos e teorias sobre o processo de ganho da força muscular, em especial as variáveis que interferem no desenvolvimento da força muscular máxima, dando ênfase aos aspectos neuromusculares, proporcionando ao leitor maior entendimento sobre o assunto.

1.2. JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa é uma contribuição para área da Educação Física (E.F.), tendo como objetivos a iniciação na pesquisa científica na área, e uma elaboração da monografia de conclusão do curso de Licenciatura em Educação Física.

O propósito dela não é o de sugerir uma metodologia para o treinamento de força, mas sim o de fornecer subsídios sobre os princípios e leis que o fundamentam, permitindo ao treinador interpretar e adaptar adequadamente a preparação desta capacidade para as diferentes situações possíveis. Pois como afirmam AYESTARAN e BADILLO (2001, p.13) "... cada esporte tem suas próprias exigências quanto à quantidade e ao tipo de treinamento necessários ao desenvolvimento de tal qualidade".

Assim, a seleção dos conteúdos foi organizada de tal forma que se possa apresentar alguns conhecimentos teóricos sobre a força, em especial seus aspectos neuromusculares, proporcionando ao leitor fundamentos para que então possam ser criadas metodologias de treinamento de forma mais autônoma, pois como afirma DEMO (1997:40), "Pesquisar não leva apenas a reconstruir conhecimento, mas nisto mesmo a formar a cidadania do pesquisador, à medida que aprende a argumentar, a trabalhar em equipe, a ouvir com atenção e a trabalhar posições contrárias com respeito, a produzir sistematicamente com qualidade formal e política".

2. REVISÃO DA LITERATURA

Para entender melhor o mecanismo de ganho da força motora máxima, é importante conhecer alguns termos e definições pertinentes ao assunto, bem como a estrutura muscular, e os aspectos e variáveis inerentes ao desenvolvimento desta capacidade, como os fatores fisiológicos, psicológicos, endócrinos, neuromusculares, mecânicos, anatomopatológicos, fisiopatológicos dentre outros.

2.1 DEFINIÇÕES DE FORÇA NOS DIFERENTES ÂMBITOS

Ao tentar definir o conceito de força, depara-se com diferentes conceituações do termo, pois como será explicitado posteriormente, existem diferentes tipos de manifestações de força, que dependem cada uma de fatores específicos como a velocidade de execução do movimento, o tempo de execução, o ângulo articular, além de outras variáveis. Cada autor interpreta a força muscular de uma forma similar, mas algumas definições carecem de informações em seus argumentos.

Força

Segundo a definição clássica do dicionário de língua portuguesa, força é definida como sendo “todo agente capaz de atribuir aceleração a um corpo; Saúde física, vigor; Esforço necessário para fazer algo...” (FERREIRA, 1988:241). Já no âmbito da física, a força muscular é definida com sendo “...a capacidade da musculatura de produzir a aceleração ou a deformação de um corpo, mantê-lo imóvel ou frear seu deslocamento”. (BADILLO e AYESTARÁN, 2001:15)

Mas nestas definições não está presente o termo músculo ou muscular, que pode ser considerado, no meio esportivo, o principal responsável por sua manifestação. Pois, como cita VERKHOSHANSKI (2001), força pode ser definida como sendo a “... capacidade de superar a resistência externa a custa dos esforços musculares”.

Força muscular ou motora

Ao incluir o termo músculo, encontram-se diversas definições desta capacidade. Segundo ZATSIORSKY (1999), a força muscular pode manifestar-se de duas maneiras:

- Força Interna: exercida por uma parte do corpo sobre outra parte (um osso sobre o outro, um tendão para um osso, etc.);
- Força Externa: atuando entre o corpo de um atleta e o meio ambiente.

A força muscular também pode ser definida como sendo a "...quantidade máxima de força que um músculo ou grupo muscular pode gerar em um padrão específico de movimento em uma determinada velocidade de movimento". (KNUTTGEN e KRAEMER, citado por FLECK e KRAEMER (1999:22).

Já HERNANDES Jr. (2000:72), define força muscular como sendo a: "Capacidade psicomotora onde o sistema motor, através de suas alavancas ósseas e respectivas musculaturas, contrapõe uma determinada resistência. Sendo dada pela capacidade de recrutamento de placas motoras necessárias ao esforço, pela amplitude e acesso aos sistemas energéticos envolvidos, pelas características cinesiológicas das alavancas envolvidas e pelo estado psicológico do executante."

No âmbito da ultra-estrutura do músculo, a força está relacionada com o "... número de pontes cruzadas (PC's) de miosina que podem interagir com os filamentos de actina." (GOLDSPINK (1992), citado por BADILLO e AYESTARÁN (2001:15).

Segundo HERNANDES Jr. (2000), a força motora possui algumas subdivisões, dentre elas a força máxima, força rápida, força de potência e força de resistência aeróbia. A força muscular máxima, que é o tema central deste trabalho, é definida pelo mesmo autor como sendo a "Capacidade psicomotora onde o sistema motor através de suas alavancas ósseas e respectivas musculaturas vence o máximo de resistência possível em uma única repetição independentemente do tempo de execução e, conseqüentemente, da velocidade da execução. Sendo dada pela capacidade de recrutamento do número máximo de placas motoras da musculatura envolvida e pela amplitude de suprimento energético do sistema ATP-PC, além das características cinesiológicas das alavancas envolvidas e do estado psicológico do executante." (HERNANDES Jr., 2000:72).

Mas, diante de tantas definições, é necessário compreender que a força quase nunca é expressa de forma pura no ser humano, pois normalmente existem influências em níveis variados de outras manifestações de força. Em alguns casos, qualquer modificação nas características de um movimento, seja no ângulo articular, na velocidade, na intensidade e em outras variáveis e aspectos do movimento, pode acarretar em diferentes manifestações de força motora (AYESTARAN e BADILLO, 2001).

2.2 FORÇA MUSCULAR MÁXIMA

Como visto anteriormente, ao definir força muscular máxima, existe uma variável que pode ser desconsiderada em sua manifestação, que é a duração da execução do movimento, visto que este não é um fator que determina seu grau de manifestação.

A força máxima possui algumas subdivisões, que estão relacionadas aos processos de contração muscular ou às características do movimento (concêntrico, excêntrico ou isométrico). Estas subdivisões serão abordadas posteriormente neste trabalho.

Do ponto de vista do alto rendimento desportivo, o desenvolvimento da força muscular pode auxiliar na melhoria da execução de um gesto desportivo, e conseqüentemente na performance do atleta, seja qual for a característica da modalidade esportiva. Mas a força muscular máxima é individual nas diferentes modalidades esportivas, visto que as exigências de cada uma delas, como o ângulo articular, a fonte energética predominante, o tempo de manifestação da força, a velocidade do movimento e outras características são específicas. Então, o treinamento da força máxima deve priorizar a especificidade de cada esporte, pois como afirmam AYESTARAN e BADILLO (2001:15), "...a força muscular que não se é capaz de aplicar realmente não se tem." Neste sentido, a força máxima para determinado esporte é aquela em que o executante pode realizar com máxima intensidade para determinado gesto desportivo.

Pode-se então afirmar que um atleta só possui a força que ele pode aplicar, ou seja, de nada adianta um atleta possuir um nível elevado de força máxima em um levantamento supino na musculação, se o gesto desportivo do mesmo é um lançamento do dardo no atletismo. A transferência de força é muito pequena, pois o gesto desportivo do atletismo é bastante diferente daquele citado na musculação. Ao treinarmos a força máxima, devemos aplicá-la de maneira que todas as variáveis sejam específicas às condições do gesto utilizado no desporto, transferindo os ângulos articulares, as alavancas ósseas, a sobrecarga utilizada à velocidade de contração e outras variáveis específicas do desporto.

A força máxima depende também da ação de um corpo contra um outro, e a sua magnitude depende das características e movimentos de ambos os corpos em

ação. Como exemplo, em um dado movimento, a força máxima manifesta-se em um ângulo articular específico, cujo momento de força é maior, devido às alavancas articulares. Muitas variáveis estão relacionadas ao processo de desenvolvimento da força muscular máxima. Mas para se compreender estas variáveis, que serão mais bem discutidas posteriormente, faz-se necessário conhecer a estrutura de um músculo, bem com os aspectos fisiológicos e neurais que estão relacionados a este.

2.3 ASPECTOS ANATÔMICOS E NEUROMUSCULARES

ESTRUTURA DO MÚSCULO

Num músculo, as fibras musculares estão envoltas por uma camada de tecido conjuntivo chamado epimísio, dele partem septos muito finos para o interior do músculo, o perimísio, que envolve cada feixe de fibras musculares. Cada fibra muscular é envolvida por uma camada muito fina constituída pela lâmina basal e fibras reticulares do endomísio (Ver figura 01).

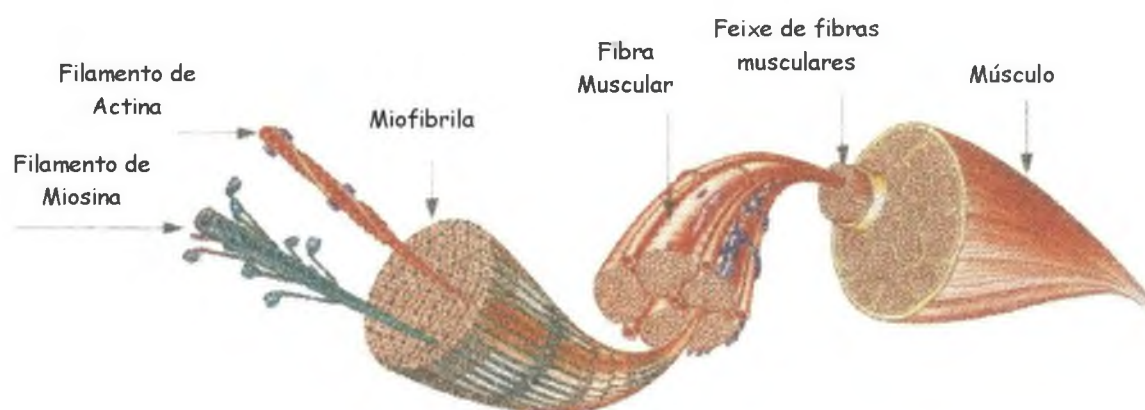


Figura 1: Estrutura Anatômica Muscular.

Fonte: <http://www.10emtudo.com.br/demo/biologia/index_3.html> - 04/12/2002

O tecido conjuntivo apresenta um grande significado funcional, pois este mantém as fibras unidas, permitindo que a força de contração gerada por cada fibra individualmente atue sobre o músculo inteiro. Os vasos sanguíneos penetram no músculo através dos septos de tecido conjuntivo e formam uma rica rede de capilares.

O citoplasma da fibra muscular é preenchido principalmente por fibrilas paralelas, as miofibrilas. Estas são cilíndricas e correm longitudinalmente à fibra muscular, preenchendo quase completamente o seu interior. Ao microscópio ótico (MO), aparecem com estriações transversais, pela alteração de faixas claras e escuras. A faixa escura é anisotrópica e recebeu o nome de banda A, a faixa clara é isotrópica e recebeu o nome de I. No centro da Banda I aparece uma faixa mais escura, a linha Z. A estriação da miofibrila é devida à repetição de unidades iguais, chamadas sarcômeros, o qual é formado pela parte da miofibrila que fica entre duas linhas Z sucessivas e contém uma banda A separando duas semibandas I (ver figura 2).

Ao microscópio eletrônico (ME) revela-se a presença de filamentos de actina e filamentos grossos de miosina dispostos longitudinalmente nas miofibrilas. Essa organização é mantida por diversas proteínas, como a desmina que liga as miofibrilas umas às outras e a distrofina que liga os filamentos de actina às proteínas integrais da membrana plasmática.

Da linha Z, partem os filamentos finos de actina. Os filamentos grossos (miosina) ocupam a região central do sarcômero.

As miofibrilas do músculo estriado contém quatro proteínas principais: miosina, actina, tropomiosina e troponina. A actina apresenta-se sob forma de polímeros longos (actina F), formado por duas cadeias de monômeros globulares (actina G), torcidas uma sobre a outra, em hélice dupla. A tropomiosina é uma molécula longa e fina, contendo 2 cadeias polipeptídicas, uma enrolada na outra. As moléculas de tropomiosina unem-se umas às outras pelas extremidades, para formar filamentos que se localizam ao longo do sulco existente entre os dois filamentos de actina F (FOSS & KETEYIAN, 2000).

A Troponina é um complexo de três subunidades:

- TNC, que tem grande afinidade pelos íons de Ca^{++} .
- TNT, que se liga fortemente a tropomiosina.
- TNI, que cobre o sítio ativo da actina onde ocorre interação de actina com miosina.

Cada molécula de tropomiosina tem um local específico onde se prende um complexo de 3 subunidades de troponina. A molécula de miosina é grande, tem forma de bastão sendo formada por 2 peptídeos enrolados em hélice. Numa de suas

extremidades a miosina apresenta uma saliência globular, a cabeça, que possui locais específicos para combinação com ATP e é dotada de atividade ATPásica, participando diretamente na transdução da energia química em energia mecânica, durante a contração muscular.

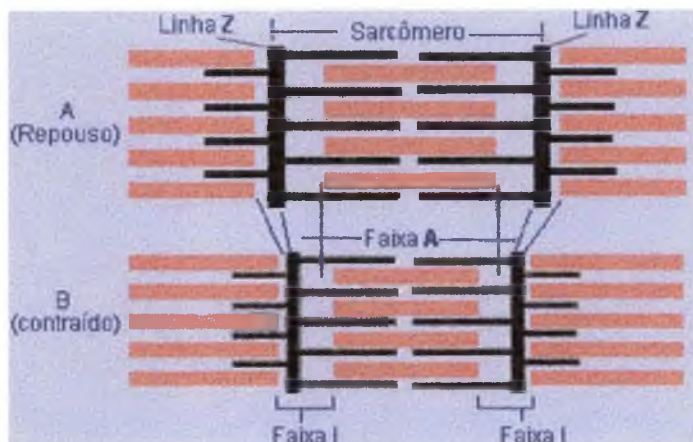


Figura 1: Modelo de miofibrilas com estrias.

Fonte: <http://www.10emtudo.com.br/demo/biologia/index_3.html> - 04/12/2002

CARACTERÍSTICAS DA FIBRA MUSCULAR

As fibras musculares são células do músculo esquelético responsáveis por gerar força. Classificam-se basicamente em actina e miosina, sendo que esta última possui isoformas, que segundo AYESTARAN e BADILLO (2001), denominam os diferentes tipos de fibras musculares:

- Miosina Rápida: Hidroliza ATP rapidamente – 600 vezes/ segundo – Tipo IIb
- Miosina Intermediária: Tipo IIa
- Miosina Lenta: Hidroliza ATP lentamente – 300 vezes/segundo – Tipo I

As fibras que possuem maiores quantidades de miosina rápida, contraem-se mais rapidamente (40 - 90 ms) do que as fibras com predominância de miosina lenta (90 - 140 ms), pois as U.M's das fibras do tipo II possuem maior velocidade de condução do impulso nervoso e maior frequência de descarga de impulso elétrico do que as U.M. de fibras do tipo I (ver quadro 1, p.18). Isto significa que indivíduos com predominância genética de maiores quantidades de fibras do tipo II, podem desenvolver maiores níveis de força máxima, se comparados com indivíduos com

predominância de fibras do tipo I. Segundo FOSS & KETEVIAN (2000), estudos comprovam que existe uma possibilidade de transformação progressiva do tipo de fibras com o treinamento específico. O que ocorre são modificações em características metabólicas de fibras específicas e das subdivisões, em menor percentual nas fibras do tipo IIb e em maior percentual nas fibras do tipo IIa (FOSS & KETEVIAN, 2000). Porém atualmente acredita-se que a distribuição predominante das fibras musculares é determinada geneticamente (KATCH, KATCH e MCARDLE, 1998). Outros estudos apontam que a velocidade de contração muscular depende principalmente dos nervos motores que inervam as fibras musculares (AYESTARAN e BADILLO, 2001). Em um estudo de MOMMAERT (1977), citado por AYESTARAN e BADILLO (2001), envolvendo animais, no qual transplantaram em algumas fibras musculares rápidas um nervo de uma unidade motora que inervava as fibras musculares lentas, e notaram que o músculo rápido passou a se tornar lento. Ao contrário, transplantando-se um nervo motor que inervava uma fibra rápida em um músculo lento, notou-se que este músculo passou a ser rápido. Na prática, esta teoria não se sustenta, visto que estudos mais recentes demonstram que durante o treinamento predominantemente aeróbio, ocorre um aumento de fibras do tipo I e uma diminuição das fibras do tipo II. Mas o treinamento anaeróbio não parece ser acompanhado de transferência de fibras do tipo I em tipo II, sendo observado somente um tamanho das fibras do tipo II. Em um estudo publicado por ADAMS, BAIDWIN, DUDLEY E HATHER (1993), notou-se que existe transformação de fibras do tipo IIa em fibras do tipo IIb, com o treinamento predominante de força máxima. Já com o treinamento de força máxima para hipertrofia, notou-se um a transformação das fibras do tipo IIb em IIa.

CONTRAÇÃO MUSCULAR

Uma boa compreensão do controle neuromuscular em termos de recrutamento das unidades motoras e de como os reflexos podem ser usados para aprimorar o desempenho e o desenvolvimento da força muscular máxima é de grande importância para o profissional da Educação Física.

O processo de contração muscular inicia-se após a geração de um potencial de ação elétrico, que se prolonga pelo axônio do nervo motor até o músculo. Na sinapse nervo-músculo (fig. 4) o potencial elétrico conduz à liberação de acetilcolina

(neurotransmissor) do interior do axônio para a fenda sináptica. Este neurotransmissor liga-se a receptores específicos na fibra muscular, podendo provocar um potencial de ação nesta membrana. Este se propaga até o interior da fibra através de túbulos transversos (ver figura 3), provocando, por mecanismos ainda muito discutidos, liberação de cálcio no citoplasma da fibra muscular. Os íons cálcio provocam forças atrativas entre os filamentos de actina e de miosina, fazendo com que eles deslizem entre si, o que constitui o processo da contração muscular (GUYTON & HALL, 1997). Os mesmos autores sugerem que a função do cálcio neste processo é a de um efeito inibitório do complexo toponina-topomiosina, que anteriormente impediam a ligação entre o sítio da actina com a cabeça da miosina. Deslocando a troponina e a tropomiosina, o complexo actina-miosina pode então ser estabelecido. Esta ligação entre a actina e a miosina produz uma alteração conformacional na cabeça da miosina, fazendo com que esta se curve em direção ao braço da ponte cruzada, que puxa o filamento de actina, provocando a contração muscular. Após poucos segundos, os íons cálcio são bombeados de volta para o retículo sarcoplasmático, permanecendo armazenados até a chegada de um novo potencial de ação, o que faz por encerrar a contração muscular. A propagação do potencial de ação do centro da fibra muscular (sinapse) até os dois extremos da fibra ocorre em velocidade aproximada de 2 a 5 m/s (GUYTON & HALL, 2002).

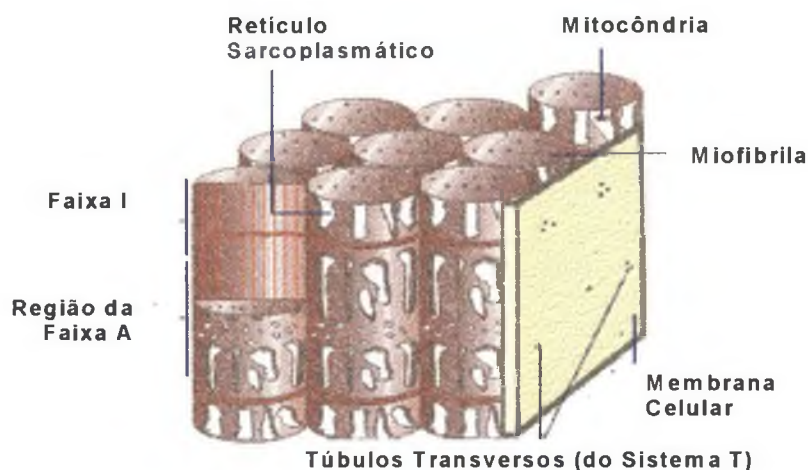


Figura 3: Miofibrilas com sistema T.

Fonte: <http://www.10emtudo.com.br/demo/biologia/index_3.html> - 04/12/2002

A contração da fibra muscular é regulada pelo sistema nervoso, através dos neurônios que chegam na musculatura. Há uma área de “contato sináptico” entre a extremidade da membrana do axônio e a membrana da fibra muscular; essa região é chamada de placa motora, onde são liberados mediadores químicos (neurotransmissores) pelos neurônios. A figura 3 apresenta um esquema da junção neuromuscular, contendo as pregas subneurais, receptores para os neurotransmissores, a goteira sináptica e a fenda sináptica.

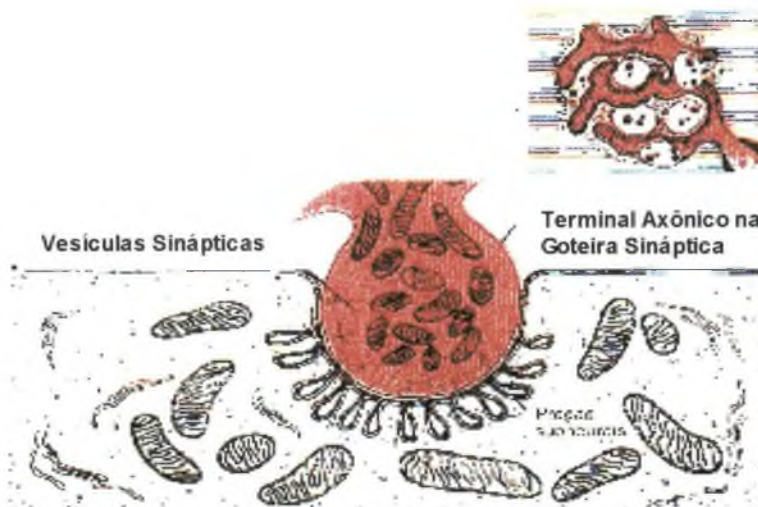


Figura 4: Junção neuromuscular.

Fonte: <http://www.infomed.hpg.ig.com.br/manual2/capitulo06.html> - 04/12/2002 - 10:22h

A contração é comandada por nervos motores que se ramificam do tecido conjuntivo do perimísio. No local da inervação o nervo perde sua bainha de mielina e forma uma dilatação que se coloca dentro de uma depressão da fibra muscular, estrutura denominada de placa motora. O terminal axônico representa numerosas mitocôndrias e vesículas sinápticas com neurotransmissor acetilcolina. Entre o axônio e a fibra existe uma fenda sináptica. Na junção, o sarcolema forma as dobras juncionais. Quando a fibra do nervo motor dispara (impulso nervoso), o terminal axônico libera acetilcolina, que se difunde através da fenda sináptica e vai se prender aos receptores situados nos sarcolemas e nas dobras juncionais. A ligação com o neurotransmissor faz o sarcolema ficar mais permeável ao sódio, o que resulta na despolarização do sarcolema. A despolarização iniciada na placa motora propaga-se ao longo da membrana da fibra através dos túbulos transversais. O sinal

despolarizador passa para o retículo sarcoplasmático e resulta na liberação de Ca^{++} que inicia o ciclo da contração. Quando a despolarização termina o Ca^{++} é transportado ativamente para as cisternas do retículo sarcoplasmático e o músculo relaxa. A célula muscular esquelética é adaptada para a produção de trabalho mecânico intenso e descontínuo.

Segundo FOSS e KETEVIAN (2000), durante a contração muscular a actina e miosina interagem da seguinte maneira: em repouso ATP liga-se a ATPase das cabeças da miosina. Para degradar a molécula de ATP e liberar energia, a miosina necessita da actina. No músculo em repouso a miosina não pode interagir com a actina, impedida no local pelo complexo troponina-tropomiosina fixado nos filamentos de actina F. Todavia quando há disponibilidade de íons Ca^{++} , estes se combinam com a unidade TNC da troponina, o que muda a configuração espacial das 3 subunidades da troponina, empurrando a molécula de tropomiosina mais para dentro do sulco da actina F, e, em consequência deixando expostos os locais de ligação dos componentes globulares da actina, os quais ficam livres para interagir com as cabeças das moléculas de miosina. A combinação do Ca^{++} com a TNC corresponde à fase em que o complexo miosina-ATP é ativado. Como resultado da ponte entre a miosina e a subunidade de actina G, o ATP é convertido em ADP mais Pi (fosfato inorgânico) e energia. Esta atividade leva a uma deformação da cabeça e de parte do bastão da miosina, aumentando a curvatura da cabeça. Como a actina está associada à miosina, o movimento da cabeça da miosina empurra o filamento da actina, promovendo o seu deslizamento sobre a miosina. À medida que as cabeças da miosina movimentam a actina, novos locais para a formação das pontes actina-miosina aparecem, promovendo assim o encurtamento do sarcômero.

A contração muscular depende da disponibilidade de Ca^{++} e o relaxamento muscular, por sua vez depende da ausência deste íon (ver figura 4). O retículo sarcoplasmático regula o fluxo de íons de Ca^{++} , necessário para a realização rápida dos ciclos de contração e de relaxamento. O retículo sarcoplasmático consiste em uma rede de cisternas do REL, que envolve grupos de miofilamentos, separando-os em feixes cilíndricos. Quando a membrana da fibra muscular é despolarizada, o retículo sarcoplasmático libera íons Ca^{++} passivamente, que atingem os filamentos finos e grossos. O transporte de Ca^{++} para dentro das cisternas do retículo

sarcoplasmático é realizado por processo ativo, o que interrompe a atividade contrátil.

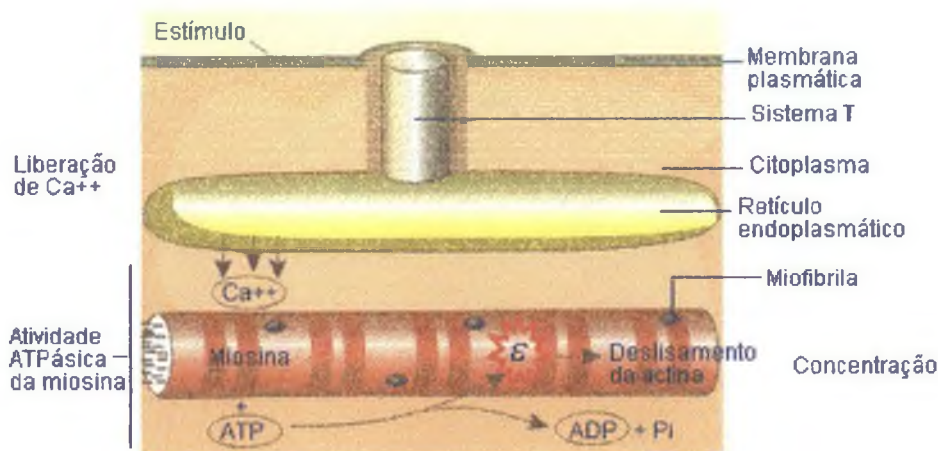


Figura 4: Processo químico da contração muscular.

Fonte: <http://www.10emtudo.com.br/demo/biologia/index_3.html> - 04/12/2002

FORMAS DE CONTRAÇÃO MUSCULAR

Existem diferentes classificações quanto às possibilidades de contração muscular. MCARDLE et. al. (1998:404), classifica-as de acordo com as mudanças no comprimento do músculo durante a estimulação e ativação ao longo do eixo longitudinal das células musculares. Quando ocorre movimento na estrutura esquelética, considera-se uma contração dinâmica. Do contrário, quando não ocorre alteração no comprimento muscular, diz-se uma contração estática. As formas de contração dinâmicas podem ser subdivididas, segundo o autor, em:

- **CONTRAÇÃO CONCÊNTRICA:** O músculo se encurta com movimento articular. (Força > resistência)
- **CONTRAÇÃO EXCÊNTRICA:** Devido a um excesso de sobrecarga externa, a musculatura torna-se mais longa (as fibras musculares se alongam) durante o movimento articular sobre tensão. (Força < resistência)
- **CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA:** Não ocorre alongamento nem encurtamento muscular. Pode ocorrer considerável dispêndio de força, mas sem ocorrer movimento articular. (Força = resistência)

Segundo BADILLO e AYESTARÁN, 2001, complementam ainda esta classificação:

- Força isométrica máxima, que pode ser considerada com sendo a expressão mais próxima da capacidade de contração máxima de um indivíduo.
- Força excêntrica máxima, dependendo da velocidade com que se produz o alongamento ou a contração excêntrica.
- Força dinâmica máxima é a manifestação máxima de força quando executado um movimento uma única vez. Esta força é medida no ângulo em que a velocidade do movimento é a menor, devido ao momento das alavancas ósseas.

Já ZATSIORSKI (1999), utiliza os termos miométrico, pliométrico e estático para definir contrações concêntricas, excêntricas e isométricas respectivamente.

2.4 FATORES QUE INTERFEREM NA MANIFESTAÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DA FORÇA MUSCULAR MÁXIMA

Dentre os inúmeros aspectos relacionados ao desenvolvimento da força muscular máxima, AYESTARAN e BADILLO (2001), propõem os seguintes:

Composição do músculo:

- Área muscular: número e espessura de fibras
- Tipos de fibras: proporção de fibras rápidas e lentas

Utilização das unidades motoras

- Recrutamento
- Frequência do impulso nervoso
- Sincronização
- Coordenação Intermuscular

Fatores que contribuem para a contração

- Reflexo de alongamento (reflexo miotático)
- Elasticidade muscular
- Redução da atividade de células inibidoras (órgão tendinoso de Golgi)

Fatores mecânicos

- Número de pontes cruzadas ativas, conforme o estado de alongamento do músculo com relação à sua longitude de repouso.

Atualmente a literatura propõe que dentre os aspectos influenciadores no ganho de força, os fatores anatômicos e fisiológicos podem ser classificados como os mais importantes em termos hierárquicos, sendo estes treináveis. Alguns destes

fatores podem ser modificados com melhorias nos hábitos de vida ou com treinamento, enquanto outros parecem ser resistentes ao treinamento, sendo pré-determinados geneticamente.

2.5 ASPECTOS FISIOLÓGICOS

Sistema Nervoso Central (SNC) – O SNC divide-se em cérebro e medula espinhal. O cérebro é responsável por processar, coordenar e responder aos estímulos internos e externos do corpo, ocasionando respostas motoras (voluntárias ou involuntárias) ou não. A medula espinhal é o nível mais baixo na hierarquia do SNC, juntamente com o tronco cerebral, sendo o local onde se situam os motoneurônios, tendo como principais funções, segundo AYESTARAN e BADILLO (2001), integrar ordens advindas dos centros superiores com as advindas dos músculos, transmitir as informações advindas dos músculos para os centros superiores e modular a atividade dos motoneurônios.

O SNC é de fundamental importância no desenvolvimento da força muscular máxima, sendo considerado hierarquicamente o mais importante fator. Organiza as influências excitatórias sobre os neurônios motores e regulam a ordem de envolvimento dos músculos no trabalho e sua coordenação. Pode ser considerado o principal fator responsável pelo incremento da força máxima, sendo responsável pelas tarefas de coordenação da atividade dos grupos musculares envolvidos com a atividade, denominada coordenação intermuscular, e regulação da frequência do impulso nervoso, do grau de sincronização das influências excitantes sobre os neurônios motores e da quantidade de unidades motoras recrutadas, em conjunto chamada de coordenação intramuscular.

☛ Coordenação intramuscular (Sincronização de Unidades Motoras)

Alguns estudos apontam que o treinamento de força pode promover melhorias na capacidade de recrutamento de unidades motoras de um músculo, o que poderia maximizar a capacidade do mesmo em produzir força máxima. A hipertrofia muscular influi de maneira indireta no desenvolvimento da força muscular máxima, pois o aproveitamento deste potencial dependerá da atividade neuromuscular (AYESTARAN e BADILLO, 2001). O objetivo do treinamento dos mecanismos neuromusculares consiste em melhorar processos para facilitar a

produção da força muscular máxima, como o recrutamento de unidades motoras, o nível de frequência de ativação, a sincronização muscular e a ativação reflexa dos músculos, bem como reduzir os mecanismos inibitórios da tensão muscular.

Segundo SAMUEL e STUART (2000), a força-frequência de ativação neuromuscular está relacionada com o estado de fadiga muscular, com o comprimento muscular e com a história de ativação muscular.

Coordenação intermuscular

Representa a capacidade de um indivíduo em realizar um movimento utilizando somente os músculos necessários para este, minimizando ou eliminando a ação de músculos antagonistas. Segundo AYESTARAN e BADILLO (2001), a melhor maneira de se avaliar a coordenação intermuscular seria com registros eletromiográficos (IEMG) de diferentes músculos (agonistas e antagonistas) envolvidos em determinados movimentos. A melhoria na coordenação muscular está intimamente relacionada à especificidade do treinamento e ocorre ao ajustarmos os exercícios do treinamento aos exercícios da competição, como o tipo de contração, a posição e ângulo de trabalhos, a velocidade de execução do movimento, dentre outras variáveis.

A aprendizagem de movimentos, induzida por treinamentos, pode promover melhoras intermusculares e intramusculares.

Sistema Nervoso Periférico (SNP) – Determina o estado corrente e funcional dos músculos, bem como suas capacidades oxidativas, elásticas e de contração.

Energéticos – Asseguram o efeito mecânico dos músculos contraídos.

Hormonais – Regulam a necessidade de abastecimento energético efetivo da contração muscular e que ativam a síntese das estruturas protéicas e o desenvolvimento dos processos plásticos. É responsável pela correlação das fibras musculares rápidas e lentas, bem como do teor quantitativo dos substratos energéticos e sua acessibilidade para serem envolvidos nos processos metabólicos nos grupos musculares envolvidos no trabalho. As mudanças no valor e na velocidade do esforço são condicionadas pelas capacidades funcionais do aparelho de contração dos músculos esqueléticos, sendo determinadas pela duração do estado ativo muscular, ou seja, pela duração das mudanças químico-mecânicas no

aparelho de contração miofibrilar, resultado da excitação que nele surge e mantém a tração mecânica. Segundo FOSS e KETAYIAN (2000), fatores como o estado de treinamento, o estado psicológico, a hipoxia e a intensidade da carga de trabalho podem afetar os níveis sanguíneos de hormônios. Mas segundo os mesmos autores, muitos dos significados fisiológicos dessas alterações hormonais são desconhecidos. Alguns dos principais hormônios relacionados ao exercício físico, são o hormônio de crescimento (GH), hormônios tireoidianos e paratireoidianos, hormônio antidiurético (ADH) e aldosterona, insulina, glucagon, catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), hormônios sexuais (testosterona e estradiol), glicocorticóides (Cortisol), hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), prostaglandinas e endorfinas, dentre outros (FOSS e KETAYIAN, 2000).

MECANISMOS NEURAIS

Como já mencionado, dentre os fatores responsáveis pelo desenvolvimento da força muscular máxima, pode-se afirmar que os mecanismos neurais são os principais responsáveis por este processo. Segundo FLECK e KRAEMER (1999), estes fatores estão relacionados aos seguintes processos: impulso neural aumentado para o músculo, sincronização aumentada das unidades motoras, ativação aumentada do aparato contrátil e inibição dos mecanismos protetores do músculo (órgãos tendinosos de Golgi). Este último será abordado posteriormente.

UNIDADE MOTORA

O processo para o desenvolvimento da força máxima consiste em recrutar o número máximo de Unidades Motoras (U.M.) em uma velocidade de ativação alta o suficiente para produzir o maior nível de força, para que possam então ser solicitadas a maior quantidade de fibras musculares para um determinado movimento. Entende-se por U.M. "...um nervo motor (motoneurônio) e as fibras musculares inervadas por este." (AYESTARAN e BADILLO, 2001:73). As unidades motoras podem ser classificadas de acordo com a resistência à fadiga e a velocidade de contração. As unidades de contração rápida (fibras do tipo II) exibem uma resistência variável à fadiga e podem dessa forma ser classificadas em fibras rápidas-fatigáveis (fibras tipo IIb) e rápidas fadigo-resistentes (fibras tipo IIa). As fibras de contração lentas são fadigo-resistentes (fibras do tipo I) (FOSS e KETAYIAN, 2000) (Ver quadro 1).

VELOCIDADE DE CONTRAÇÃO		TIPO DE FIBRA	TEMPO DE CONTRAÇÃO CONTRAÇÃO ÚNICA (ms)
FIBRAS DE CONTRAÇÃO LENTA (ST)		TIPO I	90 – 140 ms
FIBRAS DE CONTRAÇÃO RÁPIDA (FT)	TIPO II	TIPO II c	40 – 90 ms
		TIPO II a	40 – 90 ms
		TIPO II b	40 – 90 ms

Quadro 1 - Representação esquemática das diversas Unidades Motoras (U.M.) relacionadas ao tempo de contração.

Quando o SNC ativa uma U.M., a intensidade do impulso nervoso responde à lei do tudo-ou-nada, ou seja, esta unidade motora é recrutada ou não. Quando ativada, a intensidade do impulso elétrico é sempre a mesma, bem como a força ou a tensão produzida nas fibras musculares por um impulso nervoso isolado de um motoneurônio é sempre a mesma. Mas o SNC pode enviar impulsos nervosos a uma unidade motora em diferentes frequências (número de impulsos nervosos por segundo). O aumento da frequência de impulsos nervosos é acompanhado de um aumento da força ou tensão muscular produzida pelas fibras musculares inervadas pelo nervo motor estimulado (AYESTARAN e BADILLO, 2001). Mas existe um limiar onde a tensão não aumenta mais, muito embora a frequência do estímulo continue aumentando. Observa-se que para frequências de impulso nervoso compreendidas entre 0 e 50 Hz (50 impulsos por segundo), pequenos aumentos de frequência de impulso nervoso são acompanhados de grandes aumentos de força. E acima das frequências de impulso nervoso de 50 Hz, não há mais aumento na produção de força. Segundo AYESTARAN e BADILLO (2001), a zona normal de frequência das unidades motoras é de 10 a 60 Hz. Mas estimulando-se o SNC a enviar impulsos nervosos acima de 50 Hz (exemplo 100 Hz), embora não ocorram aumentos de força, ocorre diminuição significativa no tempo para alcançar esta força máxima. Isto é importante para determinados gestos desportivos nos quais é necessário produzir uma determinada força no menor tempo possível (COMETTI, 1988, citado por AYESTARAN e BADILLO, 2001).

Outro fator importante a ser considerado é a ordem em que as U.M's são recrutadas. Como já mencionado, para que um músculo produza maior quantidade

de força máxima, é necessário que ele recrute o maior número possível de U.M's, e que suas respectivas freqüências de impulso nervoso sejam suficientemente elevadas para que produzam a tensão máxima. A ativação das U.M's é influenciada por um processo denominado de Princípio do Tamanho, ou seja, uma U.M. com força de contração baixa, tem um limiar de recrutamento baixo, sendo recrutada primeiro. Já as unidades motoras do tipo II têm uma força de contração alta, sendo então recrutadas somente com altos níveis de força, como é o caso da força máxima (FLECK e KRAEMER, 1999).

Segundo AYESTARAN E BADILLO (2001), quando se realizam contrações isométricas submáximas de intensidade progressivamente crescente e de velocidade de contração submáxima, o recrutamento das U.M's realiza-se seguindo o "princípio do tamanho", ou seja, para produzir uma força submáxima de intensidade baixa são recrutadas, em primeiro lugar, as unidades motoras compostas por motoneurônios de pequeno diâmetro, enquanto na medida em que aumenta a força vão sendo recrutadas também fibras nervosas motoras que inervam as fibras IIA, rápidas-resistentes à fadiga, e por último, em intensidades próximas da força isométrica máxima, são ativados os motoneurônios de tamanho maior, que inervam as fibras IIB, rápidas não resistentes à fadiga. Além disso, cada U.M. é ativada com uma freqüência de impulso nervoso que vai aumentando com o aumento da força que o músculo tem que produzir.

Mas esta ordem de recrutamento pode seguir outro caminho, sendo possível inibir as U.M. de limiar mais baixo (tipo I), ativando diretamente as de limiar mais alto (tipo II) (FLECK e KRAEMER, 1999). Conforme afirma PLOUTZ et al. (1994), citado por FLECK e KRAEMER (1999:130), "as diferenças na ativação neural dos programas de treinamento de força variada podem produzir distintos tipos de adaptações, tal como aumentos em força com pouca mudança no tamanho do músculo".

Existe ainda um determinado tempo para se alcançar o limiar máximo de aplicação da força, que pode variar entre indivíduos e em diferentes tipos de movimentos. Segundo ZATSIORSKY (1999), quando mensurado isometricamente, o pico de força máxima (T_m) ocorre por volta de 0,3 a 0,4 segundos. No entanto, este autor afirma que o incremento final de força é muito pequeno ($< 2 - 3\%$ da força

máxima), e a produção de força começa a variar, impedindo uma determinação mais precisa do tempo para se atingir o pico de força. Mas se considerarmos alguns exemplos de movimentos não isométricos, percebe-se que o tempo do movimento é menor do que T_m em vários exemplos (ver quadro2). Segundo ZATSIORSKY (1999), isto ocorre devido à curta duração destes movimentos, nos quais a F_m (força máxima) não pode ser atingida. Outro fator ainda a ser considerado é a velocidade de execução do movimento. Pois, na medida em que a resistência externa (carga) aumenta, a velocidade do movimento diminui.

MOVIMENTO	TEMPO (segundos)
Impulsão	
- Velocidade	0,08 – 0,10
- Salto em distância	0,11 – 0,12
- Salto em altura	0,18
Liberção	
- Dardo	0,16 – 0,18
- Peso	0,15 – 0,18
Impulsão com Mãos	
- Salto sobre o cavalo	0,18 – 0,21

QUADRO 2: Relação tempo para o desenvolvimento da força máxima X tempo tipicamente utilizado por atletas para realizar os movimentos.

FONTE: ZATSIORSKY (1999:60).

Contudo a força máxima é alcançada em velocidades pequenas, devido à grande resistência externa. Mas segundo ZATSIORSKY (1999), não há correlação entre força máxima e velocidade máxima, pois a habilidade de produzir força muscular máxima é diferente da habilidade de produzir velocidade máxima nos movimentos.

A direção do movimento é ainda outra variável a ser entendida, que interfere no desenvolvimento da força máxima. A direção do movimento está relacionada com o trabalho excêntrico e o ciclo de alongamento-encurtamento muscular. Na fase de execução de um dado movimento, a força imposta sob condições de alongamento muscular (ação muscular excêntrica ou pliométrica) pode facilmente exceder a força isométrica máxima de um atleta, e este valor pode chegar, segundo ZATSIORSKY (1999), em mais do que 50% - 100%. O mesmo é válido para músculos isolados,

onde a força excêntrica pode atingir níveis superiores a 2 vezes se considerada a velocidade zero (isométrica) de força. Se a mesma força externa for exercida concêntrica e excentricamente, menos fibras musculares serão ativadas enquanto o músculo se alonga. O nível de atividade elétrica dos músculos (EMG) é mais baixo em exercícios com ações musculares concêntricas.

O ciclo de alongamento e encurtamento (ou ação muscular reversível) é um fator comum em habilidades esportivas. Este ciclo pode ser considerado um fator que aumenta a produção de força e potência e diminui o gasto energético do músculo. Este aumento da força ocorre no momento da transição do alongamento muscular para o encurtamento muscular, sendo a força desenvolvida isometricamente (ZATSIORSKY, 1999). Já que a força inicia-se na fase excêntrica, o tempo disponível para o seu desenvolvimento é maior. Outros fatores como elasticidade dos tendões (fator periférico) e músculos e ações reflexas (fator central) podem influenciar no resultado dos movimentos de ação muscular reversível.

ELASTICIDADE DOS TENDÕES E MÚSCULOS

Se um tendão ou um músculo ativo é alongado, a energia é armazenada dentro destas estruturas biológicas. Esta energia acumulada é então utilizada na fase concêntrica do ciclo de alongamento-encurtamento muscular. Segundo ZATSIORSKY (1999), a deformação muscular é uma função da rigidez (*stiffness*) dos músculos ou tendões. Sendo esta constante nos tendões, mas variável nos músculos e dependente de forças exercidas. Um músculo relaxado cede ao alongamento facilmente, diferentemente de um músculo rígido, pois quanto maior a tensão muscular, maior a rigidez. Em atletas de alto nível, a rigidez muscular é superior à rigidez dos tendões, motivo pelo qual a energia elástica é comumente armazenada nestes últimos (ZATSIORSKY, 1999).

MECANISMOS NEURAIS INIBITÓRIOS OU INIBIÇÃO AUTOGÊNICA

O SNC é capaz de limitar a força através de mecanismos inibitórios, que agem com o objetivo de proteger o organismo de possíveis lesões provenientes de esforços muito intensos. Estes processos reflexos de facilitação ou inibição nervosa podem ser modificados para otimizar o desenvolvimento da força muscular máxima (TOUS, 1999). Durante um movimento muscular máximo excêntrico, os músculos são forçadamente alongados e a tensão aumenta agudamente. Estas mudanças são

controladas basicamente por dois mecanismos reflexos motores: reflexo miotático ou de alongamento e o reflexo tendinoso de Golgi. Estes reflexos têm como principal função operar como mecanismos de retroalimentação (feedback) para manter o músculo próximo ao seu comprimento inicial e prevenir tensões exageradas, evitando assim possíveis lesões musculares. Os receptores do reflexo miotático (fusos musculares) estão dispostos paralelamente às fibras musculares. Quando o músculo é alongado, por força externa, os fusos musculares estão sujeitos ao alongamento. Este induz a um aumento da descarga no fuso muscular, que gera um aumento da descarga de alfa-motoneurônios e assim uma contração reflexa do músculo alongado, o que faz com que o músculo retorne ao seu comprimento inicial (ZATSIORSKI, 1999).

Já os órgãos tendinosos de Golgi estão dispostos em série, juntos às fibras musculares. Caso a tensão muscular aumente acima de limiares seguros, o reflexo tendinoso provoca inibição da ação muscular, que gera uma queda na tensão do músculo, evitando possíveis lesões musculares e/ou tendinosas.

Muitos autores afirmam que o treinamento para atingir níveis superiores de força máxima deve também considerar a influência destes aspectos neurais, treinando o corpo para prolongar os limiares de inibição destes processos autogênicos. Estes mecanismos parecem agir em maior intensidade no desenvolvimento da força máxima em baixas velocidades de movimento (FLECK e KRAEMER, 1999). Mas com o treinamento, esta inibição neural pode ser reduzida. Em um estudo envolvendo 15 indivíduos do sexo masculino (23,5+/- 3,4 anos de idade) destreinados, submetidos a um treinamento com sobrecarga progressiva, com 14 semanas de duração, sendo avaliado quadríceps femoral (vasto lateral, vasto medial e reto femoral) através de eletromiografia, percebeu-se que a inibição neural reduziu consideravelmente nos vastos lateral e medial, e foi removida no reto femoral (AAGAARD, P; SIMONSEN, E.B; ANDERSEN, J.L; MAGNUSSON, S.P; HALKJÆR-KRISTENSEN J; e DYHRE-POULSEN P, 2000).

Uma das soluções propostas por FLECK e KRAEMER (1999), é a pré-ativação da musculatura antagonista no movimento. Isto pode inibir parcialmente os mecanismos neurais de autoproteção, permitindo assim uma ação mais forte. Mas sabe-se que a intensidade real gerada em um esforço máximo depende da

combinação dos efeitos reflexos positivo, reflexo miotático (excitatório), e negativo, reflexo tendinoso de Golgi (inibitório), aliados a uma ativação voluntária máxima (ZATSIORSKY, 1999).

TRANSFORMAÇÃO DE FIBRA MUSCULAR

Durante o treinamento, alguns tipos de fibras musculares podem sofrer um processo de diferenciação, passando a assumir características diferentes de contração, dependentes do tipo de treinamento realizado. Segundo FLECK e KRAEMER (1999:127) "...tão logo a fibra muscular tipo IIB é estimulada, começa um processo de transformação em direção ao perfil tipo IIA pela mudança na qualidade das proteínas e pela expressão de diferentes quantidades e combinações de tipos de miosina ATPase." A qualidade das proteínas refere-se ao tipo de proteína encontrada no mecanismo contrátil. No início do treinamento de força, ocorrem primeiramente mudanças qualitativas nos músculos (por exemplo, mudanças nos tipos de proteínas musculares como nas cadeias de miosina pesada), posteriormente a quantidade de proteínas contráteis começa a aumentar na medida em que aumentam as áreas de secção transversa das fibras musculares (FLECK e KRAEMER, 1999).

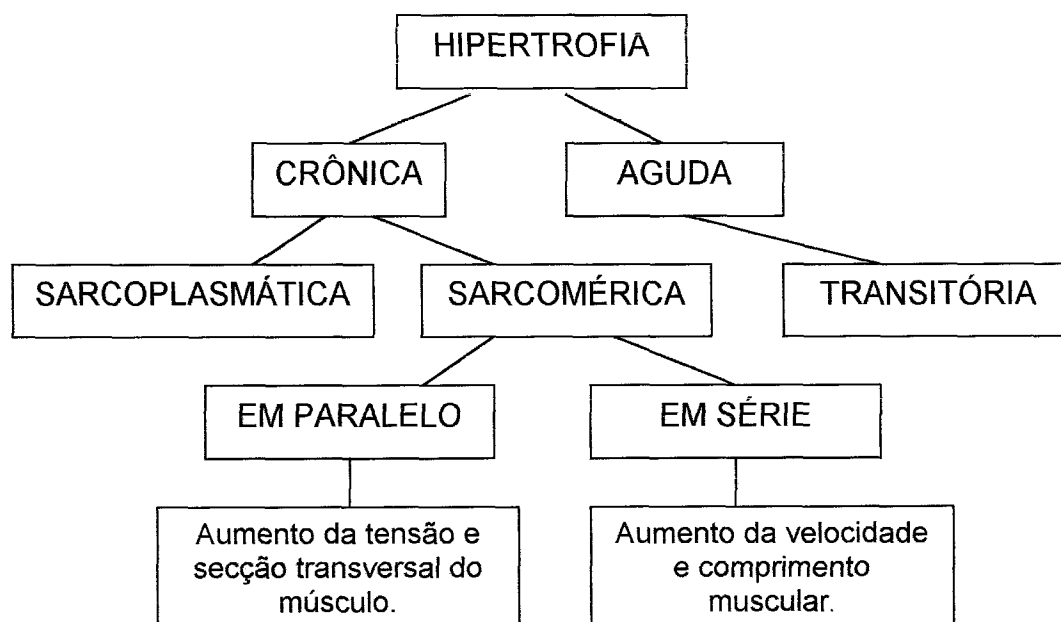
Não se sabe em que proporção a transformação da fibra muscular contribui para o desenvolvimento da força muscular. Diversas variáveis podem estar associadas como fatores neurais e endócrinos.

HIPERTROFIA MUSCULAR:

A capacidade de um músculo em produzir força muscular máxima depende não só de fatores neurais, mas também de sua secção transversa, do número de fibras musculares e das pontes cruzadas disponíveis. Ou seja, a hipertrofia muscular é outro fator que influencia significativamente no ganho da força muscular máxima, que é consequência de um treinamento específico através de sobrecargas musculares. Segundo MCARDLE et. al. (1998:420), "um aumento na tensão muscular (força) é a exigência primária para dar início ao crescimento do músculo esquelético, ou hipertrofia". A hipertrofia muscular pode ser dividida, segundo TOUS (1999), em:

- Hipertrofia Sarcoplasmática: que consiste no aumento do volume das proteínas contráteis e do sarcoplasma. Este tipo de hipertrofia não reflete em acréscimos na força muscular máxima.

- Hipertrofia Sarcomérica ou Miofibrilar: que significa o aumento do tamanho e do número de sarcômeros (unidade básica e fundamental das miofibrilas), e aumento do número de filamentos de actina e miosinas disponíveis. Devido ao aumento da densidade destes filamentos, ocorre um aumento da força máxima, podendo então ser chamada de hipertrofia funcional ou útil. O aumento do número de sarcômeros pode ocorrer basicamente de duas maneiras: em paralelo (transversalmente) e em série (longitudinalmente) (Ver organograma 1).



Organograma 1: Resumo dos diferentes tipos de hipertrofia. Adaptado de TOUS (1999:40).

Durante o processo de síntese protéica, ocorre um aumento no diâmetro médio da fibra muscular e um aumento do número de núcleos presentes dentro das células, devido a um aumento na síntese de DNA e a uma proliferação das pequenas células satélites mononucleadas, localizadas debaixo da membrana basal adjacente às fibras musculares (MCARDLE, 1998). Contudo um aumento no músculo em atletas treinados em força pode ser atribuído basicamente "...à hipertrofia das fibras musculares já existentes, sendo este aumento atribuído, a um aumento no tamanho e no número dos filamentos de actina e miosina e à adição de

sarcômeros dentro das fibras musculares existentes (FLECK e KRAEMER, 1999:126).

Mas o aumento no tamanho do músculo, decorrente de maior síntese protéica não é fator primário para o aumento da força muscular máxima, pois nestes aspectos neurais são os agentes influenciadores primários. Estudos longitudinais comprovam que os efeitos do treinamento de força em algumas semanas em uma população determinada causam aumentos da força muscular que não correspondem aos ganhos de massa muscular. Ou seja, existem outros fatores que interferem neste mecanismo, sendo os fatores neurais atualmente considerados os principais responsáveis por estes acréscimos na força muscular máxima.

Admite-se que a hipertrofia muscular provoca uma ativação precipitada dos órgãos tendinosos de Golgi e a conseqüente inibição da tensão muscular, ocorrendo então uma redução do nível de força muscular (EHLENZ e cols., 1990, citados por AYESTARAN e BADILLO, 2001). Mas um treinamento adequado, combinado com exercícios de alongamento e utilização de cargas altas e com maior velocidade pode auxiliar o sistema nervoso a evitar a inibição precoce (AYESTARAN e BADILLO, 2001).

A hipertrofia muscular influi de maneira indireta no desenvolvimento da força muscular máxima, pois o aproveitamento deste potencial dependerá da atividade neuromuscular.

AUMENTO DA VASCULARIZAÇÃO.

Com o treinamento de força máxima, ocorre pouco aumento na vascularização muscular. Segundo AYESTARAN e BADILLO (2001), as características da densidade capilar dos halterofilistas, que costumam treinar com cargas de intensidade submáxima (80% a 100% de 1RM) e com poucas repetições, são similares à de sedentários. O autor cita um estudo de TESCH (1984), no qual observou-se que halterofilistas de elite possuíam o mesmo número de capilares por fibra muscular do que indivíduos sedentários. Pode-se concluir então que o treinamento de halterofilismo (força submáxima à máxima) não aumenta significativamente a densidade capilar (número de capilares por mm² de superfície muscular).

HIPERPLASIA MUSCULAR.

Este processo está relacionado ao aumento do número de fibras musculares presentes no músculo. Esta teoria ainda é muito questionada no meio científico, visto que ela somente foi comprovada em estudos com animais de laboratório, não havendo nada comprovado em seres humanos. Segundo FLECK e KRAEMER (1999), a hiperplasia em seres humanos, seguindo-se a um treinamento de força, não foi diretamente comprovada devido às dificuldades metodológica encontradas para tal comprovação, pois o uso de biópsias em seres humanos vivos é limitado. Dentre as principais teorias, existe a das células satélites. Esta teoria afirma que existem células localizadas entre a camada basal e a membrana plasmática, denominadas de células satélites. A hipótese sustentada é a de que sobre um estresse elevado, uma doença neuromuscular, ou uma lesão muscular, estas células satélites, até então inativas, transformariam-se em novas fibras musculares (MCARDLE et. al., 1998).

Existe ainda a teoria da divisão longitudinal, à qual sustenta a hipótese de que uma fibra muscular hipertrofiada e relativamente volumosa poderia dividir-se em duas ou mais células filhas individuais e menores, através de um processo de germinação lateral. Mas esta teoria foi comprovada basicamente em animais (MCARDLE et. al., 1998).

É impossível dizer o quanto do aumento de força é devido à aprendizagem motora (fatores neurais) ou às mudanças morfológicas (fatores hipertróficos). Entretanto DEVRIES e MORITANI (1979), propõe a utilização do instrumento de eletromiografia como uma metodologia possível para separar o nível de contribuição dos fatores neurais e miogênicos, no aumento da força motora máxima. E ainda, segundo TOUS (1999), mesmo que ocorresse hiperplasia em seres humanos, sua contribuição para o aumento da força seria menor do que a hipertrofia das miofibrilas.

2.6 ASPECTOS MECÂNICOS

POSTURA E CURVAS DE FORÇA

O desenvolvimento da força máxima em determinado movimento depende também de uma correta posição do corpo (ângulos articulares), que promoverá

adequadas alavancas ósseas para o movimento. O músculo pode gerar aproximadamente 16 a 30 Newtons (N) de força por centímetro quadrado de corte transversal do músculo, independentemente do sexo do indivíduo. Mas esta capacidade varia de acordo com o arranjo das alavancas e com a arquitetura muscular (MCARDLE et. al., 1998:399).

Segundo ZATSIORSKY (1999:82) “os principais fatores que determinam estas relações são as mudanças no comprimento muscular e no braço de força muscular”. O comprimento muscular pode variar de acordo com a postura assumida pelo indivíduo, sendo a tensão produzida pelo músculo dependente do comprimento muscular no momento da mensuração. Entende-se tensão como sendo a capacidade das pontes cruzadas de actina e miosina para produzir força (AYESTARAN e BADILLO, 2001).

Segundo ZATSIORSKY (1999), a força muscular varia com as alterações no comprimento muscular por duas razões: a área de sobreposição dos filamentos de actina e miosina é alterada, sendo o número de ligações e pontes cruzadas modificada; e a contribuição das forças elásticas, em especial componentes elásticos paralelos, é modificada devido à interação destes dois fatores, a relação entre comprimento muscular instantâneo e produção de força é complexa, o que varia também nos diferentes grupos musculares. GUYTON e HALL (1998), afirmam que estando o sarcômero com comprimento de aproximadamente 2 μm , os filamentos de miosina estão apenas começando a se sobrepor, sendo este o momento capaz de gerar maior força máxima de contração. BOMPA e CORNACCHIA (2000:14), afirmam que “a capacidade do músculo diminuir tanto se o comprimento do músculo diminuir demais quanto se aumentar demais em relação ao comprimento de repouso”. Estes autores confirmam que a maior produção de força seria então produzida quando a contração muscular iniciar em um ângulo articular de aproximadamente 110°/120° (comprimento de repouso).

BRAÇO DE FORÇA MUSCULAR

Está relacionado com o momento da força muscular. Com o intuito de estimar o momento de um músculo em um dado ângulo articular, deve-se considerar a relação de ângulo articular e força para qualquer movimento monoarticular. Nos casos de músculos biarticulares, a força muscular registrada na articulação, em um

dado ângulo, depende da posição ou do movimento da articulação adjacente (ex. na posição sentada, o reto femoral é encurtado e desenvolve-se então uma menor força de extensão do joelho do que quando o quadril está ereto) (ZATSIORSKY, 1999). O autor ainda cita que “ ... a força máxima é desenvolvida nas posições mais fracas do corpo (denominadas de princípio de contração de pico).” , e que a força mais próxima da máxima é conseguida utilizando-se todo o ângulo articular.

Portanto, pequenas modificações na postura do movimento podem acarretar em ganhos ou perdas de força muscular máxima para determinados movimentos

2.7 ASPECTOS ENDÓCRINOS

No organismo do ser humano, o sistema endócrino é de fundamental importância para manter o meio celular e homeostase, tanto no repouso quanto durante o exercício. Adaptações crônicas ao treinamento dependem também deste sistema. Ao receber um estímulo (sobrecarga), ocorre a liberação de um hormônio na corrente sanguínea, que atua como um mensageiro, dirigindo-se para uma célula-alvo, onde realiza sua função. Hormônios são substâncias químicas que são secretadas para dentro dos líquidos corporais, por uma glândula endócrina e que exercem efeitos específicos sobre as atividades de outras células, tecidos e/ou órgãos (FOSS & KETEYIAN, 2000). Os hormônios podem agir de maneira *autócrina*, sendo liberados dentro de uma célula para interagir com a mesma, e de maneira *parácrina*, sendo liberados de uma célula para interagir com outra célula sem entrar no sistema circulatório (FLECK e KRAEMER, 1999).

O sistema neuroendócrino é um dos sistemas fisiológicos mais importantes relacionados ao treinamento de força, no que diz respeito à recuperação do organismo. Hormônios anabolizantes (testosterona, insulina, hormônio do crescimento ou GH, e outros) atuam no crescimento, desenvolvimento e recuperação dos tecidos musculares. Segundo FLECK e KRAEMER (1999), as respostas hormonais referentes ao treinamento de força dependem basicamente da duração e intensidade dos estímulos, sendo que alguns fatores determinam as concentrações de hormônios anabolizantes, como a quantidade de massa muscular recrutada, a intensidade da sessão de treinamento, a quantidade de descanso entre as séries de exercício, o volume total de trabalho e o nível de treinamento do indivíduo.

A função endócrina depende também dos hábitos nutricionais do indivíduo, do estado de treinamento, do nível de estresse individual, do tempo de sono, de doenças e outros fatores que afetam os processos de recuperação do organismo.

Neste contexto, alguns hormônios podem acelerar ou diminuir os processos celulares no organismo, mas não desencadeiam novos processos, podendo muitas vezes ativar enzimas, alterar a permeabilidade de membranas, causar contração ou relaxamento celular, estimular a síntese protéica e causar secreção celular. (FOSS e KETAYIAN, 2000). Estes hormônios atuam sobre todo o organismo, ou de maneira específica em células-alvo, graças à presença de um receptor hormonal presente dentro da membrana celular do órgão-alvo. No caso de hormônios que atuam de maneira generalizada, acredita-se que estes possuam também receptores específicos espalhados por todo o organismo (FOSS e KETAYIAN, 2000).

Mecanismo de Ação Hormonal

Como visto anteriormente, algumas das adaptações ao treinamento de força muscular máxima são a hipertrofia muscular e as adaptações do sistema nervoso. O sistema hormonal é de fundamental importância para produzir estas adaptações a este tipo de treinamento, devido às ações de hormônios anabolizantes, que passam a ser secretados em maior quantidade na corrente sanguínea durante estímulos específicos (AYESTARAN e BADILLO, 2001). Diversos estudos comprovam que um equilíbrio hormonal anabólico seria benéfico para o desenvolvimento da força muscular, enquanto um equilíbrio hormonal catabólico (ex. aumento da concentração de cortisol no sangue) pode ser prejudicial ao desenvolvimento desta capacidade. Em um estudo envolvendo 11 homens de meia idade (M46, 46 \pm 2 anos de idade) e 11 homens de idade mais avançada (M64, 64 \pm 2 anos de idade), que praticavam atividades físicas recreativas, foram avaliados os níveis séricos de testosterona (T), testosterona livre (FT) e cortisol, após 16 semanas de treinamento de força máxima em braços e pernas, mostrou que os níveis séricos de FT diminuíram em M64 e aumentaram em M46 ($P < 0,05$). O estudo ainda relata que o nível baixo de hormônios anabolizantes (testosterona), é um fator limitante para o desenvolvimento da força muscular em homens de idade média e avançada durante treinamentos prolongados (IZQUIERDO, M; HÄKKINEN, K; IBAÑEZ, J; GARRUES, M; ANTÓN, A; ZÚNIGA, A; LARRIÓN, J. L; e GOROSTIAGA, E. M, 2001).

Pode se concluir então que um equilíbrio hormonal anabólico, ou seja, uma taxa de testosterona superior a de cortisol pós-treinamento pode ser um indicativo de que o processo de recuperação muscular está sendo positivo, o que pode promover melhorias hipertróficas e neurais nos músculos.

Existem vários mecanismos de ação hormonal, sendo o mais comum mecanismo AMP (adenosinamonofosfato) cíclico. Neste processo ocorre primeiramente uma interação do hormônio com receptor específico (localizado na membrana celular), ocasionando uma ativação da enzima *adenil ciclase*, que induz a formação do AMP cíclico a partir do ATP que está localizado no citoplasma intracelular (FOSS e KETAYIAN, 2000). Após a formação do AMP cíclico podem ocorrer algumas das respostas já mencionadas, que dependem do tipo da própria célula.

Outros hormônios, que não o AMP cíclico, podem também mediar respostas intracelulares, como as prostaglandinas, a guanosina monofosfato cíclico e outras. Além disto, o mecanismo de mediação pode ocorrer não só de forma intracelular, mas também agindo diretamente nas membranas celulares (FOSS e KETAYIAN, 2000).

2.8 ASPECTOS PSICOLÓGICOS

Alguns autores sugerem que os fatores psicológicos são de fundamental importância no controle do SNC para o desenvolvimento da força muscular máxima. KATCH & McARDLE (1990), afirmam que fatores psicológicos e de aprendizado podem determinar ou modificar padrões de força muscular. Eles presumiram que fatores psicológicos ou mentais dentro do sistema nervoso central exercem influências neurais que possibilitam à maioria das pessoas alcançar essa capacidade máxima de força. Dentre estes fatores existem estampidos (barulhos ou explosões sucessivas), gritar alto antes do esforço, drogas desinibidoras, álcool, anfetaminas, hipnose (o mais influente) e etc.

Com relação à hipnose, FLECK e KRAEMER (1999), afirmam que esta pode remover parcialmente os efeitos inibitórios do SNC (diminuir a inibição autogênica) durante o recrutamento de unidades motoras.

2.9 PATOLOGIAS

Os exercícios físicos extenuantes e não habituais, dentre os quais os que requerem esforços máximos, induzem alterações fisiológicas, estruturais e ultra-estruturais musculares esqueléticas, sendo que este quadro pode evoluir para o *overtraining*, neuropatias, fisiopatias, anatomopatias dentre outras, podendo interferir no desenvolvimento da força muscular máxima. Dentre as miopatias mais comuns, pode-se citar a então denominada *miopatia do exercício (Mex)*, devido ao seu caráter necrótico, catabólico e inflamatório, que muitas vezes assemelha-se a patologias musculares encontradas em doentes com patologias musculares mais graves. Dentre as alterações decorrentes desta, pode-se citar as irregularidades dos padrões estriados da musculatura, a vacuolização sarcoplasmática, às áreas de necrose segmentar, à presença de núcleos centrais, à ativação das células satélite e fibroblastos, ao edema intracelular e à reação inflamatória muscular com infiltração de fagócitos. Na origem destes fatores, podem estar relacionados fatores de natureza metabólica e mecânica, sendo a participação de cada um determinada pelo tipo de exercício realizado. A Mex pode levar a uma diminuição da força máxima voluntária e involuntária não atribuível à fadiga. Dentre os sinais e sintomas decorridos desta anatomopatologia, pode-se citar a sensação retardada de desconforto muscular e a captação aumentada de produtos radioativos pelos músculos lesados (DUARTE, J.A, MOTA, M.P, NEUPARTH, M.J, APPELL, H.J, SOARES, J.M.C, 2001).

Muitas alterações funcionais e morfológicas musculares de origem endócrina, metabólica ou medicamentosa são também designadas por miopatias, apesar de transitórias e reversíveis. Mas a Mex não é uma doença muscular generalizada, pois se restringe apenas a um pequeno grupo de músculos, dependente do exercício realizado. Mas a intensidade das lesões, bem como a percentagem de fibras atingidas pelas anomalias histológicas, dependem de fatores como: a intensidade e duração do esforço, o tipo de fibra muscular analisada, o tempo que medeia entre a finalização do exercício e a retirada da amostra para estudo, o tipo de contração predominante realizada, o modelo experimental e o estado de inervação do músculo em estudo.

Deve-se então estar atento ao volume, intensidade e duração de treinamentos de alta intensidade (força muscular máxima), pois caso contrário, as estruturas músculo-ligamentares e tendinosas podem sofrer microlesões exageradas, podendo estas evoluir a ponto de desenvolver miopatias agudas e/ou crônicas mais severas.

4. METODOLOGIA

O estudo foi realizado através de revisão bibliográfica, onde foram pesquisadas obras dos acervos da biblioteca do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná, e Pontifícia Universidade Católica do Paraná, além de livros adquiridos particularmente e artigos de sites com publicação científica especializada, utilizados no meio acadêmico e profissional.

A pesquisa consistiu em métodos dedutivos, pois toda a informação ou conteúdo factual da conclusão já estava, pelo menos implicitamente nas premissas (LAKATOS e MARCONI, 1991).

4. CONCLUSÃO

Atualmente, na busca por uma melhor qualidade de vida, pessoas procuram a atividade física como fonte de saúde, objetivando a manutenção de uma vida saudável e maior longevidade. Diante destes aspectos, objetivando aptidão física, a capacidade física força muscular vigora com uma variável importante para a melhoria desta aptidão. Pode-se afirmar que existe grande quantidade de informações sobre as variáveis que interferem no processo de ganho da força muscular máxima, o que levou a profissionais da Educação Física proporem diferentes metodologias para o treinamento e desenvolvimento desta capacidade física. Inúmeras são estas variáveis, mas os aspectos neurais, atualmente são, hierarquicamente, considerados os principais responsáveis pelo desenvolvimento desta capacidade física (BADILLO e AYESTARÁN, 2001). Cabe então ao profissional de Educação Física interpretar e adaptar adequadamente todas as variáveis inerentes ao desenvolvimento da força muscular máxima, sendo algumas delas não abordadas neste trabalho, como fatores psicológicos, metabólicos, biomecânicos, dentre outros. Mas todos aspectos importantes e necessárias à preparação e prescrição de um treinamento físico adequado e eficaz, objetivando o desenvolvimento da força muscular máxima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, G.R; HATHER, B.M; BAIDWIN, K.M. e DUDLEY, G.A. **Skeletal muscle myosin heavy chain composition and resistance training.** J. Appl. Physiology. 74(2): 911-915, 1993.
- AAGAARD, P; SIMONSEN, E.B; ANDERSEN, J.L; MAGNUSSON, S.P; HALKJÆR-KRISTENSEN J; e DYHRE-POULSEN P. **Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training.** J Appl. Physiology. 89: 2249 - 2257, 2000.
- AYESTARÁRAN, E. G. E; BADILLO, J. J. G. **Fundamentos do treinamento de força – aplicação ao alto rendimento esportivo.** 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- BOMPA, T.O; CORNACCHIA, L.J. **Treinamento de força consciente.** 1ª edição. São Paulo: Phorte, 2000.
- DAMIANI, D. **Manual de Fisiologia 2002.** Disponível em: <<http://www.infomed.hpg.ig.com.br/manual2/capitulo06.html>> Acesso em: 04 Dez. 2002.
- **10 em tudo.** Disponível em: <http://www.10emtudo.com.br/demo/biologia/index_3.htm> Acesso em: 04 dez. 2002.
- DEMO, P. **Conhecimento moderno: sobre a ética e intervenção do conhecimento.** Petrópolis: Vozes, 1997.
- DUARTE, J. A, MOTA, M.P, NEUPARTH, M.J, APPELL, H.J, SOARES, J.M.C. **Miopatia do exercício. Anatomopatologia e fisiopatologia.** Revista portuguesa de ciências do desporto. Volume 1, n.º 02. Pg. 73-80. Janeiro/Junho de 2001.

- FERREIRA, A. B. H. **Minidicionário da língua portuguesa**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.
- FLECK, S.J. e KRAEMER, W.S. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- FOSS, M. e KETEYIAN, S.J. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte**. 6ª edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2000.
- GUYTON, A.C. & HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 9ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.
- GUYTON, A.C. & HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 10ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- HERNANDES Jr., B.D.O. **Treinamento desportivo**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- IZQUIERDO, M; HÄKKINEN, K; IBAÑEZ, J; GARRUES, M; ANTÓN, A; ZÚNIGA, A; LARRIÓN, J. L; e GOROSTIAGA, E. M. **Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men**. *J Appl. Physiology*, 90: 1497 - 1507, 2001.
- KATCH, K.I. & McARDLE, W.D. **Nutrição, controle de peso e exercício**. 3ª edição. MEDSI, 1990.
- LAKATOS, E.M; MARCONI, M. de. **Fundamentos de metodologia científica**. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 1991.
- MCARDLE, W. D; KATCH, F. I; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

- MORITANI, T. & DEVRIES, H. A. **Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strenght gain.** American Journal of Physical Medicine. Nº3. 58: 115 – 130,1979.

- SAMUEL C. K. L. AND STUART A. B. **Effects of activation frequency on dynamic performance of human fresh and fatigued muscles.** J. Appl. Physiology, 88: 2166 - 2175, 2000.

- TOUS, J. **Nuevas tendencias e fuerza y musculación.** 1ª edição. Barcelona: Ergo, 1999.

- VERKHOSHANSKI, Y.V. **Treinamento desportivo – teoria e metodologia.** Porto Alegre: Artmed, 2001.

- ZATSIORSKY, V.M. **Ciência e prática do treinamento de força.** 1ª edição. São Paulo-SP: Phorte, 1999.