

Suplementação de Ácidos Graxos Ômega-3 ou Triglicerídios de Cadeia Média para Indivíduos em Treinamento de Força

Carlos Alexandre Fett

Universidade Federal do Mato Grosso

Angela Petricio

Nailsa Maestá

Camila Correa

Adalberto José Crocci

Roberto Carlos Burini

Universidade Estadual Paulista

Resumo—Neste estudo tivemos por propósito avaliar os efeitos dos ácidos graxos ômega 3 (W-3) e triglicerídios de cadeia média (TCM) sobre a força de indivíduos em treino hipertrófico de musculação. O estudo foi dividido em duas fases principais: a) fase pré-suplementação (F1) com duração de 28 dias. Foi feito um ajuste dietético isocalórico e perdurou por todo o estudo, com 1.5 g de prot/kg/dia e nível de energia não protéica de 31-35 kcal NP/kg de proteína, e a proporção de kcal glicídica/kcal lipídica de 4.0 à 8.0. Esta fase teve como propósito ajustar o treinamento e dieta dos indivíduos. O treino consistiu de cinco dias na semana, sendo três dias seguidos com um de descanso e mais dois dias de treino, e no mínimo de 72 horas de recuperação para cada grupamento muscular (75% a 85% de 1 repetição máxima, ou seja, 1 RM); b) fase suplementada (F2) com duração de 28 dias. Os indivíduos foram divididos em dois grupos, um recebendo 4g/dia de W-3 (G W-3) e outro 4g/dia de TCM (G TCM), sendo estas as únicas alterações incluídas no protocolo, mantendo-se o mesmo treinamento e dieta do período F1. Foram aplicados testes de 1 RM antes do período F1 (M0), após o período F1 (M1) e após período F2 (M2). O G W-3 aumentou em 1.4 kg a massa muscular e o G TCM em 2 kg, com um concomitante aumento médio de força para cinco exercícios (supino, remada baixa, Hack, rosca direta e extensão do tríceps) de 5.99% e 6.23%, no período F1 D(M1'), para 14.9% e 16.68% no período F2 D(M2'), respectivamente. O G W-3 teve um aumento significativo na testosterona total e livre após a atividade exaustiva no M2 e nos valores basais de HCO₃. O G TCM aumentou a testosterona total no mesmo momento. Concluiu-se que no período suplementado o aumento de força foi significativamente maior que no pré-suplementação.

Palavras chaves: Exaustão, suplementação de ácidos graxos, treinamento resistido, fase hipertrófica.

Abstract—“Muscle Strength Development after Exercise Program with Supplementation of Lipides W-3 or Medium Chain Triglicerides.” The purpose of this study was to investigate the effects of the intake of two lipids: omega-3 (W-3) and medium chain triglicerides (MCT), on subjects in an exercise program for muscle strength. The analyzed parameter was gain of muscle mass, strength, and hormone changes. The study had two stages; a) pre-supplemental (F1), which consisted of 1,5g prot/kg/day, non-protein intake was 31 -35 kcal NP/kg. The exercise program was administered five days a week for 28 days. The weekly program consisted of one day of rest between Sessions Three and Four; the exercise intensity ranged from 75% to 85% for one maximum effort repetition, or 1 RM; and b) supplemented (F2), where subjects were divided into two groups: One group ingested 4g of W-3 (G W-3); the other group ingested 4g of MCT (G MCT). Maximum exertion tests to exhaustion were administered before F1 (M0), after F1 (M1) and after F2 (M2). The results were: gain of 3.4 kg of body mass when under W-3, and gain of 2 kg when under MCT. Gain in muscle strength increased from 5.9% and 6.23% after F1 (M1) to 14.9% and 16.68% after F2 (M2). The group under W-3 supplement, after M2, increased in total testosterone as well as free testosterone, and basal levels of HCO₃ after the exhaustion exercise. The group under MCT supplement, after M2, increased in total testosterone. In conclusion, the supplemental intake significantly influenced muscle strength development.

Key words: Exhaustion, supplementation, muscle strength.

Introdução

Hipertrofia, requisitos de treinamento e recuperação

A hipertrofia muscular é decorrente de estímulo ocorrido no músculo que contrai (McCall, Byrnes, Dickinson, Pattany & Fleck, 1996). Esta contração deve acontecer em nível de estresse muscular acima do habitual, denominando-se “princípio da sobrecarga ou estresse” (Astrand & Rodahl, 1986; Fox & Mathews, 1986). As valências físicas tendem a adaptar-se aos estímulos impostos. Isto é conhecido como ‘princípio da adaptação.’ Para que o estímulo possa causar adaptações no músculo superiores são necessárias alterações progressivas na intensidade e no volume do treinamento (Matvéiev, 1986).

Para que estas adaptações ocorram, o treino deve obedecer o ‘princípio da sobrecarga’ quebrando a homeostase orgânica e forçando adaptações de novos patamares de desempenho físico (Alway, Grumbt, Stray-Gundersen & Gonyea, 1992). Estas sobreposições de reposição daquilo que foi depletado durante o exercício dão-se na recuperação pois, logo após uma sessão de exercícios, a condição de desempenho está minimizada pelo desgaste físico que leva a fadiga e/ou exaustão. Esta reposição, sempre um pouco superior àquelas das condições pré-treino—conhecida como “princípio da super-compensação” (Matvéiev, 1986)—, é relativa ao estímulo causado pelo treinamento e fatores de recuperação (descanso, alimentação, recursos ergogênicos, relaxamento, entre outros). A recuperação pode variar de 24 a 72 horas e é dependente das valências físicas envolvidas (força, potência, resistência, velocidade), dos sistemas energéticos (aeróbio, anaeróbios fosfagênicos e láctico) e, no caso do treino musculação, dos grupamentos musculares envolvidos. Os grupos musculares menores têm recuperação mais rápida e os maiores mais lenta. Esta recuperação é também fator dependente de nutrientes que foram depletados, bem como da necessidade de nutrientes plásticos e energéticos para o aumento do tecido contrátil (McArdler, Katch & Katch, 1998).

Em crianças de 13 anos de idade, submetidas à um protocolo de exaustão que combinava contração concêntrica e excêntrica em duas proporções (1:1 e 1:2, respectivamente), observou-se que eram necessárias de 72 até 96 horas para uma completa recuperação muscular. Foram acompanhados os marcadores metabólicos para o estresse do exercício, incluindo as concentrações de glutatona para marcar o estresse oxidativo, número de leucócitos circulantes, e a creatinaquinase (CK) plasmática, nos tempos de 1, 3, 24, 48, 72, 96 horas. Todos os parâmetros avaliados estavam mais elevados no grupo que fez a proporção de concêntrico/excêntrico de 1:2. (Duarte et al., 1999). O trabalho de alta intensidade em musculação que predomine a fase excêntrica necessita de tempo mais longo de recuperação. Outro estudo em que indivíduos executavam atividade excêntrica para os flexores do cotovelo com uma duração de vinte minutos, observou-se que a curva de força x frequência, levava duas

semanas para recuperar a condição inicial (Newham, Jones & Clarkson, 1987).

O aumento de força dá-se concomitante ao aumento da massa muscular, embora não dependa apenas desse mecanismo, tendo o fator neuromuscular grande importância. Primeiramente, o ganho de força dá-se pelo aprendizado do movimento e adaptações neuromusculares. Nas primeiras duas a três semanas, o aumento de massa muscular é desconsiderável e o aprendizado do movimento responsabiliza-se pelo aumento das cargas (Häkkinen, 1989; Kraemer, Fleck & Evans, 1996). Atletas treinando no limite da exaustão muscular, sem entrarem em ‘overtraining,’ obtêm melhores resultados de desempenho.

Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 (W-3)

São ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa com duas ou mais duplas ligações, e a última dupla ligação no 3º carbono a partir do último (W) da molécula (Grundy, 1996). O ácido linolênico, com 18 carbonos e três duplas ligações (18:3), é o principal representante W-3 e pode ser encontrado principalmente nos fitoplânctons marinhos de locais frios, nos peixes que se alimentam deles, e nos óleo de vegetais de linhaça e canola. Os fitoplânctons sintetizam os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) existentes em grandes concentrações nos óleos de peixes de águas frias e profundas, como a sardinha, cavala, salmão, truta e atum (Devlin, 1997). As funções biológicas do ácido linolênico ocorrem pela conversão em eicosapentaenóico (EPA 20:5) e docosahexaenóico (DHA 22:6), ambos com efeitos fisiológicos (Grundy, 1996).

Os eicosanóides são grupos de compostos biologicamente ativos de vinte carbonos (C20) que incluem as prostaglandinas, tromboxanas e leucotrienos. Todos eicosanóides são derivados do ácido araquidônico. São sintetizados a partir dos ácidos graxos poliinsaturados componentes dos fosfolípidos das membranas celulares. São hormônios parácrinos, substâncias que agem somente nas células próximas onde são sintetizados. Estão envolvidos na função reprodutiva, na inflamação, febre, dor associada a lesão ou doença, formação das plaquetas e regulação da pressão arterial, secreção de ácidos gástricos, e uma variedade de outros processos importantes na saúde ou doença humana (Nelson & Cox, 2000).

O W-3 é incorporado na membrana da célula e influencia a fluidez da membrana, a função de receptor, a atividade enzimática, as citocinas e a produção de eicosanóides (Nelson & Cox, 2000). A suplementação oral com W-3 de óleo de peixe em sujeitos saudáveis decresce a produção de citocinas pró-inflamatórias interleucinas-2 (Wu, Meydani, Meydani, Hayek, Huth, et al., 1996), e interleucinas-1 nos monócitos isolados, e o fator de necrose tumoral.

Efeitos biológicos dos W-3 são caracterizados pela, diminuição na aderência de plaquetas, diminuição nos níveis de triglicerídios, menos no colesterol, melhora na fluidez da membrana (eritrócitos) e mudanças no endotélio vascular resultantes na produção de compostos anti-inflamatórios.

O W-3 promove, também, a formação da prostaglandina da série E1, estimuladora da liberação de somatotropina (Karlsson, 1997). Os indicativos recentes relacionam-se mais ao desempenho de atividades aeróbias devido às propriedades vasodilatadoras do W-3, melhorando o fluxo de O₂ e nutrientes para os tecidos musculares durante o exercício (Bucci, 1993).

Triglicerídios de cadeia média (TCM)

As principais fontes de TCM são o leite humano, óleo de coco, óleo de palmeira e consistem de ácidos graxos saturados com comprimento de cadeia de 6,8,10 e 12 carbonos (Linscheer & Vergroesen, 1994). São compostos principalmente de octanoato e decanoato com alto valor energético (8.3 kcal/g) (Yeh & Zee, 1976).

Os TCMs são rapidamente hidrolisados tendo pequena participação pancreática. Os seus ácidos graxos são absorvidos diretamente para a circulação portal e transportados pela albumina. São oferecidos para as células e não necessitam de carnitina para adentrarem na mitocôndria, sendo portanto oxidados mais rapidamente que os ácidos graxos de cadeia longa, parecendo mais ao metabolismo dos carboidratos (Bucci, 1993).

Assim, em resumo, os TCMs têm no mínimo quatro propriedades de interesse para o desempenho físico: 1) fonte de energia facilmente disponível; 2) mobilizam estoques de gordura corporal; 3) aumentam a taxa metabólica e 4) poupam a massa muscular (Bucci, 1993). Essas propriedades são desejáveis tanto para os atletas de resistência de longa duração como para os atletas de força.

Possivelmente os TCMs possuem um efeito anticatabólico por sua fácil conversão energética, poupando a massa muscular de perda tecidual na conversão dos aminoácidos em calorías, a exemplo do que ocorre com os carboidratos. Uma vez que eles podem evitar ou diminuir o catabolismo muscular, possibilitam o aumento da taxa metabólica de repouso, com maior mobilização de gordura.

Método

Seleção da amostra

Foram selecionados em academias de musculação doze indivíduos jovens entre 18 e 40 anos, do sexo masculino. Os parâmetros de inclusão no experimento foram considerados: período mínimo de onze meses de prática em exercícios de musculação, estar em fase de treinamento para hipertrofia muscular, não ser fumante, não ser etilista, não fazer uso de esteróides anabólicos ou similares e não possuir histórico de doenças metabólicas.

Todos foram convenientemente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos a que se submeteram e assinaram declaração de consentimento esclarecido, atendendo às normas da Faculdade de Medicina da UNESP em Botucatu.

Protocolo dietético

Foram realizados inquéritos alimentares para determinar-se a alimentação habitual dos participantes e a composição centesimal da mesma, através da programa Virtual Nutri da Escola Paulista de Medicina, adequando-se assim a dieta dos indivíduos para uma ingestão de 1.5 g/prot/dia. Na fase F2 dividiu-se os grupos em suplementados com W-3 (4g/dia) e TCM (4g/dia), sendo esta a única alteração.

Protocolo de atividade física

O período de 28 dias antes do estudo (fase de experimento pré-suplementação, F1) teve como finalidade a equiparação dos níveis de condicionamento muscular dos atletas. Outros 28 dias subsequentes visaram observar a diferença entre a suplementação de W-3 e TCM sobre a hipertrofia muscular (fase de experimento dietético, F2).

No protocolo foram utilizados os seguintes sistemas de treinamento em musculação:

- Exercícios básicos: sistema pirâmide crescente truncada: 4 sets de 12/10/8/6 RMs, no último 'set', fazia-se no sistema forçado ajudado;

- Os demais exercícios: sistema de cargas estáveis - 3 sets de 10 RMs;

Exceções:

- Abdominal e panturrilha: sistema pirâmide decrescente, com 3 sets de 10, 20 e 30 RMs e 8, 15, 20 e 20, respectivamente;

- Sessão 4: sistema combinado de pirâmide crescente truncada com super set, ou agonista x antagonista, com finalidade de condensar-se o tempo de treino ao juntarem-se os grupamentos musculares das sessões 1 e 2 (Rodrigues & Rocha, 1985.; Hakkinen & Hakkinen, 1995; Conley, Stone, Nimmons & Dudley, 1997).

A sessão de treinamento 1 foi composta por exercícios para os grupamentos musculares do peitoral, ombros, tríceps e abdome. A sessão 2 envolveu exercícios para os grupamentos musculares das costas, bíceps e antebraço. A sessão 3 consistiu de exercícios para coxa, panturrilha, glúteos e lombar. A sessão 4 foi composta por exercícios para peito, costa, braço, ante-braço, ombro e abdome. E, por fim, a sessão 5 repetiu os grupamentos musculares da sessão 3.

Avaliação da composição corporal

A avaliação da composição corporal foi realizada no final dos primeiros 28 dias de adaptação (F1) e no final do período de intervenção dietética (F2). Foram avaliados estatura (A) e peso corporal (P) através de balança de plataforma Filizolla, com precisão de 0.1 kg para peso e 0.1 cm para comprimento, de acordo com os procedimentos descritos por Pollock e Wilmore (1993). Todos os atletas foram medidos e pesados descalços, vestindo apenas sunga. Baseado nas medidas de peso e estatura calculou-se o índice de massa corpórea (IMC) por meio do quociente peso corporal/

estatura², sendo o peso corporal expresso em quilogramas (kg) e a altura em metros (m).

A composição corporal foi obtida por meio de antropometria realizada por um adipômetro científico da marca Cescorf, com pressão constante de 10 g/mm³ na superfície de contato e precisão de 0.1 mm, que mede a espessura do tecido adiposo subcutâneo. Foram realizadas as seguintes medidas de dobras cutâneas: peitoral (PCE), abdominal (PCA), coxa (PCC) e panturrilha (PCP) (Guedes, 1994). A partir das medidas das pregas cutâneas foi calculado o percentual de gordura dos atletas pela equação de Jackson e Pollock (1982) a partir da somatória de três pregas cutâneas (PCE, PCA e PCC), utilizando-se tabela de conversão para idade e sexo. Foram avaliadas também circunferências de braço relaxado (CB), antebraço (CAT), panturrilha (CP) e coxa (CC) por meio de fita metálica flexível, com precisão de 0.1 cm, de acordo com as técnicas convencionais, descritas por Pollock e Wilmore (1993).

A massa muscular (MM), em gramas, foi calculada a partir de medidas antropométricas pela equação:

$$MM = A(0.0553.Gt^2 + 0.0987.Gf^2 + 0.0331.Gc^2) - 2445$$

Onde A é a estatura, G1 é a circunferência da coxa corrigida pela sua respectiva prega cutânea, Gf é a circunferência máxima do antebraço e Gc é a circunferência máxima da panturrilha corrigida pela prega cutânea de perna medial, sendo todas as medidas em cm. As correções das circunferências foram feitas subtraindo-as por pp vezes as respectivas dobras cutâneas (Jelliffe & Jelliffe, 1969).

Coleta de sangue

As coletas de sangue venoso foram realizadas nas primeiras horas da manhã após jejum de 8-10 horas, mediante punção da veia cubital usando agulhas e seringas descartáveis. Essas coletas foram realizadas no Centro de Metabolismo e Nutrição (FMUNESP, SP) e na Academia Iron, onde foram realizados os testes de exaustão. Após a separação do soro ou plasma, esse material foi encaminhado à se-

ção de análises clínicas do Hospital das Clínicas da FMUNESP, para a realização das análises de hematócrito (técnica de microhematócrito), cálcio iônico, sódio, hemogasimetria (pH, PO₂, PCO₂, HCO₃), osmolalidade, enzimas (TGO, TGP, LDH, CK, CK-MB), ácido úrico e glicose (método glicose oxidase), testosterona total e livre, cortisol, prolactina e hormônio do crescimento (GH) sanguíneos dosados pela técnica de radioimunoensaio (RIE) (Dwenger, 1984). Os kits foram fornecidos pela *Diagnostic Products Corporation* (DPC) de Los Angeles, EUA.

Análise Estatística

Os resultados do M1 e M2 são apresentados nas tabelas na forma de valor médio ± desvio padrão. A análise das mensurações consecutivas das variáveis consideradas foi feita por meio de medidas repetidas e com a construção dos intervalos de confiança (95%) para comparação dos momentos. A comparação entre grupos em cada momento foi feita pelo teste t de Student para amostras independentes. As conclusões estatísticas foram realizadas no nível de 5% de significância simultâneos (Johnson & Wichern, 1992).

Resultados

Os resultados da idade, antropométricos, peso, índice de massa corporal (IMC), porcentagem de gordura (% G), massa muscular (M. Mu), e massa magra (M. Ma), de M1 para M2, de ambos os grupos, encontram-se na tabela 1 e 2. Houve um aumento da M. Mu para ambos os grupos, sendo um pouco mais pronunciada no grupo TCM em relação ao W-3 (+ 2.0 kg e + 1.4 kg, respectivamente). A massa magra aumentou em 1.8 kg e 1.4 kg para o grupo TCM e W-3, respectivamente. O percentual de gordura pouco se alterou, sendo que o maior aumento foi para o grupo W-3, com + 1.3% e + 0.2% para o TCM.

As variações de uma repetição máxima (1-RM) para supino e Hack estão na Tabela 3 e para remada baixa, rosca

Tabela 1. Idade (anos), peso (kg), IMC, % de gordura, nos momentos 1 e 2, para os grupos W-3 e TCM

	Idade	Atletas do Grupo W-3							
		Peso		IMC		% G a		% G b	
		M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
M	26.7	82.6	83.9	26.2	26.6	12.8	12.7	15.3	16.6
DP	±6,0	±10	±10	±3.5	±3.3	±4.0	±3.5	±2.7	±2.1
	Idade	Atletas do Grupo TCM							
		Peso		IMC		% G a		% G b	
		M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
M	18.8	74.6	76.5	23.5	24.1	10.2	10.3	14.2	14.4
DP	± 1.3	±9.7	±8.1	±2.9	±2.5	±2.6	±2.5	±4.7	±4.5

Nomenclatura:

IMC: Índice de massa corporal

%G a: Percentual de gordura estabelecido por antropometria

%G b: Percentual de gordura estabelecido por bioimpedância

direta e tríceps, na Tabela 4. Foram avaliadas as variações relativas entre os momentos: M1 - M0 (M1' - Fase 1), M2 - M1 (M2' - Fase 2). Houve um aumento estatisticamente significativo em relação ao M1' e M2', para os testes de 1 RM, com exceção do exercício rosca direta. Em nenhum dos testes encontrou-se diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Os maiores ganhos percentuais entre M1' e

M2' foram para os exercícios Hack (15.3% - W-3 e 14.1% - TCM) > remada baixa (10.4% - W-3 e 13.92% - TCM) > tríceps (9.8% - W-3 e 12.2% - TCM) > supino (5.3% - W-3 e 7.6% - TCM) > rosca direta (4% - W-3 e 4.4% - TCM).

Os dados do cortisol, GH, testosterona total e livre, estão na Tabela 5. Houve aumento significativo para o cortisol basal do grupo W-3 quando comparado ao grupo TCM.

Tabela 2. Massa muscular e massa magra, nos momentos 1 e 2, para os grupos W-3 e TCM

Atletas do Grupo W-3								
	M.Mu. a		%M. MU a		M.Ma. b		% M.Ma. b	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
M	52.9	54.3	64	64.8	68.6	70	84.7	83.4
DP	±7.2	±6.9	±7.2	±6.9	±7.9	±8.5	±2.7	±2.1
Atletas do Grupo TCM								
	M.Mu. a		%M. MU a		M.Ma. b		% M.Ma. b	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
M	47.8	49.8	63.2	64.7	63.6	65.4	85.8	84.4
DP	±7.7	±6.9	±2.9	±3.3	±7.1	±6.9	±4.7	±4.3

Nomenclatura:

M.Mu. a: Massa muscular estabelecida por antropometria

%M.Mu a: Percentual da massa muscular em relação ao peso, estabelecido por antropometria

M.Ma b: Massa muscular estabelecida por bioimpedância

%M.Ma b: percentual da massa muscular em relação ao peso, estabelecido por bioimpedância

Tabela 3. Variação percentual média relativa no RM para os exercícios supino e Hack

Exercício	Supino		Hack	
	M1'	M2'	M1'	M2'
Grupos/ Momentos				
W-3	3.4% a (A)	8.7% a (B)	10.0% a (A)	25.3% a (B)
TCM	1.2% a (A)	8.8% a (B)	8.4% a (A)	22.5% a (B)

Nomenclatura:

Letras: minúsculas comparam tratamentos em cada momento; maiúsculas, comparam momentos em cada tratamento; iguais, indicam que não existe diferença significativa ($P < 0.05$).

M1' = variação relativa da fase 1 (D F1 = M1 - M0)

M2' = variação relativa da fase 2 (D F2 = M2 - M1)

Tabela 4. Variação percentual média relativa no RM para os exercícios remada baixa, rosca direta e tríceps

Exercício	Remada baixa		Rosca direta		Tríceps	
	M1'	M2'	M1'	M2'	M1'	M2'
Grupos/ Momentos						
W-3	4.86%	15.0%	1.7%	5.7%	10.0%	19.8%
	a (A)	a (B)	a (A)	a (A)	a (A)	a (B)
TCM	5.48%	19.4%	7.3%	11.7%	8.8%	21.0%
	a (A)	a (B)	a (A)	a (A)	a (A)	a (B)

Nomenclatura:

Letras: minúsculas comparam tratamentos em cada momento; maiúsculas, comparam momentos em cada tratamento; iguais, indicam que não existe diferença significativa ($P < 0.05$).

M1' = variação relativa da fase 1 (D F1 = M1 - M0)

M2' = variação relativa da fase 2 (D F2 = M2 - M1)

O GH aumentou em atividade física extenuante, com diferença estatisticamente significativa no momento 2 entre os grupos. O grupo TCM apresentou concentrações mais

elevadas do que o grupo W-3. Não houve diferença entre os momentos.

Tabela 5. Cortisol, GH, testosterona total e livre sanguíneos antes e depois da exaustão nos momentos - M1 e M2

Momentos/ Grupos	Cortisol (ug/dl)			
	M1 a	M1 d	M2 a	M2 d
W-3	18.3 a (A)	18.0 a (A)	21.5 a (A)	22.1 a (A)
TCM	17.2 a (A)	17.3 a (A)	17.4 b (A)	18.1 a (A)
	GH (ng/ml)			
	M1 a	M1 d	M2 a	M2 d
W-3	0.338 a (A)	0.698 a (A)	0.16 a (A)	0.434 a (A)
TCM	1.158 a (A)	2.556 a (A)	0.13 a (A)	2.168 b (A)
	Testosterona total (ng/ml)			
	M1 a	M1 d	M2 a	M2 d
W-3	508.0 a (A)	634.3 a (A)	574.3 a (A)	728.1 a (B)
TCM	531.0 a (A)	635.0 a (A)	541.0 a (A)	680.2 a (B)
	Testosterona livre (ng/ml)			
	M1 a	M1 d	M2 a	M2 d
W-3	15.2 a (A)	16.3 a (A)	18.6 a (A)	23.8 a (B)
TCM	16.1 a (A)	21.0 a (A)	15.6 a (A)	19.3 a (A)

Nomenclatura:

Letras: minúsculas comparam tratamentos em cada momento; maiúsculas, comparam momentos em cada tratamento; iguais, indicam que não existe diferença significativa ($P < 0.05$).

M1a: valores obtidos antes do teste de exaustão

M1d: valores obtidos depois do teste de exaustão

Discussão

Protocolo de força

Para causar adaptações em atletas treinados em musculação, o estímulo que promove aumento de força parece relacionar-se com algum grau de lesão no músculo para estimular as células satélites provocarem um maior grau hipertrófico/hiperplásico, o que é demonstrado em modelos animais (Kelley, 1996). Existe um indicativo que nestes níveis de estímulo, as células satélites causariam uma cisão de grande fibras musculares no processo hiperplásico (Antonio & Gonyea, 1993).

Um estudo recente demonstrou em modelo animal que o líquido formado pela lesão muscular tem propriedades mitogênicas que estimulam as células satélites a proliferarem em cultura. Foram induzidas lesões musculares em ratos, divididos em dois grupos: induzidas por excesso de exercício e outro por distensão muscular. Extratos musculares foram preparados das fibras vermelhas e brancas das pernas de ratos jovens. Foi injetado 1 mg de extrato de músculo, uma hora após o exercício, em três ratos do grupo exercitado. Os outros três ratos do mesmo grupo receberam albumina bovina. As injeções foram repetidas por quatro dias. Após dois dias foi colocado junto com as injeções três e quatro, extrato de músculo ou solução de controle. O tratamento para o grupo de distensão muscular seguiu o mesmo procedimento do grupo exercitado. Os resultados foram significativamente superiores quanto ao aumento de mionúcleos, à reparação local, e para o grupo exercitado que recebeu extrato de músculo, comparado com o controle de albumina bovina. No grupo de distensão muscular, foi

significante a regeneração muscular e menor a fibrose da lesão, comparada com o controle que teve uma fibrose maciça e uma pequena regeneração do músculo. Os resultados demonstraram que as fibras musculares contêm mitogênese pré-existente. A lesão da fibra estimula a mitogênese normalmente latente na fibra muscular e pode aumentar a reparação da lesão muscular. Todavia, em situação normal de lesão do músculo, os tecidos fibrosos crescem mais rapidamente em resposta à reação inflamatória, e apenas uma pequena parte de regeneração da fibra muscular está presente (Li, Li, Lee, Xie & Chan, 1998).

Os exercícios excêntricos caracterizam-se por um maior aumento da hipertrofia muscular (Hather, Tesch, Buchanan & Dudley, 1991; Fitts, Widrick & Jeffrey, 1996), pelo aumento da tensão muscular em até 40% e lesão muscular. A lesão aumenta a atividade da creatina quinase em até cinco vezes nas 24 horas após o treino (Jones, 1993).

O protocolo de treino foi desenvolvido cronologicamente dos grupamentos musculares maiores para os menores. O objetivo desta estratégia é não cansar os grupamentos musculares menores antes, limitando o trabalho dos grandes grupamentos musculares. Quando músculos menores são fatigados antes de exercícios multiarticulares, não permitem o trabalho máximo dos grandes músculos.

Nos exercícios do tipo 'super set,' ou agonista-antagonista, o intervalo foi apenas o de mudança entre os exercícios. Esta estratégia faz com que o músculo que terminou a série de exercícios tenha recuperação ativa, sendo alongado enquanto seu antagonista trabalhe ativamente. Isto aumenta muito a tensão articular envolvida no movimento e a sobrecarga do treinamento (Rodrigues & Carnaval, 1985).

O número de repetições entre três e doze RM's e três

séries, parece ser melhor para proporcionar hipertrofia, comparado com uma ou duas séries por exercício (McArdler, Katch & Katch, 1998). Estudo recente comparando o número das repetições para três séries, encontrou que entre 13 e 15 RMs e entre 23 e 25 RMs apresentavam melhor resultado às repetições entre 3 e 5 RM's, para causar hipertrofia das pernas (Antonio, 2000). O protocolo de treinamento procurou seguir tendências atuais do treinamento de musculação para hipertrofia muscular e aumento de força.

Alterações hormonais

A testosterona livre aumentou significativamente no grupo W-3, após exercício extenuante. A testosterona relaciona-se com ao aumento de força e massa muscular (Grundling & Bachmann, 1996), a forma livre é a forma biologicamente ativa da testosterona plasmática (Devlin, 1997). Este fato pode ter contribuído para o aumento de força do grupo W-3. A testosterona parece também ter uma acomodação na resposta neuroendócrina ao treinamento, sendo menos sensível ao estímulo com o ganho no condicionamento de força (Häkkinen & Pakarinen, 1994). Estes mesmos autores encontraram uma correlação direta com o aumento de força concêntrica e o aumento da taxa de testosterona sérica para o hormônio sexual ligado à globulina. Todavia, em um estudo desenvolvido por Häkkinen, Pakarinen e Kallinen (1992), mulheres submetidas à treinamento de musculação aumentaram significativamente a força sem alterações significativas nas concentrações séricas de testosterona, testosterona livre, cortisol e hormônio sexual ligado à globulina (SHBG). A força pode aumentar sem alterações no GH ou testosterona (Häkkinen et al., 1992; Yarasheski, Campbell, Smith, Rennie, Holloszy, et al., 1992; Deyssing, Frisch, Blum & Waldhör, 1993). Observou-se um significativo aumento de força para o ambos os grupos, sem alterações significativas para o GH e o grupo TCM não alterou a testosterona.

O GH e a testosterona não têm um efeito direto, mas sim estimulam o fígado a produzir e liberar IGF-1 (Insulin Like Growth Factors - fatores de crescimento tipo insulina) (Grundling & Bachmann, 1996), sendo suas ações sobre o músculo ao menos parcialmente secundárias ao IGF-1. Todavia, o eixo GH-IGF está longe de ser compreendido (Rooyackers & Nair, 1997). O aumento de GH pode influenciar o ganho de massa muscular, força e a queima de gordura, especialmente naqueles indivíduos deficientes e que recebem uma suplementação alimentar (Vittone et al., 1997).

Estudo conduzido com atletas de potência que receberam por seis semanas 0.09 U/kg/dia de GH, não apresentaram mudanças significativas na força máxima concêntrica do bíceps e quadríceps e nem alterações antropométricas (Deyssing et al., 1993). Outro estudo conduzido por Yarasheski et al., (1992), encontrou resultados similares.

O GH aumentou significativamente somente para o grupo TCM no M2. Todavia observou-se aumento sempre após exercício extenuante para ambos os grupos e momentos. No M1 houve um aumento de 2.7 e 2.21 vezes para o grupo W-3 e grupo TCM, respectivamente. No M2, após a exaustão,

os aumentos foram de 2.71 vezes e 16.68 vezes para o grupo W-3 e grupo TCM, respectivamente. O grande desvio padrão pode ter influenciado a não significância dos dados.

O GH parece responder à intensidade e à hipóxia do treinamento. Quando indivíduos foram submetidos a treinamento até a exaustão, não obstante a carga ser relativamente baixa (20% de 1 RM, 14 reps x 5 sets) para o exercício extensão dos joelhos sentado, exercitando-se até a exaustão e comparando-se com e sem oclusão circulatória, houve um notável aumento no GH dos primeiros, chegando à 290 vezes mais elevada do que a concentração de repouso (Kjaer M, Secher, Bach, Sheikh & Galbo, 1999; Takarada, Nakamura, Aruga, Miyasaki & Ishii, 2000). Isto parece indicar que, além do grau de intensidade e do volume do treino, a hipóxia tenderia a aumentar a liberação de GH.

O cortisol é considerado um hormônio de adaptação ao estresse e responde aumentando em atividades intensas e situações que causem estresse sistêmico. Pesquisa em humanos que corriam em esteira até a exaustão (15.2 +/- 0.7 min.), encontrou uma elevação do cortisol de 183%, com amostras colhidas entre 17 e 21 minutos após a atividade. A magnitude das respostas à elevação do cortisol não dependia do tempo total, uma vez que era mantido a mesma intensidade relativa até a exaustão (Oleshansky, Zoltick, Herman, Mougey & Meyerhoff, 1990). Outro estudo mostrou resultados similares (Farrell, Garthwaite & Gustafson, 1983). Isto reforça a idéia de que o cortisol tem a exaustão como sincronizador mais forte em relação à atividade, em vez do tempo de duração.

A única diferença estatisticamente significativa encontrada foi o aumento para o grupo W-3, pré exaustão no M2. O mecanismo pelo qual possivelmente o W-3 possa ter elevado os valores basais do cortisol é desconhecido. Não houve diferença significativa entre antes e depois da exaustão, como era esperado.

Ganho de força

A maioria dos estudos de corte cruzado, em atletas treinados contra resistência demonstra aumento de massa muscular e força (McCall et al., 1996). A literatura suporta que determinadas substâncias nutricionais podem oferecer ergogênese adicional ao treinamento. A creatina tem sido associada a um maior aumento de massa magra e força (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000); os BCAAs (aminoácidos de cadeia ramificada) possuem efeitos anticatabólicos, diminuindo a mobilização de aminoácidos essenciais nos exercícios estressantes (MacLean, Graham & Saltin, 1994); a suplementação de determinados ácidos graxos como W-3 e TCM é relacionada a um aumento da massa muscular, força e potência (Bucci, 1993).

No presente estudo houve um aumento na massa muscular de 1.4 kg para o grupo W-3 e de 2 kg para o TCM, no período suplementado. Houve um concomitante aumento da força, estabelecido pelo teste de 1 RM, sendo que, na fase suplementada (F2), o aumento foi significativamente superior em relação à fase não suplementada (F1).

Os aumentos médios de carga dos cinco exercícios na fase F1 (D M1'), para o grupo W-3 foi de 5.99% e para o TCM, 6.23%. No fase F2 (D M2'), o aumento para o W-3 foi de 14.9% e para o TCM 16.68%, sugerindo que a suplementação tanto com o W-3 como com o TCM, possa ter contribuído no ganho de força. Todavia não se pode descartar a possibilidade da interferência dos efeitos retardados do treinamento. Poderão decorrer até dois meses para que um estímulo cause modificações hipertróficas no músculo (Antonio & Gonyea, 1993).

A revisão de literatura sugere efeitos de ganho de força e hipertrofia (Bucci, 1993) e melhora do VO₂ máximo (Brilla & Landerholm, 1990) com a suplementação de W-3, diminuição do percentual de gordura e efeitos anticatabólicos do tecido magro em atletas de musculação, com o uso de TCM (Manore, Thompson & Russo, 1993). Estudos futuros com grupo controle deverão ser realizados para esclarecer a diferença entre os efeitos da suplementação de W-3 ou TCM e os efeitos retardados do treinamento.

Conclusão

A fase suplementada teve um aumento significativo nas cargas do teste de 1 RM não apresentando diferença entre os grupos, sugerindo efeitos ergogênicos dos ácidos graxos W-3 e TCM. Não se pode todavia, descartar os efeitos retardados do treinamento pela falta de grupo controle.

Referências

- Alway, S. E.; Grumbt, W.H.; Stray-Gundersen, J. & Gonyea, W. J. (1992). Effects of resistance training on elbow flexors of highly competitive bodybuilders. *J. Appl. Physiol.*, 72, 1512-1521.
- Antonio, J. (2000). Sir squats-a-lot. *Muscle & Fitness*, Sept., 40.
- Antonio, J. & Gonyea, W. J. (1993). Skeletal Muscle Fiber Hyperplasia. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25(12), 1333-1345.
- Astrand, P. O. & Rodahl, K. (1987). *Tratado de Fisiologia do Exercício* (2ª Edição). Rio De Janeiro: Guanabara.
- Brilla, L. R. & Landerholm, T. E. (1990) Effect of fish oil supplementation and exercise on serum lipids and aerobic fitness. *J. Sports Med. Fitness*, 30, 173-80.
- Bucci, L. (1993). *Nutrients as Ergogenics aids for Sports and Exercise* (1ª Ed). Houston: CRC Press.
- Conley, M. S.; Stone, M. H.; Nimmons, M.; Dudley, G. A. (1997). Specific of resistance training responses in neck muscle size and strenght. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 75(5): 443-8.
- Cote, C. J.; Simoneau, A.; Lagasse, P.; Boulay, M. C.; Thibault, T.; Marcotte, M. & Bouchard, C. (1988). Isokinetic strength training protocols: do they induce skeletal muscle fiber hypertrophy? *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 69, 281-285.
- Devlin, T. M. (1997). *Textbook of Biochemistry - with Clinical Correlations* (4th Edition). New York: Wiley-Liss.
- Deysing, R.; Frisch, H.; Blum W.F. & Waldhör, T. (1993). Effect of growth hormone treatment on hormonal parameters, body composition and strength in athletes. *Acta Endocrinol (Copenh)*, 128 (4), 313-8.
- Duarte, J. A.; Magalhaes, J. F.; Monteiro, L.; Almeida, D. A.; Soares, J. M. C. & Appell, H. J. (1999). Exercise-Induced Signs Of Muscle Overuse In Children. *Intern. J.Sport.Med.*, 20 (2), 103-108.
- Dwenger, A. (1984). Radioimmunoassay: An Overview. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.*, 22, 883-94.
- Farrell, P. A.; Garthwaite, T. L. & Gustafson, A. B. (1983). Plasma Adrenocorticotropin And Cortisol Responses To Submaximal And Exhaustive Exercise. *J.Appl.Physiol.*, 55(5), 1441-4.
- Fitts, R. H.; Widrick, J.J. & Jeffrey J. (1996). Muscle Mechanics: Adaptations With Exercise-Training. *ACSM Exercise And Sport Sciences Rewiews*, 24, 427-473.
- Fox, E. L. & Mathews, D. K. (1986). *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos* (3ª Edição). Rio De Janeiro: Guanabara Koogan.
- Grunding, P. & Bachmann, M. (1996). *World Anabolic Review*. Houston: Mb Muscle Books.
- Grundy, S. M. (1996). Dietary Fat. Em: E. Ziegler & L. J. Filer (Eds.). *Present Knowledge in Nutrition* (7ª Ed.) (pp. 44-57). Washington: ILSI.
- Guedes, D. P. (1994). *Composição Corporal: Princípios, Técnicas e Aplicações* (2a. Ed.). Londrina: APEF.
- Häkkinen, K. (1989). Neuromuscular and Hormonal Adaptations During Strength And Power Training. A Rewiew. *J Sports Med Phys Fitness*, 29 (1), 9-26.
- Hakkinen, K.; Hakkinen, A. (1995 Apr-May). Neuromuscular adaptations during intensive strenght training in middle-age and elderly males and females. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.*, 35(3): 137-47.
- Häkkinen, K. & Pakarinen, A. (1994). Serum Hormones and Strength Development during Strength Training In Midle-Age Elderly Males And Females. *Acta Physiol. Scand.*, 150 (2), 211-9.
- Häkkinen, k.; Pakarinen, A. & Kallinen, M. (1992). Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short-term intensive strenght training. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 64(2), 106-11.
- Hather, B. M.; Tesch, P.A.; Buchanan, P. And Dudley, G.A. (1991). Influence of Eccentric Actions on Skeletal Muscle Adaptations to Resistance Training. *Acta.Physiol. Scand.*, 143, 177-185.
- Hay, J. G. & Reid, J. G. (1985). *As Bases Anatômicas e Mecânicas do Movimento Humano*. Rio De Janeiro: Prentice Hall Do Brasil.
- Jelliffe, E. F. & Jelliffe, D. B. (1969). The arm circumference as a public health index of protein-calorie malnutrition of early childhoold (Letter to the editor). *J. Trop. Pediatr.*, 15, 139.
- Johnson, R.A. & Wichern, D.A. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (3rd Ed.). New Jersey: Prentice-Hall

- International.
- Jones, A. (1993). Negative-accentuated strength training. *Athletic Journal*, 55(5), 100-101.
- Karlsson, J. (1997). *Exercise, Mixed Diets and Nutrathrapy*. Champaign: Human Kinetics.
- Kelley, G. (1996). Mechanical overload and skeletal muscle fiber hyperplasia: A meta-analysis. *J. of Appl. Physiol.*, 81(4), 1584-1588.
- Kjaer, M.; Secher, N.H.; Bach, F.W.; Sheikh, S. & Galbo, H. (1989). Hormonal and metabolic responses to exercise in humans: Effect of sensory nervous blockade. *Am. J. Physiol.*, 257(1 Pt 1), E95-101.
- Kraemer, W. J.; Fleck, S. J. & Evans, W. J. (1996). Strength and power training: Physiological mechanisms of adaptation. *ACSM Exercise and Sport Sciences Rewiews*, 24, 363-397.
- Li, M.; Li, J.X.; Lee, S.; Xie, R. & Chan, K.M. (1998). Free Communication/Slide Presentation Skeletal Muscle (6). Chan, Department Of Orthopedics & Traumatology, The Chinese University Of Hong Kong, Shatin, N. T, Hong Kong. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30(5), S1, 1998.
- Linscheer, W.G. & Vergroesen, A.J. (1994). Lipids. Em: M. Shils (Ed.). *Modern Nutrition in Health and Disease. Vol 1* (8ª Ed) (pp. 47-88). Philadelphia: Lea & Febiger.
- Manore, M.M.; Thompson, J. & Russo, M. (1993). Diet and exercise strategies of a world-class bodybuilder. *Int. J. Sport Nutr.*, 3, 76-86.
- Matvéiev, L. P. (1986). *Fundamentos do Treino Desportivo*. Lisboa: Horizonte da Cultura Física.
- McCall, G. E.; Byrnes, W. C.; Dickinson, A.; Pattany, P. M. & Fleck, S. J. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J. of Appl Physiol.*, 81(5), 2004-2012.
- McArdler, W. D. Katch, F. I. & Katch, V. L. (1998). *Fisiologia do Exercício - Energia, Nutrição e Desempenho Humano* (4a. Edição). Rio De Janeiro: Guanabara Koogan.
- McLean, D. A.; Graham, T. E. & Saltin, B. (1994). Branched-chain amino acid augment ammonia metabolism while attenuating brekdwon during exercise. *Am. J. Physiol.*, 267(6), E1010-22.
- Meydani, M. (2000). Omega-3 Fatty acids alter soluble markers of endothelial function in coronary heart disease patients. *Nutrition Reviews*, 58(2), 56-59.
- Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2000). *Lehninger Priciples of Biochemistry* (3rd Edition). New York: Worth Publishers.
- Newham, D. J.; Jones, D. A. & Clarkson, P. M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: Effects on muscle pain and damage. *J. Appl. Physiol.*, 63(4), 1381-6.
- Oleshansky, M. A.; Zoltick, J. M.; Herman, R. H.; Mougey, E. H. & Meyerhoff, J. L. (1990). The influence of fitness on neuroendocrine responses to exhaustive treadmill exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 59(6), 405-10.
- Pollock, M. L. & Wilmore, J. H. (1993). *Exercícios na Saúde e na Doença - Avaliação e Prescrição para Prevenção e Reabilitação* (2ª Edição). Rio De Janeiro: MEDSI.
- Rodrigues, C. E. C.; Carnaval, P. E. (1985). *Musculação: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Sprint.
- Rodrigues, C.E. & Rocha, P.E. (1985). *Musculação: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Sprint.
- Rooyackers, O. E. & Nair, K. S. (1997). Hormonal regulation of human muscle protein metabolism. *Annu Ver. Nutr.*, 17, 457-85.
- Takarada, Y.; Nakamura, Y.; Aruga, S.; Miyasaki, S. & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J. Appl. Physiol.*, 88(1), 61-5.
- Vittone, J.; Blackman, M. R.; Busby, W. J.; Tsiao, C.; Stewart, K. J. et al. (1997). Effect of single nightly injections of growth hormone-releasing hormone (GHRH). *Metabolism*, 46(1), 89-96.
- Wu, D.; Meydani, S. N.; Meydani, M.; Hayek M. G.; Huth, P. & Nicolosi, R. J. (1996). Immunologic effectes of marine and plant derived n-3 polyunsaturated fatty acids in nonhuman primates. *Am. J. Clin. Nutr.*, 63(2), 273-80.
- Wyss, M. & Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiol. Reviews*, 80(3), 1107-1213.
- Yarasheski, K.E.; Campbell, J.Á.; Smith, K.; Rennie, M.J; Holloszy, J. O. & Bier, D. M. (1992). Effect of growth hormone and resistance exercise on muscle growth in young men. *Am J. Physiol.*, 262:3 Pt 1, E2612-7.
- Yeh, Y. Y. & Zee, P. (1976). Relation of ketosis to metabolic changes induced by acute medium-chain triglyceride feeding in rats. *J. Nutr.*, 106, 58-67.

Nota dos autores

Carlos Alexandre Fett é filiado à Faculdade de Educação Física da UFMT, à Faculdade de Educação Física da UNESP de Rio Claro e ao Centro de Metabolismo e Nutrição (CEMENUTRI) da Faculdade de Medicina UNESP de Botucatu.

Angela Petricio, Nailsa Maestá, Camila Correa e Roberto Carlos Burini são filiados ao Centro de Metabolismo e Nutrição (CEMENUTRI) da Faculdade de Medicina UNESP de Botucatu.

Adalberto José Crocci é filiado ao Depto. de Bioestatística do IB UNESP de Botucatu.

Endereço:

R. Albert Einstein, 92, apto 111, Jardim Antartica
Ribeirão Preto 14051-110, SP

E-mail: fett@musclemail.com

fett@e-mailanywhere.com

Fone: 0xx16 3963 1480

Fax: 0xx65 615 8838 (UFMT)

Manuscrito recebido em 23 de março de 2001

Manuscrito aceito em 19 de novembro de 2001