

MARCEL COSTA DE QUADROS

EFEITOS FISIOLÓGICOS NO TREINAMENTO DE FORÇA EM ADULTOS

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

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Giseli dos Santos

**CURITIBA
2003**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, a qual sempre serei devoto.

Dedico a toda minha família, especialmente a minha mãe Conceição, que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis.

Dedico a meu amigo Maurício e a minha namorada Fernanda, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais tristes e alegres.

Dedico a todos os professores da UFPR que puderam de certa forma contribuir para minha formação profissional e a todos que estiveram a minha volta durante todo esse período que tenho certeza nunca esquecer.

RESUMO

Quando pensamos em treinamento de força ele pode diferir quanto sua intensidade, duração e suas capacidades para a sua prática. Dentro de um treino de força há diversas ações musculares que alteram o estado basal do organismo, visando o fornecimento de energia para todo o tecido muscular. Algumas mudanças constituem adaptações que tornam possível não só a sobrevivência do organismo durante o treinamento de força, mas que também o preparam para solicitações posteriores. O aumento das necessidades dos músculos envolvidos num treino de força é muito desgastante para todos os sistemas que o cercam, dentre eles podemos citar o sistema cardiovascular, respiratório, endócrino e nervoso. Devemos ter total consciência nas mudanças que o corpo sofre durante um treino de força, onde muitas valências estão presentes e através delas podemos entender como o nosso corpo humano funciona em situações adversas.

Palavras-chave: força; treinamento; adultos.

SUMÁRIO

RESUMO	iii
1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
2.0 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 FISIOLOGIA MUSCULAR.....	3
2.2 Força Muscular.....	7
2.2.1 Hipertrofia.....	10
2.2.2 Hiperplasia.....	12
2.3 EFEITOS FISIOLÓGICOS.....	13
2.3.1 Tecido Conjuntivo e Resposta Óssea.....	13
2.3.2 Efeitos Neurais.....	14
2.3.3 Efeitos Metabólicos	16
2.3.4 Efeitos Hormonais.....	17
2.3.5 Efeitos Cardiovasculares.....	20
3.0 METODOLOGIA	23
4.0 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Dentro de um treinamento de força sempre ocorrem inúmeras discussões sobre qual método é o mais indicado, assim abre-se um leque de discussões ricas e diversificadas. Por se tratar de um componente importante da aptidão física referente à saúde e qualidade física fundamental para o desempenho atlético, estudos de suas variáveis tem oportunizado uma grande quantidade de publicações científicas.

Com a aplicação de um treinamento de força já ficou comprovado como é benéfico o seu treinamento e suas respectivas formas de aplicação em relação à frequência semanal, número de séries, intervalo entre elas, número de repetições e número de exercícios. Um treinamento sistematizado resulta em certas mudanças ou adaptações estruturais e fisiológicas do corpo. Vários sistemas do corpo adaptam-se ao treinamento de força de modo diferente. Músculos crescem, ossos ficam mais fortes ou fracos, dependendo da carga, o sistema nervoso torna-se mais eficiente para recrutar a ação muscular e a performance motora faz-se mais coordenada e refinada (BOMPA E CORNACCHIA,2000).

Segundo SIMÃO (2003), o treinamento de força, quando prescrito apropriadamente, é um método eficaz para o desenvolvimento da saúde, prevenção e reabilitação de problemas musculares e ortopédicos. Já para WILLMORE E COSTILL (2001), quando você realiza o exercício regularmente durante semanas, seu corpo se adapta. As adaptações fisiológicas que ocorrem com a exposição crônica ao exercício melhoram tanto a sua capacidade de realizá-la quanto a sua eficiência. No treinamento de força, seus músculos ficam mais fortes. Portanto, a introdução do treinamento de força para adultos, possui interesses no desenvolvimento e na manutenção da força e resistência muscular.

O objetivo dessa pesquisa é demonstrar algumas adaptações fisiológicas que ocorrem com o corpo durante o treinamento de força como: adaptações no sistema cardiovascular, muscular, nervoso e hormonal.

1.2 OBJETIVOS

O enfoque principal da pesquisa é:

- Analisar os efeitos fisiológicos que ocorrem durante o treinamento de força em adultos;
- Determinar a fisiologia muscular;
- Determinar o treinamento de força;

2.0 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FISIOLOGIA MUSCULAR

Formado por milhares de fibras contráteis individuais mantidas por uma bainha de tecido conjuntivo. A porção que cobre cada fibra é denominada endomísio. Presa ao endomísio pela parte de dentro existe o sarcolema. O interior da célula é formado pelo sarcoplasma. As fibras musculares estão agrupadas e formam feixes musculares ou fascículos. Esses feixes são mantidos juntos pelo perimísio. Envolvendo todo o músculo existe outro componente chamado epimísio. A rede intramuscular se torna contínua com o denso tecido conjuntivo dos tendões em cada extremidade de um músculo. Esses tendões estão unidos e envolvidos a parte mais externa do osso, o perióstio, servindo, os músculos esqueléticos ao esqueleto ósseo. Por sua vez, as fibras musculares não entram em contato com o esqueleto; assim sendo, toda tensão gerada pelo músculo é suportada por suas inserções tendinosas. Os músculos são irrigados por vasos sanguíneos. Artérias e veias são responsáveis por toda essa irrigação no músculo, orientando-se paralelamente a cada fibra muscular. Ramificam-se repetidamente em arteríolas, capilares e vênulas, formando extensas redes no endomísio. Assim sendo, cada fibra muscular recebe um bom suprimento de sangue recém-oxigenado proveniente do sistema arterial, processando produtos tipo dióxido de carbono através do sistema venoso. Durante um exercício máximo, os músculos podem até necessitar de até 100 vezes mais sangue quando estão em repouso. Existem outras formas para ordenar o fluxo sanguíneo, como por exemplo, alternado contração e relaxamento do músculo ativo causando compressão periódica dos vasos sanguíneos. Essa ação da bomba, denominada de bomba muscular, acelera o retorno de sangue ao coração, aumentando a quantidade de sangue fresco que pode ser oxigenado e retorna aos músculos. Os nervos que contêm fibras tanto motoras quanto sensoriais, penetram no músculo, e saem dele, com os vasos sanguíneos. As fibras motoras ramificam-se por todo o tecido conjuntivo do músculo, alcançando todas as fibras musculares. Os nervos motores, quando estimulados ocasionam a contração das fibras musculares,

originam-se no sistema nervoso central. O ponto onde um nervo motor termina sobre uma fibra muscular é conhecido como junção neuromuscular ou como placa motora terminal. Os nervos motores constituem aproximadamente 60% dos nervos ligados a um músculo. Já os sensoriais ficam com os 40% restantes, conduzem informações a respeito da tensão e da contração muscular dos receptores musculares tendinosos. (FOSS E KETEYIAN,2000)

Para Vicente (1995) e Simão (2003), as fibras musculares são as unidades celulares mais pequenas do músculo esquelético. Estas células são compostas por miofibrilas, por sua vez, estão organizadas em unidades funcionais denominadas sarcômeros, onde estão conectados em série e por onde é produzida a contração muscular. Os sarcômeros estão compostos por proteínas de actina (filamentos finos) e pontes cruzadas de miosina (filamentos grossos), que agem como geradores de força independentes. As miofibrilas estão suspensas no interior da fibra muscular em uma matriz denominada sarcoplasma. O líquido do sarcoplasma possui grande quantidade de potássio, magnésio e fosfato, está presente, também, grande número de mitocôndrias, localizadas paralelamente as miofibrilas, condição que é indicativa da grande necessidade das miofibrilas em contração para geração de energia, a partir do trifosfato de adenosina (ATP), formado nas mitocôndrias. Há também no sarcoplasma, um extenso retículo endoplasmático, que, na fibra muscular, é denominado retículo sarcoplasmático, extremamente importante no controle da contração muscular. (GUYTON E HALL,2002)

Cada ponte é um gerador de força independente, que interage com um filamento fino e o puxa na direção do centro do sarcômero. A ponte cruzada de miosina então se separa do filamento fino e então é reprimida pela adenosina trifosfato (ATP) antes que essa possa avançar a outro ciclo de geração de força. A bioquímica da contração muscular é muito interessante, ao observar as proteínas que atuam nos filamentos grossos e finos, percebe-se que não encontramos apenas meios de geração de força, mas também um mecanismo para “ligar” e “desligar” o aparelho contrátil. A força está diretamente proporcional ao número de feixes transversais ou “pontes cruzadas” entre actina e miosina, dependendo do número de miofibrilas paralelas que contenha cada

fibra Y, da secção transversal do músculo. O tecido muscular esquelético possui uma alta capacidade adaptativa de acordo com a atividade física realizada. O aumento de força decorre de dois fatores determinantes: neurais e hipertróficos. (SIMÃO,2003)

A energia é derivada das ligações de alta energia do ATP, que é degradado até difosfato de adenosina (ADP) para liberar a energia necessária. A contração muscular vai depender de algumas fontes de energia para realizar todo esse processo descrito anteriormente. A primeira fonte de energia usada para reconstruir o ATP é a fosfocreatina, que contém quantidade de energia livre ligeiramente maior que a da ligação do ATP. Entretanto, a quantidade total de fosfocreatina na fibra muscular também é muito pequena, apenas cerca de cinco vezes maior que a de ATP. Portanto, a energia combinada tanto do ATP armazenado quanto da fosfocreatina existente no músculo só é capaz de acarretar contração muscular máxima por apenas 5 a 8 segundos. A segunda fonte importante de energia, é o glicogênio previamente armazenado nas células musculares. O fracionamento enzimático rápido do glicogênio, para ácido pirúvico e ácido láctico, libera energia que será utilizada para converter a ADP em ATP e, esse último será usado diretamente para energizar a contração muscular ou para refazer as reservas de fosfocreatina. A importância do processo de glicólise é dupla. Pode ocorrer na ausência de oxigênio, razão para que a contração muscular possa ser mantida por muitos segundos, até por um minuto. Segundo, a formação de ATP é cerca de 2½ vezes mais rápido pelo processo glicolítico, que pela formação do ATP quando os nutrientes celulares reagem com o oxigênio. A terceira e última fonte é o metabolismo oxidativo. Significa a combinação do oxigênio com vários nutrientes celulares para liberação do ATP. Cerca de 95% de toda a energia usada pelos músculos para a contração derivam dessa fonte. Quando utilizá-se uma atitude muscular máxima extremamente prolongada; superior a um período de muitas horas, incontestavelmente, a maior proporção de energia das gorduras, porém, para períodos de 2 a 4 horas, até metade da energia pode provir do glicogênio armazenado antes de ocorrer sua repleção. (GUYTON E HALL,2002)

Um filamento de actina puro, fixa-se, instantaneamente às cabeças das moléculas de miosina na presença dos íons magnésio e de ATP, tudo isso, sem a

presença do complexo troponina-tropomiosina. Caso ocorra o acréscimo da troponina-tropomiosina aos filamentos de actina, essa fixação não ocorre. Contudo, admite-se que os locais ativos sobre o filamento normal de actina sejam inibidos ou cobertos fisicamente pelo complexo troponina-tropomiosina. Conseqüentemente, não havendo fixação das cabeças dos filamentos de miosina a contração muscular não existirá. Também o efeito inibitório do complexo troponina-tropomiosina tem que ser inibido para que ocorra a contração muscular. A presença dos íons cálcio em grande quantidade, o efeito inibitório da troponina-tropomiosina sobre os filamentos de actina, também é inibido. (GUYTON E HALL, 2002)

A mecânica da contração muscular ocorre através dos motoneurônios, que deixam a medula espinhal, inervam múltiplas fibras musculares distintas, cujo número depende do tipo de músculo. Chama-se de unidade motora todas as fibras musculares inervadas por uma só fibra nervosa motora. Para FOSS e KETEVAN (2000), as unidades motoras são recrutadas conforme o princípio do tamanho dos motoneurônios, as pequenas em primeiro lugar e as grandes por último. Em média os músculos do corpo variam de, aproximadamente, 80 a 100 fibras musculares para a unidade motora. Para aumentar a intensidade da contração muscular global existe a somação, a soma de abalos individuais, podendo ocorrer de duas formas: (1) aumento do número de unidades motoras e (2) aumentando a freqüência da contração. (GUYTON E HALL 2002)

A classificação das fibras segundo FOSS e KETEVAN (2000), são divididas em: (a) TIPO I : aeróbias, usadas para endurance; (b) TIPO II: anaeróbias, usadas para altas velocidades; estas são subdivididas em IIa (oxidativas-glicolíticas), IIb (glicolíticas), IIc (não classificadas).

Segundo WEINECK (1999), as contrações musculares podem ser divididas em isotônicas, isométricas e auxotônicas. Onde o músculo é constituído por elementos plásticos e contráteis de acordo com o tipo de contração ou extensão. Na contração isotônica, os elementos contráteis contraem-se quando os elementos elásticos não variam seu comprimento. Dessa forma há um encurtamento do músculo. Para VICENTE (1995), a contração isotônica divide-se em: (a) concêntrica, quando a

longitude do músculo diminui e se observa um encurtamento, havendo um trabalho positivo; (b) excêntrica, quando aumento a longitude do músculo durante a contração e se observa um alongamento, havendo um trabalho negativo. Já na contração isométrica há um encurtamento dos elementos contráteis, e os elementos elásticos são os que sofrem um alongamento. A contração auxotônica é simplesmente a combinação das contrações isométricas e isotônicas.

2.2 FORÇA MUSCULAR

Para Simão (2003:39), a força pode ser definida “como a máxima eficiência que um músculo pode desenvolver em uma velocidade específica durante uma contração única”. Segundo WEINECK (1999), a força é dividida de três formas: (1) Força Máxima: a maior força disponível, que o sistema neuromuscular pode mobilizar através de uma contração máxima voluntária. A força máxima também é dividida em: estática e dinâmica. Sendo a força máxima estática é sempre maior que a força dinâmica. Ela depende de certos componentes para se desenvolver: (a) linhas Z; (b) coordenação intramuscular; (c) coordenação intramuscular. (2) Força Rápida: Capacidade do sistema neuromuscular de movimentar parte do corpo ou objetos com uma velocidade máxima. (3) Resistência de Força.

A capacidade de produzir força, segundo VICENTE (1995), dependerá de dois fatores: (a) Endógenos: morfológicos, fisiológicos, neuromusculares e motivacionais; (b) Exógenos: capacidade de vencer a carga, velocidade e ângulo de movimento e musculatura aplicada. Os três sistemas principais para desenvolver a força muscular são o treinamento com pesos com resistência progressiva, a isometria e o treinamento tipo isocinético. Cada sistema resulta em aumentos de força que são altamente específicos para o tipo de treinamento. Já para Saltin et al; citado por Weineck (1999), o aumento de força não está relacionado a mecanismos morfológicos ou coordenativos, mas a um aumento de glicogênio e fosfatos ricos em creatina.

Segundo Katch, Katch e Mcardle (1998) existem seis fatores que exercem algum tipo de influência sobre o desenvolvimento e manutenção da massa muscular.

(1) Genética: está diretamente ligada a todos esses fatores, podendo reagir de maneira diferente no resultado final do aumento de massa muscular. A atividade muscular vai ser bem pouco desenvolvida se a pessoa não tiver uma boa base nutricional para dar “força” para suas estruturas. Já os hormônios e o sistema nervoso, vão agir de maneira direta para modelar as respostas que virão a partir do treinamento. Entretanto, se não houver um trabalho de sobrecarga, todos esses aspectos anteriores vão ser ineficazes.

(2) Atividade física e exercício: Através deles, o corpo está sempre bem condicionado e com suas capacidades vitais em plenas condições. (3) Estado nutricional: Sem uma boa base nutricional o corpo não conseguirá realizar as atividades que todo treinamento de força requer para aquisição de melhores resultados. (4) Influências endócrinas: (5) Fatores ambientais: Está muito relacionado com a performance durante o treinamento, onde que tanto temperaturas baixas ou até altas de mais podem influenciar no desempenho. (6) Ativação do sistema nervoso: Com uma boa capacitação desse sistema pode-se conseguir bons resultados relacionados com volume, frequência e intensidade de treinamento. Segundo WEINECK (1999), existem fatores que influenciam na aquisição da força momentânea, dentre elas pode-se citar: (a) Motivação; (b) Estresse emocional; (c) Hipnose.

O músculo esquelético humano pode gerar aproximadamente 16 a 30 newtons (n) de força por cm^2 de corte transversal do músculo, independentemente do sexo, o músculo pode levantar até 6 kg por cm^2 , havendo aumento na secção transversal da fibra, há também um aumento de força. Contudo, no corpo, essa capacidade de força-rendimento varia de acordo com o arranjo das alavancas ósseas e com a arquitetura muscular. (WEINECK,1999) Tradicionalmente, para comparar o desempenho de indivíduos diferentes, é criado um escore de relação dividindo o escore da força por uma mensuração de referência tipo peso corporal, peso corporal magro, corte transversal do músculo, volume do membro, ou circunferência. Um músculo desenvolve força através de tensão. (KATCH, KATCH E MCARDLE,1998) “O componente excêntrico do treinamento é significativo na maximização do aumento da área transversa da fibra muscular”. (WILMORE E COSTILL,2001: 89)

A facilitação neural é importante em certas condições no exercício. Nas atividades que envolvem a força, a capacidade de desinibir e de ativar ao máximo todos os motoneurônios necessários para realização de um movimento, pode ser essencial para um desempenho de alta qualidade. Essa desinibição poderia ativar plenamente os grupos musculares durante uma excitação explosiva durante estágios iniciais no treinamento de força. (KATCH, KATCH E MCARDLE,1998) Quase todos os aprimoramentos da força no início do programa ocorrem muito mais em virtude de fatores neurais que de fatores inerentes ao músculo. Em estudos realizados para mostrar os aumentos na força muscular com treinamento de resistência que são devidos a fatores neurais versus musculares; durante um período de treinamento de oito semanas, cerca de 90% da força adquirida durante as duas primeiras semanas foram resultantes de fatores neurais. Nas duas semanas subsequentes, ficou entre 40 e 50 % da força relacionada a fatores neurais. Depois as adaptações nas fibras musculares ficaram presentes nas demais semanas. (KATCH, KATCH E MCARDLE,1998)

A gradação de força muscular é conseguida através da interação de fatores que regulam o número e o tipo de unidades motoras recrutadas. “Alterações no recrutamento das unidades motoras e no padrão de disparo explicam provavelmente grande parte do aprimoramento na força induzido pelo treinamento de resistência, principalmente durante os primeiros estágios desse treinamento”. (KATCH, KATCH E MCARDLE,1998:336)

Segundo Katch, Katch e Mcardle (1998:337), “um maior nível de facilitação neural é responsável provavelmente pelo aumento de força observado no início do treinamento, que não está associado necessariamente com um aumento e na área em corte transversal do músculo”. As adaptações que podemos observar são: (a) Recrutamento neural mais eficiente; (b) Maior ativação do sistema nervoso central; (c) Melhor sincronização das unidades motoras; (d) Enfraquecimento dos reflexos inibitórios neurais; (e) Inibição dos órgãos tendinosos de Golgi. Para WEINECK (1999), atribui-se o aumento de força a uma melhoria das capacidades, sendo elas: (a) Aumento das reservas energéticas; (b) Otimização da coordenação intra e

intermuscular; (c) Melhoria da inervação intramuscular; (d) Melhoria na inervação intermuscular; (e) Hipertrofia; (f) Hiperplasia.

2.2.1 Hipertrofia

Segundo BOMPA e CORNACCHIA (2000), é uma das adaptações mais visíveis, pois há um aumento no tamanho muscular. Esse processo dá-se através do aumento na área da secção transversal de cada fibra muscular e “...está relacionado diretamente à síntese de componentes celulares, particularmente dos filamentos protéicos que constituem os elementos contrateis”. “Aumentos significativos são observados também nas reservas locais de ATP,CP e glicogênio”. (KATCH, KATCH E MCARDLE,1998:420) A redução no tamanho do músculo, chama-se atrofia. Levantadores de peso costumam usar dois tipos de hipertrofia: (a) Hipertrofia de curta duração (aguda); desaparecendo poucas horas após o treinamento, resultando em inchaço que ocorre durante o treino de intenso. Esse inchaço deve-se ao acúmulo de líquidos no músculo. Os levantadores de peso têm um aumento de água nos espaços intracelulares do músculo, fazendo-os parecerem ainda maiores. Após algumas horas depois do treino, há um retorno do líquido extracelular, fazendo com que o inchaço desapareça. Por isso a força não está relacionada ao tamanho do músculo. (b) Hipertrofia crônica; relacionada com mudanças estruturais no músculo. Há um aumento tanto no tamanho (hipertrofia) e como no número (hiperplasia) das fibras musculares, é mais duradouro que o de curta duração.

Indivíduos que possuem um número grande de fibras tendem a ser mais fortes do que os que possuem menor número de fibras, sendo esse número determinado geneticamente. O hormônio sexual masculino (testosterona) está diretamente relacionado com o tamanho dos músculos, uma vez que homens atletas possuem músculos mais fortes que as mulheres. Essa diferença é atribuída a quantidade de testosterona, aproximadamente dez vezes maior no homem do que na mulher. Ainda não existe nenhuma comprovação científica que ela seja a única que determine o crescimento muscular. (BOMPA E CORNACCHIA,2000)

Já para Katch, Katch e Mcardle,(1998:420), “o crescimento muscular em resposta ao treinamento com sobrecarga resulta principalmente de um aumento das fibras musculares individuais”.

As proteínas contráteis e o fluído nas fibras musculares estão constantemente se renovando a cada 7 a 15 dias. Com o treino de força este processo afeta a qualidade e quantidade de proteínas contráteis que são produzidas (GOLDSPINK citado por FLECK E KRAEMER,1999) e começam a acontecer em algumas sessões do treinamento (STARON citado por FLECK E KRAEMER,1999)

Para Abernethy citado por Bompa,(2000:20) “é possível ainda que a hipertrofia muscular ocorra graças à conversão de fibras ST em fibras FT. Embora até o momento isso seja especulação, algumas pesquisas indicam que o percentual de fibras ST diminui como resultado de treinamento de força”. Já para WEINECK (1999), a partir de um determinado momento não poderá ocorrer a transformação de fibras ST em FT ou vice-versa. Para Simão (2003:76), cita que “é pouco provável que tal treinamento altere as proporções das fibras tipo I e tipo II”. Após uma análise de 36 sessões de treinamento com indivíduos que treinaram apenas ações concêntricas e ações excêntricas, verificou-se um aumento na área da fibra muscular de contração rápida (CR) em aproximadamente 10 vezes superior no treino excêntrico. O treinamento apenas com ações concêntricas poderia limitar a hipertrofia muscular. (WILMORE E COSTILL,2001)

O treinamento de força tem pouco ou nenhum efeito na relação capilar- fibra e também pode aumentar com esse tipo de treinamento. (SIMÃO, 2003) As alterações que os músculos sofrem com uma sobrecarga intensa, estão relacionadas a um aumento na síntese do DNA e a uma proliferação das pequenas células satélites mononucleadas localizadas debaixo da membrana basal adjacente às fibras musculares. Esse aumento vai ocasionar o espessamento e o fortalecimento do arcabouço do tecido conjuntivo do músculo e aprimora a integração entre tendões e ligamentos. Essas adaptações podem ajudar na prevenção de lesões articulares e musculares, justificando sua utilização nos programas de reabilitação e prevenção. (KATCH, KATCH E MCARDLE,1998)

2.2.2 Hiperplasia

É constituída pelo aumento do número real das células musculares através do treinamento. O treino com sobrecarga no músculo esquelético acarreta o surgimento de algumas novas fibras musculares a partir de células satélites (entre camada basal e membrana plasmática), ou através de um processo de divisão longitudinal. (KATCH, KATCH E MCARDLE, 1998) As miofibrilas sofrem espessamento e aumento em número, ocorrendo aumento da síntese protéica e diminuição do fracionamento, resultando num aumento lento da força muscular, podendo este mecanismo ocorrer em grau elevado, resultando ao final de um processo que pode levar anos, num grande aumento da área de secção transversa do músculo, e do seu potencial gerador de força, sendo responsável pela maior proporção de grandes ganhos de força conseguidos através do treinamento, ocorrendo ainda um aumento da força dos ligamentos e tendões, e do conteúdo mineral ósseo. (KATCH, KATCH E MCARDLE, 1998)

Segundo MACDOUGLAS, TECH E LARSSON citado por FLECK E KRAEMER (1999) e WEINECK (1999), estudos com fisiculturistas e levantadores de potência, verificaram que as secções de área transversa das fibras musculares não eram significativamente maiores do que o normal, embora possuíssem músculos maiores que o normal. Indicando que eles tinham um número totais de fibras musculares maior que o normal, e a hiperplasia pode ser responsável por esse aumento. Já em outro estudo os fisiculturistas possuíam o mesmo número de fibras que o grupo controle, mas seus músculos eram muito maiores. O tamanho dos músculos seja causado pela hipertrofia de fibras musculares já existentes, em vez de pela hiperplasia. (MACDOUGLAS citado por FLECK E KRAEMER, 1999) Para KENNEDY et al, citado por WEINECK (1999), a formação de novas fibras ocorreria através de microtraumatismos das fibras musculares, onde ocorreria a fadiga e câibra muscular. Através delas induz a liberação de fatores miogênicos de crescimento e ativação das células satélites.

A hiperplasia em seres humanos ainda não pode ser comprovada como resposta adaptacional primária das fibras musculares, ela pode representar uma adaptação ao treinamento de força. Com um treinamento muito intenso e de longa duração pode

fazer com que algumas fibras musculares do tipo 2 sejam a principal reação de adaptação. Caso a hiperplasia ocorra, ela vai estar relacionada com apenas (5% a 10%) do aumento do tamanho do músculo. (FLECK E KRAEMER,1999)

Vários mecanismos têm sido propostos para considerar tal hiperplasia segundo Simão (2003:82): “(a) formação de fibras dos mioblastos residuais; (b) divisão longitudinal ou desenvolvimento das fibras existentes; (c) alongamento de fibras curtas que não atravessam previamente o comprimento pleno do músculo; (d) separação e mais crescimento de fibras imaturas previamente cercadas dentro da membrana basal de fibras a um estágio mais avançado de desenvolvimento”.

Segundo Bacurau e colaboradores citados por Simão (2003: 87) “apesar da controvérsia, o processo de hiperplasia pode existir; porém, mesmo em condições excepcionais, sua contribuição para o aumento do músculo pode não ser maior que 5%”.

2.3 EFEITOS FISIOLÓGICOS

2.3.1 Tecido Conjuntivo e Resposta Óssea

O treinamento de força é utilizado para prevenir lesões, melhorar a estrutura geral do corpo, aumentar o tamanho do músculo e também na reabilitação de lesões. Considerando o treinamento de força e os efeitos no músculo, é provável que tenha efeitos marcantes no tecido conjuntivo. Adaptações do tecido conjuntivo ao exercício e ao treinamento incluem inúmeras mudanças morfológicas e bioquímicas. O exercício, realizado intensamente de força excêntrica, coloca considerável tensão no músculo e no tecido conjuntivo. As mudanças na concentração de hidroxiprolina devem ser observadas com cuidado. Elas podem resultar da perda ou ganho reais de hidroxiprolina dentro do tecido conjuntivo, ou representar mudanças em outros componentes do tecido. Portanto, essas mudanças na concentração de hidroxiprolina representariam mudanças no estado do tecido, mas não necessariamente em sua natureza. Especialmente o treinamento de força, pode danificar o tecido conjuntivo

tanto quanto o músculo, e que o dano no tecido pode ser importante na regeneração. (SIMÃO, 2003)

O desuso e a inatividade causam hipotrofia e enfraquecimento do tecido conjuntivo, o treinamento físico pode aumentar a força máxima desses tecidos. Já no treinamento de resistência, causa aumento na força tensora máxima em tendões e em estruturação do osso-tendão e osso- ligamento. O osso age como suporte estrutural e tem sistema de alavanca ao transferir força muscular na locomoção e outras atividades físicas. É um depósito que armazena fósforo e cálcio. Também muda de forma de acordo com a fadiga encontrada no desenvolvimento. A densidade e a massa do osso são relacionadas à força do tecido. O treinamento com pesos, particularmente como um componente de transporte de peso, pode alterar substancialmente a densidade mineral. São três os fatores modificadores do osso; magnitude do esforço, a taxa de esforço e sua distribuição. (SIMÃO, 2003)

2.3.2 Efeitos Neurais

Um treinamento de força resulta em mudanças ou adaptações fisiológicas no corpo. Esse nível de adaptação ao treinamento será definido pelo tamanho e definição muscular. Os níveis dessas adaptações musculares estão diretamente relacionados com o volume (quantidade), frequência e intensidade (carga) de treinamento. O corpo receberá estímulos além do normal, entrando em um estágio de estresse. À medida que o corpo adapta-se, ele torna-se maior e mais forte.

Vários são os sistemas que adaptasse de maneira diferente ao treinamento de força. Músculos crescem, ossos ficam mais fortes ou fracos, o sistema nervoso fica mais eficiente no recrutamento da ação muscular e uma habilidade motora faz-se mais coordenada e mais refinada. (BOMPA E CORNACCHIA,2000)

O grau em que ocorrem as adaptações nos indivíduos varia, e é resultante da interação de diversos fatores, como a herança genética, uma nutrição adequada, concentrações plásticas hormonais e inervação, sendo todos eles responsáveis pelo modelamento da resposta que o indivíduo apresentará com relação ao treinamento,

tendo cada um deles um grau de influência diferente no nível final de força muscular apresentado. (KATCH, KATCH E MCARDLE, 1998)

“O crescimento no tamanho do músculo possa ser causado principalmente pela hipertrofia da fibra muscular, ou no aumento no tamanho das fibras musculares individuais” (MACDOUGALS citado por FLECK e KRAEMER, 1999:123).

Segundo Simão (2003:78), “a adaptação do sistema nervoso pode ser o principal fator no ganho de força em levantadores de pesos bem treinados”. Quanto maior for o nível de excitação dos motoneurônios pelo sistema nervoso central, maior será as taxas de recrutamento das unidades motoras. Esse recrutamento de unidades motoras de um músculo ativo em um determinado movimento podem ser afetados por mudanças no ângulo da articulação. As bases de parte das articulações neurais podem estar relacionadas a especificações do ângulo da articulação observada no treinamento de força. Há uma forte relação tem sido demonstrado entre força absoluta e secção transversal do músculo e entre o ganho de força e o aumento na massa muscular ou na secção transversal. É bastante claro, portanto, que a força voluntária humana é determinada não somente pela quantidade (secção transversal do músculo) e pela quantidade (tipos de fibras musculares) da massa muscular envolvida, mas também pela extensão pela qual a massa muscular tem sido ativada (fatores neurais). (SIMÃO, 2003)

O componente neural explica o ganho de força resultante do treinamento de força. O ganho de força pode ser obtido sem alterações nas estruturas do músculo, mas não sem adaptações neurais. Desta forma, a força não é propriedade exclusiva do músculo e também parte do sistema motor.(ENOKA citado por WILMORE e COSTILL,2001)

Os órgãos tendinosos de Golgi, mecanismos inibidores do sistema neuromuscular, podem ser necessários para impedir que os músculos exerçam mais força que os ossos e o tecido conjuntivo possam suportar, controle chamado de inibição autogênica. Esta inibição pode ser atenuada pelo treinamento de força, permitindo maior força aos músculos treinados, independentes dos ganhos de massa muscular. Outros fatores podem contribuir para o ganho de força, um deles chamados

de co-ativação dos músculos agonistas e antagonistas. A redução da co-ativação poderia explicar parte do ganho de força atribuída aos fatores neurais. (WILMORE e COSTILL,2001)

2.3.3 Efeitos Metabólicos

O treinamento com exercícios geram adaptações metabólicas e fisiológicas específicas, que consistem em modificações celulares sutis e alterações fisiológicas evidentes. O treinamento anaeróbio eleva os níveis em repouso dos substratos anaeróbios e das principais enzimas glicolíticas. Esses aumentos são acompanhados habitualmente por aprimoramento na realização de exercícios de intensidades máximas.

As atividades que exigem um alto nível de metabolismo anaeróbio produzem alterações específicas nos sistemas de energia imediatas e em curto prazo, sem qualquer aumento concomitante nas funções aeróbias. As alterações segundo KATCH, KATCH e MCARDLE (1998) incluem aumentos nos níveis dos substratos anaeróbios em repouso; Aumentos na quantidade e na atividade das enzimas-chave que controlam a fase anaeróbia do fracionamento da glicose e aumentos na capacidade de gerar altos níveis de lactato sanguíneo durante exercício explosivo.

Esportes como levantamento de peso e varias outras atividades de curta duração e de alta velocidade contam quase exclusivamente com a energia derivada de ATP,CP que englobam os fosfatos de alta energia dos músculos. Essas reservas de fosfato podem ser sobrecarregadas utilizando músculos específicos em explosões máximas e repetidas de esforço durante 5 a 10 segundos. Como são os fosfatos intramusculares que fornecem energia para esse tipo de exercício, são formadas pequenas quantidades de ácido láctico, e a recuperação é rápida (captação de oxigênio da recuperação aláctica). Conforme o treinamento de força, alcança-se um aumento de fosfato-creatino de 20 a 75%.

Assim, uma sessão subsequente pode começar após um período de repouso de 30 segundos. (KATCH, KATCH E MCARDLE, 1998) Conseqüentemente há uma

queda do desempenho a nível submáximo. (WEINECK,1999) Este tipo de treinamento é de aplicação específica para o treinamento anaeróbio.

A partir do momento em que a duração de um esforço máximo ultrapasse os 10 segundos, a produção de energia em relação aos fosfatos intramusculares diminui enquanto aumenta a magnitude da energia anaeróbia gerada pela glicólise. Para aprimorar a transferência de energia pelo sistema energético, do ácido láctico, o treinamento terá que sobrecarregar o aspecto do metabolismo energético. Séries repetidas de até 1 minuto máximo, encerradas 30 segundos antes da sessão de exaustão, fazem com que os níveis de ácido láctico aumentem a níveis submáximos. Cada série de exercício deve ser repetida após 1 minuto de recuperação, acarretando um acúmulo de lactato. Esse acúmulo é maior do que se houvesse feito um único esforço a nível máximo até a exaustão. (KATCH, KATCH E MCARDLE, 1998)

2.3.4 Efeitos Hormonais

O treinamento de força pode causar mudanças dos hormônios no sangue. Os hormônios anabólicos, sendo eles a testosterona e o hormônio do crescimento, podem aumentar como resultado de exercícios de intensidade apropriada. Com um treinamento apropriado de resistência pode induzir aumentos na massa magra do corpo, incluindo o tecido conjuntivo. A testosterona, a insulina, outros minerais e vitaminas relacionadas à deposição mineral óssea podem ser estimulados pelo treinamento de resistência. (SIMÃO,2003)

Os mecanismos hormonais em conjunto com outros fatores auxiliam na mediação e na influência das mudanças de adaptação realizadas no processo de remodelação celular e metabólica do músculo envolvidas no treinamento contra resistência. As adaptações ao treinamento resultam na melhora da capacitação da força e aumentam o tamanho das células musculares. Os hormônios anabólicos primários envolvidos no crescimento do tecido muscular são: hormônio do crescimento (GH), insulina, testosterona e hormônios da tireóide. (SIMÃO,2003)

O estímulo no exercício de força é realizado com base em uma combinação de variáveis. A escolha do exercício dita o modo da ação muscular. A ordem dos exercícios influencia as demandas metabólicas e o estado de fadiga do músculo antes do início de um exercício. A carga utilizada define o recrutamento da unidade motora e velocidade de movimento. A duração dos períodos de descanso entre as sessões e as repetições também afeta as demandas metabólicas, a carga utilizada e o restabelecimento do status muscular. O uso de diferentes protocolos resulta em diferentes respostas hormonais e tais diferenças provavelmente influenciam os mecanismos de adaptação durante um programa de treinamento de força.

Segundo SIMÃO (2003) os mecanismos da interação hormonal com o tecido muscular são baseados em alguns fatores: (1) o exercício aumenta agudamente as concentrações sanguíneas de hormônios, maior probabilidade de interação com receptores. (2) as adaptações ao exercício de alta intensidade são de origem anabólica. (3) erros na prescrição de exercícios podem resultar em maior efeito catabólico ou em programas de exercícios ineficazes. Secreções hormonais respondem às alterações homeostáticas a fim de trazer de volta uma função fisiológica em extensões normais ou funcionais. Fatores que podem refletir em adaptações do sistema neuroendócrino; endorfinas: tolerância à dor; GH: anabolismo dos aminoácidos; Cortisol: catabolismo de aminoácidos e AGL; Insulina: consumo de glicose; Aldoesterona: reabsorção de água e sódio nos rins e resistência vascular periférica; Estrógeno: catabolismo; Testosterona: síntese protéica; ADH: reabsorção de água nos rins; Glucagon; Vasodilatação, Vasoconstrição.

A quantidade de glicose liberada pelo fígado depende da intensidade e da duração do exercício. A medida que a intensidade aumenta, a taxa de liberação de catecolaminas também aumenta. Isso faz com que o fígado libere mais glicose do que a quantidade captada pelos músculos ativos. Quanto maior for a intensidade do exercício, maior é a liberação de catecolaminas. Portanto, a taxa de glicogenólise é significativamente aumentada. (WILMORE e COSTILL, 2001)

As respostas das concentrações de testosterona podem ser influenciadas por vários exercícios básicos e alguns fatores experimentais como: o uso de exercícios de

grandes grupos musculares e volume moderado com múltiplas séries ou múltiplos exercícios; amostragem sanguínea em torno de um protocolo de exercício; concentrações de pré- exercícios afetarão a resposta de um hormônio à fadiga. Comparando indivíduos com pouca experiência em treinamento de força e indivíduos com pelo menos dois anos de experiência, não foram demonstradas diferenças significativas nas concentrações de testosterona antes ou depois de um protocolo de exercício constituído de cinco repetições máximas de levantamento extremo, sugerido que o eixo hipotalâmico-pituitário-testicular é similarmente responsável após a maturação em homens adultos. (FALEY citado por SIMÃO, 2003) Acima de 2 anos de treinamento em levantadores de elite, ocorrem aumentos nas concentrações de testosterona no repouso, isso foi concomitante aos aumentos nos hormônios folículo estimulante (HFS) e no hormônio luteinizante (HL). (HAKKINEM citado por SIMÃO, 2003)

O aumento do GH é devido à retenção da respiração (manobra de Valsalva) e a hiperventilação em adição a hipoxia. Investigações feitas por Van Helder e colaboradores, foram detectados que, utilizando uma carga leve (28% 1RM) foi utilizada com um número alto de repetições em cada série, não encontraram mudanças nas concentrações de GH. Isso deixa claro que dentro de um exercício de força existe um início para a intensidade deduzir uma resposta estimulante significativa do eixo hipotalâmico-pituitário em resposta ao exercício. Então, sugere-se que, dependendo da carga e do volume atribuído ao exercício, ocorrem diferentes respostas ao GH. Para exercícios com uma intensidade utilizada de 10 RM e duração dos períodos de descansos usados for pequena (um minuto), aumentos significativos foram observados nas concentrações de GH. Diferenças em relação a mecanismos oscilatórios, mudanças em sensibilidade receptoras, potencialização, do fator de crescimento insulínico, variações diurnas ou concentrações máximas possam mediar e ser representativas das alterações do GH com treinamento de força. (SIMÃO, 2003)

Já com relação à testosterona-cortisol (T-C) tem sido usada para marcar o status anabólico/catabólico do corpo. O cortisol e a relação T-C encontraram pouca significância na produção ou no monitoramento de mudanças nas capacidades de

força. Quando o corpo entra em fadiga aguda durante o exercício de força, produz aumentos nos hormônios anabólicos, estimulando também o cortisol. A resposta aguda do cortisol pode refletir uma combinação de fatores que incluem a intensidade metabólica da fadiga do exercício e a necessidade de manter a disponibilidade de glicose. Também podem ocorrer mudanças na ligação glicocorticóide no tecido, que é rompido estruturalmente em resposta ao exercício de resposta pesada. O cortisol pode refletir a fadiga metabólica do exercício e, em aspectos crônicos, ser primariamente envolvido em homeostase do tecido que abrange o metabolismo da proteína. Durante treinos de força de alta intensidade tem mostrado aumentos na habilidade de um indivíduo secretar maiores quantidades de adrenalina durante o exercício máximo. Estímulos da secreção simpato-adrenal é um dos primeiros mecanismos neuroendócrinos a se tornar operacional em resposta ao exercício de força. A fadiga da medula adrenal é refletida através desses aspectos e provêm extremidades de sinal importantes para uma quantidade indeterminada de ciclos oscilatórios endócrinos.(SIMÃO,2003)

Diferenças encontradas entre homens e mulheres em relação à força, está associada a um maior nível do hormônio sexual masculino (testosterona), com efeito anabólico aumentado (constituição das albuminas). “Além de representar menor conteúdo proteico, as fibras musculares femininas apresentam também um maior percentual de lipídios, conseqüentemente, a força mobilizada pela fibra muscular de mulheres é também menor”. (FUKUNAGA citado por WEINECK,1999:87) A mulher na fase adulta pode chegar a ter 2/3 da força masculina, relacionada diretamente com as fibras FT, pois as fibras ST não apresentam diferenças em função do sexo. (WEINECK,1999)

2.3.5 Efeitos Cardiovasculares

Os efeitos fisiológicos podem ser classificados em agudos imediatos, agudos tardios e crônicos. Os agudos são chamados de respostas, ocorrendo diretamente com a sessão de exercícios e os efeitos agudos imediatos, ocorrendo logo após o exercício

físico, exemplos de aumento da frequência cardíaca, ventilação pulmonar e sudorese. Os efeitos agudos tardios ocorrem na primeira 24 horas que se seguem a uma sessão de exercícios, podendo ser identificados como a redução de níveis tensionais, aumentando no número de receptores de insulina. Por último, os efeitos crônicos, denominados adaptações, resultam da exposição freqüentemente e regular as sessões de exercício. Os efeitos mais comuns são a hipertrofia muscular e aumento do consumo máximo de oxigênio.

As possíveis adaptações ao treinamento de força estão a diminuição da frequência cardíaca em repouso, alterações no teor lipídico do sangue, na morfologia cardíaca, volume de ejeção e débito cardíaco em repouso são indicativos de uma função cardíaca normal ou anormal. O perfil lipídico dentro do treinamento de força é polêmico. Atletas masculinos de treinamento de força foram considerados possuidores de concentrações normais e anormais, acima do normal e abaixo do normal de HDL e LDL. Pode-se dizer que o treinamento de força afete o perfil lipídico de uma maneira positiva.

Para atletas altamente treinados em força tem frequência cardíaca de repouso na média ou abaixo da média, fator da combinação do tônus parassimpático aumentado e diminuído. Por sua vez, a pressão arterial em atletas altamente treinada em força obtém pressões arteriais sistólicas ou diastólicas em repouso médias ou abaixo da média. Deve-se levar em conta que o treinamento de força na leva a hipertensão. Explicações possíveis para o decréscimo da pressão arterial de repouso, incluem gordura corporal diminuída. Para que ocorra o aumento nas pressões sistólicas e diastólicas é necessário um exercício dinâmico de força pesada. Quanto maiores forem as massas musculares envolvidas, maiores serão as respostas cardiovasculares, tais como pressão arterial e frequência cardíaca. A maior frequência e pressão arterial ocorrem durante as últimas repetições de um conjunto de fadiga voluntária.

Segundo FARINATTI (2000) observou a frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica e o duplo-produto (frequência cardíaca x pressão arterial sistólica) durante exercícios dinâmicos contra resistência e aeróbios de intensidade moderada, concluí-se que: exercício de força, independente da intensidade, impõe menor

solicitação cardíaca que a atividade aeróbia, o duplo-produto em exercícios de força associa-se mais as repetições do que a carga, enquanto que, no exercício aeróbio, a intensidade revela-se mais importante que a duração da atividade.

Supõe-se que a maioria dos treinamentos de força não causa aumentos nos tamanhos da câmara cardíaca. Estudos longitudinais de FLECK E KRAEMER (1999), de curto tempo, usando jovens adultos masculinos, de que o treinamento de força pode aumentar a espessura da parede ventricular esquerda. Aumentos na espessura da parede ventricular direita não ocorre. O aumento é causado pelas pressões arteriais intermitentes encontradas durante o treinamento, relacionada ao calibre do atleta e a intensidade e volume do treinamento.

3.0 METODOLOGIA

O estudo foi realizado através de revisão bibliográfica, onde foram pesquisados livros do acervo da biblioteca do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná. A pesquisa consistiu em métodos dedutivos, pois toda informação já estava pelo menos nas premissas. (LAKATOS E MARCONI, 1991)

4.0 CONCLUSÕES

Nos tempos atuais as pessoas buscam uma melhor qualidade de vida através da atividade física, a fim de obterem uma melhor saúde e, por conseguinte, maior longevidade. Dentro desta visão, o treino de força vem proporcionar ao corpo vários aspectos que possibilitará uma melhora em sua aptidão física. Demonstrou-se que existem inúmeras informações sobre os diferentes efeitos fisiológicos que o corpo sofre durante um treinamento da capacidade física força, todas essas adaptações fisiológicas vão estar diretamente relacionadas ao volume, frequência e intensidade do treino. O grau em que os efeitos vão ocorrer vai depender de diversos fatores como a herança genética, nutrição adequada, concentrações hormonais e outras. Os efeitos neurais são sem dúvida o principal fator para o desenvolvimento da força em adultos. Enfim, nós profissionais da Educação Física devemos interpretar todos esses efeitos fisiológicos que o corpo sofre durante um treinamento de força e obter melhores resultados na prescrição de protocolos de treinamentos.

REFERÊNCIAS

- BOMPA, Tudor O. **A Periodização no Treinamento Esportivo**. 1ª Edição, São Paulo: Manole, 2001.
- BOMPA, Tudor O.; CORNACCHIA, L.J. **Treinamento de Força Consciente**. 1ª Edição, São Paulo: Phorte, 2000.
- FLECK, S.J. e KRAEMER, W.S. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 2ª Edição, Porto Alegre: Artmed, 1999.
- FOSS, Merle L.; KETAYIAN, Steven J. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. 6ª Edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- GUYTON, Arthur C. e HALL, John E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10ª Edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- 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.
- SIMÃO, Roberto. **Fundamentos Fisiológicos para o Treinamento de Força e Potência**. 1ª Edição, São Paulo: Phorte, 2003.
- VICENTE, Jesús Mora. **Teoria del Entrenamiento y del Acondicionamiento Físico**. Andalucía: Coplef, 1995.
- WEINECK, Jurgen. **Treinamento Ideal**. 9ª Edição, São Paulo: Manole, 1999.
- WILMORE, Jack H.; COSTILL, David L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 2ª Edição, São Paulo: Manole, 2001.