UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

**TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA E POTÊNCIA: ADAPTAÇÕES NEURAIS,
COORDENATIVAS E DESEMPENHO NO SALTO VERTICAL**

Leonardo Lamas Leandro Ribeiro

SÃO PAULO

2007

**TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA E POTÊNCIA: ADAPTAÇÕES NEURAIS,
COORDENATIVAS E DESEMPENHO NO SALTO VERTICAL**

LEONARDO LAMAS LEANDRO RIBEIRO

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

ORIENTADOR: PROF. DR. VALMOR A. A. TRICOLI

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela oportunidade de estar no esporte. Desde a escolinha de basquete do mestre Buru, sigo nesse extenso “curso de esporte”, sempre jogando em equipes. E a equipe do Mestrado foi brilhante!! Como em um jogo, no Mestrado, sozinho eu sequer poderia ter entrado em quadra. O que conquistamos com esse trabalho é mérito do jogo coletivo da equipe da qual faço parte. Rendo minha homenagem a esses companheiros de altíssimo nível:

Ao Maurão e Hamilton pelo trabalho de bastidores antes que tudo começasse e nos ajustes finos do meio do caminho;

Ao René, Bruno Pivetti, Rodrigo Suelotto, Dennis e Tio, pela enorme ajuda na aplicação dos treinos;

Ao Xuxa, sempre trabalhando pesado nos “jejuns forçados” das coletas de dados;

À Eugênia, pela competência e disposição em me livrar de apuros;

Ao Prof. Dr. André Fabio Kohn, ao Sandro e ao Fernando. Graças à colaboração dessas pessoas foi agregado um valor indiscutível ao trabalho;

Ao Prof. Dr. Gerson Campos e Prof. Dr. Marcelo Saldanha, companheiros na abertura de uma nova e auspiciosa linha de pesquisa para o nosso grupo;

Ao Dr. Marcelo Regazzini, pela perícia e cuidado;

Aos sujeitos, que deram mais do que sangue, de verdade, pela pesquisa e sem os quais não haveria sobre o que dissertar;

Aos “coaches” da equipe, Prof. Dr. Valmor Tricoli e Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch, meu profundo reconhecimento pelo absoluto suporte e dedicação para o meu aperfeiçoamento;

À Vanessa, companheira de todas as horas, minha fonte de inspiração e felicidade;

À minha amada família, a maior benção de toda a minha vida. Simplesmente não saberia jogar sem esta calorosa torcida!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 Objetivos específicos.....	2
3 REVISÃO DA LITERATURA	3
3.1 Características dos métodos de treinamento.....	3
3.1.1 Zona de Potência Máxima.....	4
3.2 Adaptações nos parâmetros da força com o treinamento.....	9
3.3 Adaptações neurais ao treino de força.....	9
3.4 Desempenho no salto vertical.....	9
3.4.1 Tipos de salto vertical.....	9
3.4.2 Transferência da força motora para o salto vertical.....	9

4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
4.1	Amostra.....	9
4.2	Teste de força dinâmica máxima.....	9
4.3	Teste de salto vertical.....	9
4.3.1	Procedimentos para medida do sinal eletromiográfico (EMG) no salto vertical.....	9
4.3.2	Procedimentos para análise do sinal eletromiográfico (EMG) no salto vertical.....	9
4.3.3	Registro e cálculo das variáveis cinemáticas no salto vertical.....	9
4.3.4	Registro e cálculo das variáveis cinéticas no salto vertical.....	9
4.3.5	Cálculo dos momentos articulares no salto vertical.....	9
4.4	Teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM).....	11
4.5	Protocolos de treinamento	12
5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	15
6	RESULTADOS.....	15
6.1	Força dinâmica máxima.....	16
6.2	Salto vertical.....	18
6.3	Contração voluntária isométrica máxima (CVIM).....	19
7	DISCUSSÃO	20
7.1	Força dinâmica máxima.....	21
7.2	Contração voluntária isométrica máxima (CVIM).....	21
7.2.1	Sinal eletromiográfico.....	22
7.2.2	Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF).....	22
7.3	Salto vertical.....	21
7.3.1	Desempenho no salto vertical.....	21

7.3.2	Coordenação no salto vertical.....	21
7.3.3	Sinal eletromiográfico.....	9
7.3.4	Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF).....	9
7.3.5	Torques articulares.....	9
8	CONCLUSÃO.....	9
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9
10	ANEXO.....	9

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Caracterização do treinamento de força máxima e de potência tendo por critério parâmetros da carga, modificado de KRAEMER & RATAMESS (2004).....	23
TABELA 2 - Carga absoluta (Kg) levantada, duração total de um ciclo de movimento, tempo para atingir a máxima força de reação do solo (T máximo) e o percentual do tempo total do movimento no qual a força máxima foi atingida (% T máximo).....	24
TABELA 3 - Parâmetros cinemáticos e cinéticos dos saltos CMJ e SJc (salto a partir da posição de semi-agachamento, partindo da mesma posição inicial do início da fase concêntrica do CMJ), média ($\pm$ DP) (BOBERT et al., 1996).....	25
TABELA 4 - Comparação entre CMJ e SJc quanto aos ângulos do início da propulsão e da decolagem e momento no início da propulsão para cada articulação envolvida no salto vertical, média ($\pm$ DP) (BOBBERT et al., 1996).....	26
TABELA 5 - Características antropométricas da amostra.....	27
TABELA 6 - Protocolo de treinamento do Grupo Força (TF).....	23
TABELA 7 - Protocolo de treinamento do Grupo Potência (TP).....	23
TABELA 8 - Grupo de treinamento TP, número de séries e repetições semanais.....	28
TABELA 9 - Grupo de treinamento TF, número de séries e repetições semanais.....	28
TABELA 10 - Percentual médio de carga utilizado por cada um dos grupos ao longo das oito semanas.....	28

TABELA 11 -	Força máxima (Kg) no exercício agachamento no pré-teste, após cinco semanas de treino (P5) e após oito semanas de treino (pós-teste), média ($\pm$ DP), para os grupos de treinamento de força (TF), treinamento de potência (TP) e controle (C).....	23
TABELA 12 -	Desempenho no salto vertical: altura (cm) dos saltos com contra-movimento (CMJ) e a partir da posição de semi-agachamento (SJ), pré e pós-teste, média ($\pm$ DP), para os grupos TF, TP e C.....	28
TABELA 13 -	Duração total (s), dos saltos CMJ e SJ, pré e pós-teste, média ($\pm$ DP) para os grupos TF, TP e C.....	28
TABELA 14 -	Duração (s) das fases concêntrica e excêntrica do salto CMJ, pré e pós-teste, média ($\pm$ DP) para os grupos TF, TP e C	29
TABELA 15 -	Eletromiografia dos músculos vasto lateral (VL) e vasto medial (VM), nos saltos com contra-movimento e a partir da posição de semi-agachamento (SJ), pré e pós-teste, média ($\pm$ DP), para os grupos TF, TP e C.....	30
TABELA 16 -	Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) máxima e TDF média (Newtons/segundo), nos saltos CMJ e SJ, pré e pós-teste, média ($\pm$ DP), para os grupos TF, TP e C.....	31
TABELA 17 -	Pico de torque (Newton $\cdot$ metro) no salto SJ para as articulações do tornozelo, joelho e quadril (normalizado pelo peso corporal e estatura dos sujeitos), média ($\pm$ DP).....	32
TABELA 18 -	Pico de torque (Newton $\cdot$ metro) no salto CMJ para as articulações do tornozelo, joelho e quadril (normalizado pelo peso corporal e estatura dos sujeitos), média ($\pm$ DP).....	32
TABELA 19 -	TDF nos 100 primeiros milisegundos da contração (TDF 100 ms), TDF máxima e Pico de força na contração isométrica voluntária máxima (Newton), média ($\pm$ DP).....	32
TABELA 20 -	Integral do sinal eletromiográfico (EMG) nos primeiros 100 milisegundos de contração para os músculos vasto lateral (VL) e medial (VM), média ($\pm$ DP).....	33

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Variação da força de reação do solo (FRS) e velocidade linear da barra (Velocidade) para cargas relativas variando de zero a 70% e uma condição isométrica máxima (KELLIS et al., 2005).....	23
FIGURA 2a - Alteração da curva força-velocidade em resposta ao treinamento na zona de força máxima (KOMI & HAKKINEN, 1988).....	24
FIGURA 2b - Alteração da curva força-velocidade em resposta ao treinamento na zona de velocidade máxima (KOMI & HAKKINEN, 1988).....	24
FIGURA 3 - Velocidade angular dos segmentos envolvidos no salto vertical divididas em quatro fases: velocidade angular negativa, velocidade angular positiva (início do movimento do segmento), aumento da velocidade angular e velocidade angular máxima (Figura adaptada de BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1988).....	24
FIGURA 4 - Salto a partir da posição de semi-agachamento (SJ) e com contra-movimento (CMJ).....	25
FIGURA 5 - Aparato para realização do teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM)	26

LISTA DE ANEXOS

	Página
FIGURA 1 - Termo de consentimento informado	23

RESUMO

TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA E POTÊNCIA: ADAPTAÇÕES NEURAIS, COORDENATIVAS E DESEMPENHO NO SALTO VERTICAL

Autor: LEONARDO LAMAS LEANDRO RIBEIRO

Orientador: PROF. DR. VALMOR A. A. TRICOLI

Força máxima (TF) e potência (TP) são métodos de treinamento considerados distintos, na prática profissional e em diversos *designs* experimentais. O presente estudo testou a capacidade destes métodos promoverem o aumento do desempenho, assim como a similaridade das adaptações entre os métodos. Trinta e sete sujeitos foram divididos nos grupos: força (TF), potência (TP) e controle (C), sendo submetidos a oito semanas de treinamento nas seguintes zonas: TF (4-10 RM) e TP (30-60% 1RM). Os resultados significantes foram: força dinâmica máxima TF de 145,3 ($\pm 17,1$) para 178,5 ($\pm 18,8$) kg, TP de 147,2 ($\pm 16,8$) para 171,6 ($\pm 19,9$) kg; pico de força na contração voluntária isométrica máxima (CVIM) TF de 2240,52 ($\pm 448,76$) para 2651,82 ($\pm 700,22$) N, TP de 2249,86 ($\pm 427,95$) para 2674,80 ($\pm 507,68$) N; salto vertical a partir da posição de semi-agachamento (SJ) TF de 31,35 ($\pm 4,63$) para 37,18 ($\pm 4,74$) cm, TP de 34,44 ($\pm 3,90$) para 39,61 ($\pm 4,70$) cm. Apenas o TP gerou aumento no salto com contra-movimento (CMJ) de 35,52 ($\pm 4,43$) para 38,50 ($\pm 4,34$) cm. Nenhum dos protocolos promoveu o aumento do sinal eletromiográfico, seja na CVIM ou nos saltos. Verificou-se efeito principal para deslocamento do centro de gravidade, torque de joelho e quadril no SJ, assim como para o deslocamento excêntrico no CMJ. Observou-se

similaridade entre os grupos em diversas variáveis analisadas, assim como a possível transferência coordenativa do TP para o CMJ. Assim, força máxima e potência parecem constituir estímulos de treinamento equivalentes em muitos aspectos e por isso, os padrões de especificidade atribuídos a ambos devem ser reconsiderados.

Palavras-chave: contração voluntária isométrica máxima, eletromiografia, taxa de desenvolvimento de força

ABSTRACT

MAXIMUM STRENGTH AND POWER TRAINING: NEURAL ADAPTATION AND INCREASES IN COORDINATION AND PERFORMANCE IN VERTICAL JUMP

Author: LEONARDO LAMAS LEANDRO RIBEIRO

Adviser: PROF. DR. VALMOR A. A. TRICOLI

Strength and power are considered different training methods in promoting neuromuscular adaptations in practice and in several research designs as well. In the present research, the efficacy of these methods in improving performance and resultant neural adaptations in some motor tasks was investigated. Thirty seven subjects were divided in groups: strength (TF), power (TP) and control (C) and submitted to eight weeks of training in different zones: TF (4-10 RM) and TP (30%-60% 1RM). Results that reached significance were the following, pre and pos-test, respectively: Maximum dynamic strength TF:145,3 ($\pm 17,1$) and 178,5($\pm 18,8$), TP:147,2 ($\pm 16,8$) and 171,6 ($\pm 19,9$). Peak force in maximum isometric voluntary contraction (MIVC) TF: 2240,52 ($\pm 448,76$) and 2651,82 ($\pm 700,22$), TP: 2249,86 ($\pm 427,95$) and 2674,80 ($\pm 507,68$). Squat jump (SJ) TF: 31,35 ($\pm 4,63$) and 37,18

($\pm 4,74$), TP: 34,44 ($\pm 3,90$) and 39,61 ($\pm 4,70$). In countermovement jump (CMJ) only TP improved: 35,52 ($\pm 4,43$) and 38,50 ($\pm 4,34$). No method could improve electromiographical signal. A main effect was noticed for center of mass displacement, knee and hip moments in SJ and eccentric displacement in CMJ. Similar results for many parameters analysed could be observed. The results indicate a possible transference from TP to CMJ as well. This way, strength and power can be considered equivalent in promoting performance in many tasks. Therefore, specificity patterns between strength and power should be reconsidered.

Key words: maximum voluntary isometric contraction, electromyography, rate of force development

1 INTRODUÇÃO

A literatura apresenta diversas evidências sobre a eficiência do treinamento de força máxima e de potência em aumentar o desempenho de parâmetros relacionados à prática esportiva tais como a força máxima, a potência muscular e a taxa de desenvolvimento de força (TDF) (KYROLAINEN, AVELA, MCBRIDE, KOSKINEN, ANDERSEN, SIPILA, TAKALA & KOMI, 2005; AAGAARD, SIMONSEN, ANDERSEN, MAGNUSSON & DYHRE-POULSEN, 2002a; MCBRIDE, TRIPLETT-MCBRIDE & DAVIE, 2002; HAKKINEN, KRAEMER, NEWTON & ALLEN, 2001; HAKKINEN, 1985). Alguns estudos têm mostrado efeitos semelhantes entre os métodos no aumento da força máxima e da potência (HARRIS, STONE, O'BRYANT, PROULX & JOHNSON, 2000; WILSON, NEWTON, MURPHY & HUMPHRIES, 1993). Há registros ainda nos quais o treino de potência mostrou-se mais abrangente (MCBRIDE et al., 2002; HAKKINEN, 1985), promovendo alterações positivas em testes realizados na zona de treino da força máxima. Porém, os estudos nos quais os dois métodos, força e potência (TF e TP, respectivamente) foram empregados comparativamente apresentam explicações baseadas em escassa quantidade de parâmetros mecânicos e fisiológicos (JONES, BISHOP, HUNTER & FLEISIG, 2001; HARRIS et al., 2000; WILSON et al., 1993).

A compreensão dos fenômenos que promovem a modificação no desempenho requer a análise de parâmetros nos níveis neural (AAGAARD, SIMONSEN, ANDERSEN, MAGNUSSON & DYHRE-POULSEN, 2002b; HAKKINEN, PAKARINEN, KYROLAINEN, CHENG, KIM & KOMI, 1990; HAKKINEN, 1985) e muscular (MALISOUX, FRANCAUX, NIELENS & THEISEN, 2006; ANDERSEN & AAGAARD, 2000), para os quais a literatura aponta algumas evidências de semelhanças nas adaptações geradas por um e outro método de treino. A comparação, porém, é dificultada pelas diferenças de protocolos de treino e de parâmetros considerados nos diferentes estudos.

Com isso, até o presente momento, a semelhança nas adaptações geradas entre os métodos e a repercussão no desempenho não foi adequadamente testada. No entanto, com base nos registros da literatura, sugere-se a existência de certa

plasticidade do sistema neuromuscular (TOUMI, BEST, MARTIN & POUMARAT, 2004b), capaz de gerenciar diferentes fontes de estímulo e adaptações de modo a maximizar a resposta motora. Baseado no pré-suposto da plasticidade do sistema neuromuscular é pertinente investigar a equifinalidade dos treinos de potência e força máxima. Ou seja, se a partir dos estímulos de treinamento distintos proporcionados por um e outro método ocorrem adaptações distintas, mas que acarretam em desempenho semelhante.

Para tanto, uma vez identificado o perfil das adaptações geradas pelos métodos, é preciso analisar a magnitude com a qual estas adaptações podem afetar o desempenho, ou seja, a transferência das adaptações à execução de determinada tarefa. A transferência para o desempenho, além de influenciada pelo próprio método (MCBRIDE et al., 2002; HAKKINEN, 1985) parece ser influenciada pelas características da tarefa testada (ABERNETHY, WILSON & LOGAN, 1995). O método de treinamento empregado pode ensejar ajustes coordenativos que se adequam a uma determinada tarefa, havendo transferência positiva para o desempenho no teste (TOUMI et al., 2004b). No entanto, os mecanismos de transferência das adaptações ao desempenho específico permanecem controversos (DELECLUSE, 1997; ABERNETHY & JURIMAE, 1996).

Uma tarefa bastante utilizada para analisar as transferências para o desempenho é o salto vertical. Transferências positivas já foram demonstradas em resposta ao TF (WILSON et al., 1993; CLUTCH, WILTON, MCGOWN & BRYCE, 1983), porém, estas são mais consistentes em decorrência do TP (JONES et al., 2001; HARRIS et al., 2000; LYTTLE, WILSON & OSTROWSKI, 1996; WILSON et al., 1993). Uma hipótese é que sobrecargas baixas, como as utilizadas no TP, permitem a aproximação cinemática dos exercícios de treino ao movimento do salto vertical, o que pode resultar em maior transferência para o salto. Assim, os ganhos coordenativos resultariam da adequação do controle do movimento às adaptações oriundas do treinamento (BOBBERT & ZANDWIJK, 1999; BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1988). Na abordagem da equifinalidade dos métodos TP e TF faz-se necessária a utilização também de outros testes. Dessa forma, as transferências coordenativas de um dos métodos, em especial, pode ser relativizada pelo desempenho apresentado nos demais

testes. Neste estudo pretendeu-se realizar uma análise integrativa das adaptações promovidas pelos métodos TF e TP nos parâmetros neurais, de controle (coordenação) e desempenho. Dessa forma, procurou-se investigar se a perspectiva vigente de treinamento, segundo a qual o treino de potência sucede o de força máxima, seria confirmada ou refutada. É possível que diferentes estratégias de treino promovam respostas motoras semelhantes dados mecanismos diferentes. A otimização das adaptações ocorridas visando a maximização do desempenho ou adaptações semelhantes a partir de estímulos distintos do ponto de vista mecânico, tais como o treino de força máxima e potência. A análise conjunta de variáveis associadas ao desempenho e de variáveis ligadas aos processos adaptativos decorrentes do treino permite uma discussão mais fundamentada desta questão.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar o efeito dos protocolos de treinamento de força máxima e de potência nas alterações neurais, na magnitude e temporalidade da produção de força e no padrão coordenativo de membros inferiores em diferentes tarefas motoras.

2.2 Objetivos específicos

a- Determinar e comparar os ganhos em força máxima entre os dois protocolos de treinamento para uma tarefa dinâmica e outra isométrica;

b- Comparar os dois protocolos quanto às alterações na produção de força e torque nos testes de contração voluntária isométrica máxima e salto vertical, respectivamente;

c- Comparar os dois protocolos de treinamento (TF e TP) quanto às alterações coordenativas promovidas no salto vertical em suas modalidades com contra movimento e partindo da posição de semi-agachamento;

d- Comparar os dois protocolos de treinamento (TF e TP) quanto às alterações no padrão do sinal eletromiográfico dos membros inferiores nos testes de contração voluntária isométrica máxima e salto vertical;

e- Comparar os dois protocolos de treinamento (TF e TP) quanto às alterações no desempenho do salto vertical.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A seqüência de tópicos proposta na revisão de literatura pretende primeiramente caracterizar o treinamento segundo cada um dos métodos de treino empregados (TF e TP). Na seqüência são apresentadas adaptações de desempenho e adaptações neurais decorrentes da aplicação destes métodos. Finalmente, são apresentadas as evidências presentes na literatura quanto à influência destes métodos de treinamento no desempenho do salto vertical.

3.1 Características dos métodos de treinamento

Os critérios para elaboração e prescrição do treinamento visando o aperfeiçoamento das diferentes manifestações da força encontram-se bem documentados na literatura (BIRD, TARPENNING & MARINO, 2005; KRAEMER, ADAMS, CAFARELLI, DUDLEY, DOOLY, FEIGENBAUM, FLECK, FRANKLIN, FRY, HOFFMAN, NEWTON, POTTEIGER, STONE, RATAMESS & TRIPLETT-MCBRIDE, 2002; TAN, 1999). Dentre os tipos de treinamento destacam-se o da força máxima (TF) e da potência muscular (TP). A diferenciação entre eles pode ser feita através dos seguintes parâmetros da carga KRAEMER & RATAMESS, 2004, observados na TABELA 1.

TABELA 1 - Caracterização do treinamento de força máxima e de potência tendo por critério parâmetros da carga, modificado de KRAEMER & RATAMESS (2004).

	Iniciantes		Intermediários		Avançados	
	FMáxima	Potência	FMáxima	Potência	FMáxima	Potência
Volume	1-3 x 8-12	1-3 x 8-12	múltiplas séries	múltiplas séries	múltiplas séries	múltiplas séries
	reps	reps	6-12 reps	6-12 reps	1-12 reps	1-12 reps
Intensidade	60-70%1RM	30-60%	70-80% 1 RM	30-60%	70-100% 1 RM	30-60%
Intervalo	1-2 min	2-3 min	2-3 min	2-3 min	> 3min	> 3min
Frequência	2-3dias/sem	2-3 dias/sem	2-4 dias/sem	2-4 dias/sem	4-6 dias/sem	4-6 dias/sem

Constata-se que as orientações não são muito diferentes para um e outro objetivo de treino, exceto pela intensidade utilizada. Assim, o elemento principal de diferenciação entre os tipos de treino é a zona de intensidade de carga sugerida para cada um deles. Isto é compreensível já que a variabilidade da resposta biológica ao treinamento faz com que o espectro de manipulações de volume, do número de repetições e do intervalo de recuperação seja flexível, dependendo do caso.

A estipulação de uma zona mais definida de intensidade de treinamento pode ser explicada por alguns conceitos mecânicos presentes neste contexto de treinamento físico. Na perspectiva biomecânica, a análise do trabalho (interno e externo) associado à velocidade de movimento, à duração das fases excêntrica e concêntrica e à potência externa contribui para a explicação de possíveis diferenças no regime de tensão imposto ao sistema neuromuscular em cada tipo de treino, TF e TP.

Trabalho interno é definido como aquele realizado pelo músculo para mover o segmento ao longo de um determinado gesto (WINTER, 1979). Já o trabalho externo é aquele realizado quando o músculo é utilizado para mover, por exemplo, um implemento. Assim, ao erguer uma barra com anilhas realiza-se não só trabalho interno como também trabalho externo.

Se por um lado, no contexto do treinamento de força, a mensuração do trabalho interno é de difícil acesso, a medida do trabalho externo é de fácil constatação. Ilustra-se esta idéia com o exercício de agachamento, executado de maneira dinâmica - excêntrico/concêntrico e com mesma amplitude de movimento para os dois tipos treinos realizados em intensidades distintas, força máxima e potência. Levando-se em conta a equação 1, o trabalho externo gerado ao longo de todo o ciclo de movimento será zero nos dois tipos de treino.

$$\tau = F \cdot d \quad (1)$$

onde: τ = Trabalho, F = Força e d = distância percorrida pelo centro de massa

Isto porque como as duas fases do movimento, excêntrica e concêntrica, têm deslocamentos iguais e movem a mesma carga externa, os trabalhos gerados são idênticos e com sentidos opostos independente do tipo de treino. Porém, se uma das fases do movimento for analisada separadamente é habitual constatar-se a maior produção de trabalho externo no treino de força máxima em relação ao de potência.

Além da maior quantidade de trabalho produzido, outra característica associada ao treino de força máxima é o prolongamento do tempo no qual o músculo envolvido permanece sob tensão, em comparação ao treino de potência (CREWETHER, CRONIN & KEOGH, 2005). Isto ocorre porque a carga levantada influencia a velocidade de execução KELLIS, ARAMBATZI & PAPADOPOULOS (2005). As cargas utilizadas no treino de força máxima implicam em menor velocidade de execução pela sobrecarga ser maior. No estudo de KELLIS et al., 2005 foi analisada a influência da magnitude da carga na produção de trabalho, na velocidade de deslocamento da barra e no tempo de extensão dos segmentos corporais no exercício agachamento. Para isso, foram realizadas séries de agachamento com salto vertical em um intervalo de carga entre zero e 70% da força máxima (1RM) dos sujeitos, além de uma contração isométrica.

Na FIGURA 1 é possível verificar a variação da força de reação do solo e da velocidade linear da barra utilizada pelos sujeitos para realização do agachamento.

FIGURA 1 - Variação da força de reação do solo (FRS) e velocidade linear da barra (Velocidade) para cargas relativas variando de zero a 70% 1RM e uma condição isométrica máxima (KELLIS et al., 2005).

Todos os valores de carga testados a partir de 14% do máximo apresentaram diminuição significativa ($p < 0,05$) da velocidade de deslocamento da barra. É possível encontrar na literatura argumentos a favor do tempo em que o músculo permanece sob tensão como sendo um parâmetro relevante de diferenciação das adaptações decorrentes dos regimes de treino de força máxima e potência (CREWETHER et al., 2005).

Nos treinos de potência, a duração de um ciclo completo de movimento é mais curta que nos treinos de força máxima (KELLIS et al., 2005; WILSON et al., 1993). Além disso, o tempo para atingir o pico de força parece prolongar-se com o aumento da carga, assim como o percentual do tempo total de movimento no qual o pico de força é atingido (TABELA 2). Os percentuais de carga utilizados no treino de potência fazem com que a duração de um ciclo completo de movimento seja menor, quando comparado ao mesmo movimento realizado em um treino de força máxima (ELLIOTT, WILSON & KERR, 1989).

Conforme demonstrado por KELLIS et al.(2005) a velocidade de execução é maior para cargas mais leves, o que faz diminuir a duração de cada uma de suas fases. Por isso, é pequeno o intervalo de tempo no qual o músculo mantém-se no regime de contração objetivado no TP (WILSON et al., 1993), principalmente porque com cargas leves grande

parte da fase concêntrica do movimento é utilizada para desacelerar a barra (ELLIOTT et al., 1989). No exercício supino, por exemplo, quando realizado com a carga de 1RM, a desaceleração ocorreu durante 24% da duração total da fase concêntrica (ELLIOTT et al., 1989). Já para uma carga equivalente a 81% da força máxima, a duração da desaceleração aumentou para 52% da fase concêntrica total. No agachamento, finalizar o movimento com salto vertical ou com a soltura da barra são estratégias que podem atenuar a fase de desaceleração e prolongar a duração da contração na fase concêntrica (CRONIN, MCNAIR & MARSHALL, 2001). No caso da potência, a maximização da eficiência do treinamento é um tema bastante relevante (CRONIN & SLEIVERT, 2005), em especial em relação à zona de potência máxima.

TABELA 2 - Carga absoluta (Kg) levantada, duração total de um ciclo de movimento, tempo para atingir a máxima força de reação do solo (T máximo) e o percentual do tempo total do movimento no qual a força máxima foi atingida (% T máximo).

Carga (Kg)	Duração Total (ms)	T máximo (ms)	% T máximo
10	377,14 (±49,23)	165,71 (±9,75)	42,49 (±5,67)
20	500,00 (±75,93)	174,28 (±9,75)	35,52 (±5,36)
30	612,85 (±52,82)	225,71 (±25,72)	37,16 (±6,11)
40	623,75 (±89,27)	211,25 (±29,00)	34,09 (±3,95)
50	782,85 (±113,97)	263,57 (±20,55)	34,26 (±5,60)
60	772,50 (±123,25)	252,50 (±45,90)	32,76 (±4,25)
70	893,85 (±120,76)	334,28 (±57,69)	37,66 (±5,75)
80	914,42 (±130,84)	344,28 (±38,66)	38,16 (±5,47)
90	991,14 (±73,96)	358,57 (±21,15)	36,29 (±2,77)
100	1118,57 (±140,52)	363,57 (±36,02)	32,79 (±4,33)

3.1.1 Zona de Potência Máxima

A relação ótima entre a sobrecarga e a velocidade de execução é de suma importância para a potência produzida (CRONIN & SLEIVERT, 2005). Usualmente, a medida da potência produzida é calculada conforme a equação 2. Nesta perspectiva, o espectro de cargas ideal para o treino de potência encontra-se na denominada Zona de Potência Máxima

(P_{máx}), a qual promove a otimização da relação entre força e velocidade de execução para produção de potência (CRONIN & SLEIVERT, 2005).

$$P = F \cdot V \quad (2)$$

onde: P = Potência, F = Força e V = Velocidade

Indivíduos mais fortes tendem a maximizar a potência produzida com cargas relativas mais elevadas que sujeitos com níveis de força mais baixos (CRONIN & SLEIVERT, 2005). Da mesma forma, para indivíduos mais fortes, a velocidade de execução é maior para uma dada carga absoluta, aumentando a potência gerada para aquela carga.

Diversas pesquisas já foram conduzidas para determinar a zona de intensidade correspondente a P_{máx} (MOSS, REFSNES, ABILDGAARD, NICOLAYSEN & JENSEN, 1997; WILSON et al., 1993; KANEKO, FUCHIMOTO, TOJI & SUEI, 1983). Durante certo tempo, os resultados obtidos por KANEKO et al. (1983) foram referência para definição da P_{máx}. Para este estudo, foi utilizado um dinamômetro para extensão de cotovelo com o qual foram realizadas as avaliações e o treinamento. Dentre os percentuais de carga avaliados, a maior produção de potência foi obtida na intensidade correspondente a 30% do valor de uma contração voluntária isométrica máxima. No entanto, as avaliações foram feitas em pontos isolados do espectro de variação das cargas (0, 30%, 60% e 90% 1RM), sendo possível que a P_{máx} ocorresse de fato em qualquer intensidade dentro destes intervalos.

Ao longo do tempo, outros estudos abordaram o problema da determinação da P_{máx} (BAKER, NANCE & MOORE, 2001a; BAKER, NANCE & MOORE, 2001b). Porém, muitas vezes as diferenças metodológicas e as variáveis consideradas na análise inviabilizam as comparações dos resultados obtidos (DUGAN, DOYLE, HUMPHRIES, HASSON & NEWTON, 2004). DUGAN et al., 2004 reuniram os principais fatores que suscitam controvérsia entre os estudos: a) o equipamento de coleta dos dados, b) a inclusão/exclusão da normalização pelo peso corporal no cálculo da P_{máx}, c) a utilização de agachamentos com salto ou o mesmo exercício realizado no aparelho com barra guiada (Smith Machine), d) análise da potência média ou potência pico geradas e e) a maneira de reportar a intensidade da carga.

A análise da potência média ou potência pico foi tema também discutido por CRONIN & SLEIVERT (2005). Segundo estes autores, a potência pico é obtida com cargas mais elevadas enquanto a maximização da potência média ocorre com cargas mais baixas. Não é apresentada, porém, a razão para tal comportamento.

Apesar das limitações para a comparação dos resultados, dadas as diferenças mencionadas, BAKER et al. (2001b) determinaram a zona de P_{máx} para o exercício de agachamento com salto para uma população de indivíduos experientes em treinamento de força. Os percentuais identificados para este exercício foram 55-59% da força máxima. Porém, não foram encontradas diminuições significantes de produção de potência entre 48-63% da força máxima, o que amplia a zona de P_{máx}. Estes resultados são semelhantes aos obtidos para membros superiores no exercício de supino – 55% da força máxima – conforme descrito por BAKER et al. (2001a). Para o treinamento de potência, este é um referencial importante para a seleção das cargas de treino. Devendo-se levar em conta que estes percentuais podem ser mais baixos para indivíduos com níveis inferiores de força (CRONIN & SLEIVERT, 2005).

Quando analisada a transferência para uma tarefa específica como o salto vertical, existem evidências da efetividade do treino na zona de P_{máx} em aumentar o desempenho (LYTTLE et al., 1996; WILSON et al., 1993). WILSON et al. (1993) verificaram que o treino em P_{máx} promoveu alterações em maior número de tarefas testadas quando comparado a grupos treinados em pliometria ou força. O grupo P_{máx} promoveu aumentos de desempenho no salto vertical com contra-movimento e a partir da posição de semi-agachamento, potência de extensão de joelho e velocidade de deslocamento em 30 metros. Já o grupo força obteve aumentos na contração voluntária isométrica máxima e nas duas modalidades de salto vertical. Por fim, o grupo que treinou pliometria aumentou apenas o salto com contra-movimento.

A efetividade do treino em P_{máx} pode ser verificada também quando comparado ao treino combinado (força máxima + salto vertical) (LYTTLE et al., 1996). Neste estudo verificou-se aumento significativo na altura de salto com contra-movimento em resposta tanto ao treino em P_{máx} (pré: $50,8 \pm 9,0$; pós: $54,6 \pm 8,5$) quanto ao treino combinado (pré: $52,8 \pm 11,5$; pós: $58,4 \pm 9,3$). O mesmo tendo ocorrido para o salto a partir da posição de semi-agachamento: P_{máx} (pré: $38,7 \pm 7,7$; pós: $45,8 \pm 7,4$) e combinado: (pré: $40,4 \pm 10,2$; pós: $47,1 \pm 10,0$). Não foi testado, no entanto, o efeito de outra possibilidade de treino combinado, que seria o treino em P_{máx} e uma tarefa específica de salto. Para protocolos combinados, há

na literatura outras indicações de que protocolos combinados promovem aumento de desempenho no salto vertical (TRICOLI, LAMAS, CARNEVALE & UGRINOWITSCH, 2005; TOUMI et al., 2004b; HARRIS et al., 2000).

3.2 Adaptações nos parâmetros da força com o treinamento

O TP é realizado com sobrecargas que podem variar de 10% a 70% (CRONIN & SLEIVERT, 2005) do peso levantado em uma repetição máxima (1RM), sendo mais comum a variação entre 30% e 60% (BAKER et al., 2001a). Estas zonas de intensidade constituem sobrecargas inferiores às utilizadas com TF, o que limita a magnitude do trabalho produzido. Por outro lado, a velocidade de execução é maior. Dessa maneira, o TP ou o TF enfatiza a manipulação da sobrecarga através da velocidade de execução ou da força produzida, respectivamente. Sobrecargas elevadas fazem com que se produza mais força e conseqüentemente mais trabalho. Considerando-se um mesmo exercício empregado por um e outro método, o efeito da variável distância na alteração do trabalho gerado equipara-se em ambos. Logo, o maior trabalho produzido no TF em relação ao TP deverá ser atribuído mais ao aumento da força do que à distância percorrida no movimento.

Um modelo das diferenças de adaptação a um e outro método de treinamento foi proposto utilizando-se a relação que se estabelece entre a força e a velocidade para o movimento com uma dada sobrecarga. (KOMI & HAKKINEN, 1988). Este modelo é exposto nas Figuras 2a e 2b.

FIGURA 2a - Alteração da curva força-velocidade em resposta ao treinamento na zona de força máxima (KOMI & HAKKINEN, 1988).

FIGURA 2b - Alteração da curva força-velocidade em resposta ao treinamento na zona de velocidade máxima (KOMI & HAKKINEN, 1988).

Segundo este modelo, programas de treinamento promovem alterações na curva força-velocidade específicas à zona treinada (Figura 2a e 2b). A capacidade do TF aumentar a força máxima (HARRIS et al., 2000; TOJI, SUEI & KANEKO, 1997; MOSS et al., 1997) e do TP aumentar a potência é bem estabelecida (HOFFMAN, RATAMESS, COOPER, KANG, CHILAKOS & FAIGENBAUM, 2005; HAKKINEN, 1985). Estes dados reforçam o argumento da especificidade exposto no modelo de KOMI & HAKKINEN (1988).

Há também evidências dos ganhos de potência decorrentes do TF (HARRIS et al., 2000; CLUTCH et al., 1983), assim como de protocolos de TP gerando aumento da força máxima (KYROLAINEN et al., 2005; JONES et al., 2001). Em contraposição ao modelo de KOMI & HAKKINEN(1988), HAKKINEN (1985), um dos autores do modelo, apresenta os resultados de um programa de 24 semanas de treino de potência, o qual promoveu o deslocamento da curva força-velocidade em zonas ao longo de todo o seu espectro. Ou seja, os sujeitos submetidos ao treino de potência aumentaram a potência gerada com o treino ao longo

de toda a curva força-velocidade. O treino alterou não só a porção de velocidade da curva, como também a porção de força.

MCBRIDE et al. (2002) obtiveram resultados que reafirmam a possível plasticidade na transferência das adaptações ao treino. Ou seja, a possibilidade de obter-se desempenhos semelhantes a partir de estímulos de treino distintos. Dois grupos, G30 e G80, foram submetidos a oito semanas de treino de agachamento com salto com 30% e 80% 1RM, respectivamente. Ambos foram testados nestas duas intensidades. Quando testados a 30% do máximo, G30 teve aumento nas variáveis potência pico, força pico e altura de salto, enquanto G80 aumentou apenas força pico. Quando testados a 80% do máximo, G30 aumentou potência pico e altura de salto. Já G80 apresentou aumentos de força pico e potência pico.

Conforme relatado, as adaptações ao treino de força máxima e de potência podem ter transferência para zonas de produção de força diferentes das treinadas. Porém, a extrapolação destes resultados para o desempenho de tarefas do esporte requer a consideração da coordenação para a tarefa. É necessário que as transferências dos ganhos em força e potência ocorram para que o desempenho na tarefa específica aumente (ABERNETHY & JURIMAE, 1996).

É possível que o desempenho de diferentes tarefas motoras complexas dependa não apenas da maximização da potência produzida como também da adequação coordenativa frente aos novos níveis de força (DELECLUSE, 1997; ABERNETHY & JURIMAE, 1996). Para o salto vertical, a hipótese de a coordenação específica ser decisiva para o desempenho foi testada e confirmada com simulações (BOBBERT & ZANDWIJK, 1999). Neste estudo, o aumento da força sem a respectiva adequação coordenativa aos novos níveis de força provocou deterioração do padrão de movimento. Conseqüentemente, a altura de salto foi inferior àquela obtida na presença de um padrão coordenativo adequado associado ao maior nível de força adquirido.

Além da coordenação, tratada em capítulo separado, o incremento do desempenho pode ser associado a diferentes adaptações neuromusculares, dentre as quais o aumento da ativação neural (MORITANI, 1993) é uma das principais. A forma mais comum de avaliá-la é a análise da alteração da atividade eletromiográfica (KYROLAINEN et al., 2005).

3.3 Adaptações neurais ao treino de força

A natureza do ganho de força mediante um processo de treinamento é neural e morfológica (MORITANI, 1993). De acordo com MORITANI (1993), na perspectiva neural quanto maior o número de unidades motoras recrutadas (UMs) e suas respectivas frequências de disparo, maior será a força produzida. Atualmente, muitos argumentos atestam a importância da participação neural na produção de força (REMPLE, BRUNEAU, VANDENBERG, GOERTZEN & KLEIM, 2001), tais como: a) ganhos de força precedendo a hipertrofia, b) ganhos de força não restritos aos músculos treinados e c) ganhos de força não transferidos a todas as tarefas envolvendo os músculos treinados. Estas são algumas evidências de que a tensão gerada no músculo pode ser explicada não somente pela hipertrofia como também pelo aporte do sistema nervoso central (SNC) e periférico.

No nível do SNC, AAGAARD (2003) reporta inúmeras evidências referentes às adaptações ao longo do trato córtico-espinhal. Partindo-se do córtex motor para analisar os possíveis sítios de adaptação central, é sabido que o aprendizado de uma nova tarefa motora pode induzir alterações na organização do mesmo (MARTIN & MORRIS, 2001). Por outro lado, a repetição continuada de um movimento simples não parece constituir estímulo suficiente para provocar alterações na organização cortical (PLAUTZ, MILLIKEN & NUDO, 2000), seja ele realizado contra altas ou baixas sobrecargas.

Dessa forma, o treino de força parece não ser capaz de expandir a área referente aos membros treinados no córtex motor (REMPLE et al., 2001). No estudo de REMPLE et al. (2001), apesar da força na tarefa treinada ter aumentado, não foi verificada alteração na representação do movimento no córtex motor. Da mesma maneira, CARROLL, RIEK & CARSON (2002) também não verificaram alterações no córtex motor, sendo as adaptações verificadas ligadas às propriedades da circuitaria medular. Estas alterações resultaram na diminuição da ativação dos motoneurônios no momento da contração, o que pode ter ocorrido pelo maior cancelamento dos potenciais de ação de membrana, levando à menor ativação de unidades motoras. Assim, é possível que ocorra redução na excitabilidade relativa das células córtico-espinhais para um dado nível de ativação muscular. Não deve, entretanto ser desconsiderado o fato da ativação muscular necessária para produzir um determinado nível de força ser diminuída quando ocorre hipertrofia da fibra (CARROLL et al., 2002). Logo, a

hipertrofia resultante do treino de força pode contribuir para esta redução de recrutamento de UMs verificada (CARROLL et al., 2002; MORITANI, 1993).

No músculo ENOKA (1997) sugere a ocorrência da maximização da via neural. Nesta perspectiva, dois fatores contribuem para sua ocorrência, a máxima frequência de disparo e o limiar de recrutamento das unidades motoras. Há evidências de que a frequência de disparo das unidades motoras aumenta com o treinamento de força, assim como o treino de força parece reduzir o limiar de disparo das mesmas (ENOKA, 1997). Logo, após um período de treinamento, um nível de força mais baixo é necessário para que a totalidade das unidades motoras tenha condições de ser ativadas (ENOKA, 1997).

O recrutamento das unidades motoras é determinado pela característica da tarefa. A intensidade e a velocidade na sua execução são os determinantes da quantidade e dos tipos de unidades motoras a serem recrutadas (ENOKA, 2002). A medição deste recrutamento é feita através da eletromiografia (EMG). A eletromiografia pode ser definida como o registro dos sinais elétricos enviados pelo SNC através dos motoneurônios com o objetivo de modular a força produzida pelas fibras musculares (ENOKA, 2002). A magnitude do sinal eletromiográfico é determinado pela quantidade de UMs ativas e pela frequência de disparo das mesmas (KOMI, 1986). Como estes são os mesmos fatores que determinam a produção de força, explica-se assim a proporcionalidade entre a eletromiografia e a produção de força (MORITANI, 1993). O recrutamento das unidades motoras é o principal fator na produção de força em baixas intensidades, enquanto a modulação da frequência de disparo das unidades motoras predomina em médias e altas intensidades (MORITANI, 1993). No entanto, as alterações na eletromiografia não devem ser automaticamente atribuídas a alterações no recrutamento de unidades motoras ou na frequência de disparo. Outros fatores intervêm nesta relação, tais como o potencial de disparo de cada fibra isolada, a magnitude de sincronização de disparo das fibras, o treinamento e a fadiga (MORITANI, 1993).

Em relação à sincronização das UMs, é comum esta ser mencionada como uma adaptação positiva ao treino de força (ENOKA, 2002). A sincronização consiste na inter-relação entre os tempos de ativação de diferentes UMs. Quando o tempo de disparo do potencial de ação de duas UMs não é completamente aleatório, é dito serem sincronizados. No entanto, o aumento da sincronização como resposta ao treino parece não contribuir para o aumento da força gerada, sendo apenas uma estratégia utilizada pelo córtex motor para controlar o movimento (ENOKA, 2002). Na maioria das pesquisas cujo objeto de estudo é o

treinamento de força, a adaptação neural ao treino é comumente avaliada através de seu produto final, a eletromiografia. Esta medida permite aceder a informações do âmbito neural.

Segundo DE LUCA (1997) as principais finalidades da eletromiografia (EMG) são: a) indicar o início e o término da ativação muscular numa dada contração e b) indicar a relação entre o sinal eletromiográfico e a força muscular produzida. Verifica-se também em estudos que investigam ajustes coordenativos ao salto vertical, a utilização da EMG como registro do padrão próximo-distal de ativação dos vários músculos, um indicativo do nível coordenativo do movimento (BOBBERT & ZANDWIJK, 1999). Além disso, a EMG registra a modulação da ativação muscular na comparação de testes pré e pós-treinamento (DE LUCA, 1997).

A magnitude da resposta do sinal eletromiográfico aos processos de treinamento parece apresentar uma tendência definida de aumento, seja o treino caracterizado como TF ou como TP (KYROLAINEN et al., 2005; JUDGE, MOREAU & BURKE, 2003; MCBRIDE et al., 2002; HAKKINEN et al., 2001; HAKKINEN, KALLINEN, IZQUIERDO, JOKELAINEN, LASSILA, MALKIA, KRAEMER, NEWTON & ALLEN, 1998; HAKKINEN, 1985). Esta tendência já foi verificada para intervalos curtos de tempo, oito semanas (MCBRIDE et al., 2002), assim como períodos mais prolongados de 24 semanas (HAKKINEN, 1985). Neste último estudo, a resposta da EMG no salto vertical foi analisada após seis meses de treinamento de potência. Os testes de salto vertical foram realizados com três níveis de sobrecargas distintas: a) sem sobrecarga, b) 40 quilogramas e c) 100 quilogramas. Observou-se aumento significativo da magnitude do sinal EMG para as três diferentes sobrecargas. HAKKINEN (1985) verificou também aumento da força máxima, com diminuição da razão entre EMG e força. Ou seja, a força aumentou mais, proporcionalmente ao aumento da EMG. Isto pode ter ocorrido pela maior capacidade de produção de força por área do músculo, uma vez que ocorreu hipertrofia das fibras. O aumento da área de secção transversa, além do aumento do sinal eletromiográfico pode ter contribuído para o ganho de força.

A relação entre aumento de força e EMG foi constatada também em KYROLAINEN et al. (2005). Neste estudo, apesar de ter ocorrido aumento da EMG para uma contração voluntária isométrica máxima, após 15 semanas de treinamento de potência não ocorreu alteração do sinal EMG para o salto vertical. Verificaram-se apenas tendências a aumento do sinal para os músculos vasto medial e vasto lateral e queda para o bíceps femoral. Apesar disto, o salto vertical apresentou aumento de desempenho. Um outro resultado verificado, o

aumento do torque líquido na articulação do joelho pode contribuir para explicar o aumento do desempenho no salto vertical.

Estes resultados reforçam a necessidade de abordagens integradas para análise das possíveis interações entre variáveis que ocasionam o rendimento em uma tarefa específica. A comparação da resposta eletromiográfica entre os métodos TF e TP é limitada pela inexistência de pesquisas nas quais os dois métodos foram controlados simultaneamente. Além disso, faz-se necessário o monitoramento das duas dimensões de adaptação - neural e morfológica. Pois, mesmo em períodos curtos de treino, ambas parecem ocorrer (STARON, KARAPONDO, KRAEMER, FRY, GORDON, FALKEL, HAGERMAN &HIKIDA, 1994) e conseqüentemente influenciar de alguma forma o desempenho.

3.4 Desempenho no salto vertical

Segundo VAN SOEST & VAN INGEN SCHENAU (2002) o salto mais eficiente é aquele no qual o centro de massa é elevado o mais alto possível. O aumento do deslocamento do centro de massa em saltos verticais já foi verificado tanto a partir de protocolos de treino de potência (KYROLAINEN et al., 2005; MCBRIDE et al., 2002 ; HARRIS et al., 2000; LYTTLE et al., 1996) quanto de força máxima (WILSON et al., 1993 ;CLUTCH et al., 1983). Porém, em diversos destes estudos poucas variáveis explicativas do desempenho foram contempladas (HARRIS et al., 2000; LYTTLE et al., 1996; WILSON et al., 1993) o que limita as possibilidades de discussão das possíveis causas dos resultados encontrados.

MORRISEY, HARMAN & JOHNSON (1994) apresentaram alterações cinéticas em resposta ao treino de força realizado com maior ou menor velocidade de execução. Neste estudo foram treinados dois grupos com velocidades diferentes no exercício agachamento, durante cinco semanas. Os ajustes cinéticos ao salto vertical pós-treinamento foram, para o grupo de cadência mais veloz, aumento da potência média de quadril e tornozelo, e para o grupo de cadência mais lenta, aumento do torque de joelho. Neste estudo, o único grupo a aumentar de forma significativa a altura de salto foi o de cadência mais veloz. Os resultados sugerem a relação entre a característica do treino e o ganho coordenativo interferindo no desempenho do salto (DOWLING & VAMOS, 1993). Ou seja, o aumento do torque sem a sua aplicação coordenada entre as articulações pode não repercutir em aumento de desempenho.

Coordenação foi definida por BOBBERT & VAN SOEST (1994) como sendo a ação combinada dos músculos para promover o movimento. Portanto, a coordenação para o salto vertical pode ser interpretada através de variáveis relacionadas à temporalidade, sequenciamento e amplitude do movimento executado (BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1988). Na literatura é possível encontrar estudos que investigaram padrões coordenativos que maximizaram o desempenho do salto vertical (BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1988). O desempenho é determinado também pela magnitude e temporalidade da força empregada no solo a partir dos torques articulares gerados (DOWLING & VAMOS, 1993). A combinação ótima da coordenação e da força aumenta o desempenho.

BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU (1988) propuseram um padrão coordenativo ótimo para o salto vertical levando em conta a temporalidade e o sequenciamento do movimento. Neste estudo, foi sugerido que este padrão é próximo-distal, ou seja, o movimento de extensão tem início na articulação do quadril, segue pelo joelho e por último tem a participação do tornozelo (FIGURA 3). É sugerido que indivíduos não proficientes na tarefa não possuem este padrão e iniciam o movimento com seqüência inadequada ou inexistente entre as articulações envolvidas. Esta sugestão tem origem em simulações de saltos verticais nas quais a decolagem ocorreu precocemente, não ocorrendo extensão completa dos segmentos, quando o controle não foi novamente otimizado após o aumento dos níveis de força (BOBBERT & VAN SOEST, 1994). Com isso, parte do torque gerado pelas articulações não é aproveitado na velocidade de decolagem. Na FIGURA 3 é possível constatar que exceto pela velocidade angular negativa do tornozelo, o movimento tem início no quadril e progride em incremento da velocidade no sentido do tornozelo. A velocidade máxima é atingida inicialmente pelo tronco, posteriormente pela coxa e perna e finalmente pelo pé.

FIGURA 3 - Velocidade angular dos segmentos envolvidos no salto vertical divididas em quatro fases: velocidade angular negativa, velocidade angular positiva (início do movimento do segmento), aumento da velocidade angular e velocidade angular máxima (adaptado de BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1988).

Dentre os métodos de treinamento existentes, o pliométrico é o que mais proximidade possui desta tarefa. As evidências da eficiência do treino pliométrico em gerar aumento de desempenho no salto vertical (TOUMI, BEST, MARTIN, F'GUYER & POUMARAT, 2004a; WILSON et al., 1993) parecem indicar duas razões para este comportamento: a) aumento da produção de força decorrente do treinamento (MALISOUX et al., 2006), assim como b) aperfeiçoamento coordenativo decorrente do treino de saltos propriamente.

O efeito do treino pliométrico sobre os níveis de força pode ser verificado no estudo de MALISOUX et al. (2006). Nesta pesquisa, o aumento de desempenho no salto vertical foi relacionado ao ganho funcional no nível da fibra isolada. Após oito semanas de treino pliométrico foram encontrados aumentos significantes ($p < 0,001$) para os parâmetros velocidade de encurtamento, força máxima e potência gerada em contrações induzidas na fibra muscular isolada. No entanto, não foi realizada nenhuma medida de alteração do padrão coordenativo do salto vertical.

Por outro lado, a coordenação intersegmentar para sujeitos pouco habilidosos na tarefa motora em questão parece ser um fator primordial para o rendimento (ALMASBAKK, 1996),

especialmente se em paralelo os níveis de força estão sendo modificados em decorrência de estímulos de treino (ABERNETHY & JURIMAE, 1996). Sujeitos habilidosos no salto vertical já possuem um controle otimizado do movimento e os aumentos de desempenho podem estar mais relacionados ao aumento da força, como já foi demonstrado por BOBBERT & VAN SOEST (1994). No caso de indivíduos não proficientes no salto vertical, é possível que treinos de potência ou de força máxima tenham impacto distinto no ganho de força e coordenação. É possível que ambos promovam o aumento da força (HARRIS et al., 2000) e o treino de potência seja mais efetivo em promover ganhos coordenativos, dada a maior proximidade mecânica do gesto. No entanto, não foi encontrado registro sobre o efeito dos possíveis estímulos coordenativos decorrentes destes dois tipos de treinamento. Além disso, a comparação desses métodos de treino levando em conta os parâmetros cinéticos, cinemáticos e eletromiográficos para a construção de uma resposta mais completa parece ainda ser inédita.

Tal investigação, constitui-se da análise de uma equivalência dos métodos na alteração do desempenho no salto vertical. Recentemente, a abordagem da plasticidade do sistema neuromuscular para adequar as adaptações geradas por estes dois métodos supostamente distintos, otimizando o rendimento em uma tarefa específica foi realizada por TOUMI et al. (2004b). Neste estudo, os resultados encontrados para o salto a partir da posição de semi-agachamento indicam uma equiparação da eficiência dos tipos de treino em promover aumento do desempenho. Porém, para o salto com contra-movimento o grupo cujo protocolo previu também o salto vertical obteve um melhor desempenho.

Com base nas evidências descritas sugere-se a possibilidade do treino de potência promover maior ganho de desempenho, em particular no salto com contra-movimento (TOUMI et al., 2004b). Este evento pode estar relacionado à alterações coordenativas decorrentes de determinados tipos de treino que se aproximem à tarefa em sua execução. Por outro lado, pouco se pode afirmar quanto à natureza similar ou distinta das adaptações neuromusculares decorrentes destes dois tipos de treinamento.

3.4.1 Tipos de salto vertical

Na literatura sobre treinamento de força, os tipos de saltos verticais mais comumente reportados (MOORE, HICKEY & REISER, 2005; JONES et al., 2001; BAKER et al.,

2001b; HARRIS et al., 2000; KANEHISA & FUKUNAGA, 1999; WILSON et al., 1993; HAKKINEN, 1985;), são o salto a partir da posição de semi-agachamento (SJ) e o salto com contra-movimento (CMJ). A FIGURA 4 ilustra a execução de ambos. A possibilidade de isolar o contra-movimento e com isso analisar seu efeito potencializador no salto justifica a recorrência na utilização destes tipos de saltos (TOUMI et al., 2004b; RODANO & SQUADRONE, 2002; CAVAGNA, 1977).

FIGURA 4 - Salto a partir da posição de semi-agachamento (SJ) e com contra-movimento (CMJ).

O maior desempenho no CMJ foi durante algum tempo atribuído ao acúmulo e restituição da energia elástica decorrente do contra-movimento (BOBBERT, GERRITSEN, LITJENS & VAN SOEST, 1996). Porém, são encontradas também outras explicações para o maior deslocamento do centro de massa no CMJ (BOBBERT et al., 1996).

BOBBERT et al. (1996) apresentam ao todo quatro explicações para esta diferença de desempenho. São elas: a) falta de familiaridade dos sujeitos com a execução do SJ, prejudicando assim o controle do movimento na tarefa; b) no SJ, os músculos podem não atingir um nível de força elevado antes do início da fase concêntrica; c) o contra-movimento pode disparar reflexos espinhais que ajudam a aumentar a estimulação muscular durante a fase concêntrica e conseqüentemente causar maior produção de força e trabalho muscular nesta fase e d) o contra-movimento pode alterar as propriedades do maquinário contrátil, fenômeno conhecido como potencialização, levando ao aumento da força e do trabalho gerado na fase concêntrica do CMJ. Neste mesmo estudo foram controladas variáveis cinemáticas, cinéticas, assim como a produção de torque articular em ambos os tipos de salto. Para o CMJ e o SJ

partindo da mesma amplitude articular inicial do CMJ (SJc) foi feita uma comparação, apresentada na TABELA 3.

TABELA 3 - Parâmetros cinemáticos e cinéticos dos saltos CMJ e SJc (salto a partir da posição de semi-agachamento, partindo da mesma posição inicial do início da fase concêntrica do CMJ), média ($\pm$ DP) (BOBBERT et al., 1996).

	CMJ	SJc
CMmínimo – CM início (cm)	-35,0 ($\pm$ 3,4)	-35,6 ($\pm$ 2,3)
CMdec – Cmínimo (cm)	11,9 ($\pm$ 1,5)	11,9 ($\pm$ 1,4)
CMdecolagem (m/s)	2,78* ($\pm$ 1,0)	2,66 ($\pm$ 1,5)
CM máximo – CM início (cm)	48,1* ($\pm$ 3,6)	44,7 ($\pm$ 4,2)
Tconcêntrica (s)	0,33* ($\pm$ 0,03)	0,42 ($\pm$ 0,06)
Finício concêntrica (N)	1708* ($\pm$ 336)	1006 ($\pm$ 218)

* $p < 0,05$; CMmínimo – CM início (cm): altura do centro de massa (CM) no início da fase de propulsão subtraído da altura do CM do sujeito em posição ereta; CMdec – Cmínimo (cm): altura do CM no momento da decolagem subtraído da altura do CM com o sujeito em posição ereta; CMdecolagem (m/s): velocidade vertical do CM na decolagem; CM máximo – CM início (cm): altura máxima alcançada pelo CM subtraída da altura do CM com o sujeito na posição ereta; Tconcêntrica (s): duração da fase de propulsão; Finício concêntrica (N): componente vertical da força de reação do solo no início da propulsão.

Constata-se pela leitura da TABELA 3 que tanto a posição inicial quanto a final na execução dos dois tipos de salto foi bastante semelhante. No entanto, os saltos foram significativamente diferentes para a velocidade vertical na decolagem, duração da fase de propulsão e aplicação de força no início da propulsão. Logo, constatou-se diferença também para a altura de salto, maior no CMJ. A TABELA 4 complementa as evidências sobre os dois saltos com os dados de torques articulares.

TABELA 4 - Comparação entre CMJ e SJc quanto aos ângulos do início da propulsão e da decolagem e momento no início da propulsão para cada articulação envolvida no salto vertical, média ($\pm$ DP) (BOBBERT et al., 1996).

* $p < 0,05$.

	Tornozelo		Joelho		Quadril	
	CMJ	SJc	CMJ	SJc	CMJ	SJc
Ângulo início propulsão (rad)	1,26 ($\pm 0,22$)	1,20 ($\pm 0,16$)	1,31 ($\pm 0,09$)	1,27 ($\pm 0,18$)	1,12 ($\pm 0,23$)	1,08 ($\pm 0,17$)
Ângulo decolagem (rad)	2,18 ($\pm 0,11$)	2,19 ($\pm 0,12$)	3,10 ($\pm 0,08$)	3,03 ($\pm 0,12$)	2,94 ($\pm 0,09$)	2,90 ($\pm 0,12$)
Momento início propulsão (N·m)	220* (± 60)	127 (± 49)	289* (± 76)	179 (± 46)	330* (± 96)	177 (± 78)

Verifica-se novamente que apesar de ângulos semelhantes no início e final da fase de propulsão, os torques gerados em um e outro tipo de salto foram diferentes.

A hipótese mais provável para explicar as diferenças de desempenho parece ser a de um estado de ativação muscular mais elevado decorrente do pré-estiramento (BOBBERT et al., 1996). Porém, os mecanismos responsáveis por tal processo não foram esboçados neste estudo.

Na literatura são encontradas diferentes hipóteses para explicar o estado da fibra muscular no momento pós-estiramento e anterior à ação concêntrica (RASSIER & HERZOG, 2002). Uma delas é a da não-uniformidade e instabilidade dos sarcômeros (MORGAN, 1994). De acordo com esta hipótese, os sarcômeros de uma fibra muscular não se alongam de maneira homogênea quando estirados. Os sarcômeros da porção medial da célula estiram-se mais que a média, enquanto que os das porções distais estiram-se menos que a média. Segundo esta hipótese, os sarcômeros centrais são estirados ao ponto de não mais haver a sobreposição entre actina e miosina. Por outro lado, os localizados na periferia não são muito alongados e permanecem quase em isometria (RASSIER & HERZOG, 2002). A força produzida em conjunto pelos dois grupos de sarcômeros, mais e menos alongados, durante o estiramento é superior à força produzida de forma isométrica para o mesmo comprimento muscular

(RASSIER & HERZOG, 2002). Esta hipótese complementa a explicação da maior produção de trabalho muscular no CMJ em relação ao SJ (BOBBERT et al., 1996).

Conforme demonstrado por BOBBERT et al.(1996), o aumento da energia acumulada nos tendões no início da fase concêntrica apenas reduz a quantidade de trabalho produzido pelos elementos contráteis. Isto parece ocorrer porque a restituição de energia pelos elementos elásticos em série ocorre no momento no qual os elementos contráteis realizariam trabalho com a mesma finalidade. Portanto, a restituição de energia pode ser atribuído o aumento de eficiência no movimento. Este torna-se mais econômico quanto a produção de energia, já que os elementos elásticos em série “cumprem o papel” dos elementos contráteis. No entanto, ao contrário do enunciado no passado (CAVAGNA, 1977), este fenômeno não explica o desempenho. Conforme já discutido, os eventos relacionados à diferença de desempenho entre CMJ e SJ são de outra natureza e explicados pelo maior nível de ativação gerado pelo estiramento prévio.

3.4.2 Transferência da força motora para o salto vertical

A distinção entre TF e TP proposta por KOMI & HAKKINEN (1988) a partir das alterações na curva força-velocidade expõe uma concepção do princípio da especificidade no treinamento de força, cujas bases foram sistematizadas e divulgadas na segunda metade da década de 1960 e relatadas em BOBBERT (1990). Segundo estas idéias oriundas da prática, o treinamento de força específico deve ser organizado em máxima conformidade com o gesto esportivo. Os critérios de adequação do treino de força ao gesto foram determinados como sendo: a) magnitude da força, b) tempo de aplicação da força, c) velocidade de produção da força, d) regime de trabalho muscular e e) amplitude do movimento (BOBBERT, 1990).

Este enunciado de especificidade é vigente até os dias de hoje, sendo verificado tanto na prática quanto na concepção teórica de diferentes *designs* de pesquisa (HOFFMAN et al., 2005; TOUMI et al., 2004; HARRIS et al., 2000; LYTTLE et al., 1996).

A especificidade tratada no presente estudo refere-se, de um lado, às adaptações neurais e morfológicas, e de outro, ao aumento do rendimento em dada tarefa motora (CRONIN, 2002; MCBRIDE et al., 2002; YOUNG, MCLEAN & ARDAGNA, 1995; HAKKINEN, 1985), ou seja, o grau de transferência dessas adaptações. Levando-se em conta as possíveis semelhanças adaptativas entre TF e TP, é possível que a magnitude da

transferência, interpretado como especificidade, de TP e TF para uma tarefa como o salto vertical seja maior para TP (HARRIS et al., 2000) pelo estímulo coordenativo que o próprio treinamento confere. Resultados dessa natureza são então generalizados e preconiza-se uma sequência cronológica na qual o TF precede o TP, numa orientação das cargas que supostamente migram de conteúdos mais gerais para mais específicos ao longo das fases da preparação.

A eficiência na transferência para o salto vertical de protocolos combinados (força máxima e saltos) (TOUMI et al., 2004b; LYTTLE et al., 1996; HARRIS et al., 2000) demonstram a importância do conteúdo coordenativo, em especial para populações de sujeitos que não possuem proficiência na tarefa de salto vertical. Nestes casos, porém, o ganho coordenativo não deve ser interpretado como um mérito intrínseco ao método de treino utilizado e sim como uma consequência do perfil da amostra. Sujeitos menos treinados em salto podem aprender com o próprio treino, desde que esse forneça estímulo coordenativo, como é possível que ocorra com protocolos de TP.

No presente trabalho, com os parâmetros propostos na análise pretende-se analisar as adaptações neurais provocadas e os ganhos coordenativos no salto, assim como o aumento de desempenho em outras tarefas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostra

A amostra foi constituída por indivíduos fisicamente ativos, com idade média de 25 ($\pm 5,9$) anos e experiência mínima de dois anos com treinamento de força para membros inferiores. Foram recrutados quarenta sujeitos, os quais foram divididos em três grupos homogêneos. O critério para divisão dos grupos foi a força relativa de membros inferiores, obtida a partir da força máxima e do peso corporal dos sujeitos.

Dois dos grupos foram submetidos a protocolos distintos de treinamento enquanto o terceiro grupo foi designado como controle, tendo sido submetido apenas às avaliações. A diferença fundamental entre os dois grupos submetidos a treinamento foi a zona de intensidade

utilizada nas sessões de treino e a velocidade de execução. Para caracterização da amostra foram obtidos o peso corporal, a estatura e a composição corporal dos sujeitos (TABELA 5).

TABELA 5 - Características antropométricas da amostra média ($\pm$ DP).

	TP	TF	Controle
Estatura (cm)	178,7 ($\pm$ 4,3)	177 ($\pm$ 5,9)	178,9 ($\pm$ 11,03)
Peso Corporal (kg)	75,2 ($\pm$ 7,3)	76 ($\pm$ 8,9)	74,1 ($\pm$ 9,6)
Percentual de Gordura (%)	10,8 ($\pm$ 2,1)	11,7 ($\pm$ 4,3)	10,9 ($\pm$ 3,7)

4.2 Teste de força dinâmica máxima

A força dinâmica máxima foi avaliada através de teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício agachamento. A realização deste teste seguiu as orientações da “American Society of Exercise Physiologists” (ASEP), para testes de 1RM (BROWN & WEIR, 2001). Antes do teste os sujeitos realizaram um aquecimento geral de cinco minutos de duração a velocidade de 9 Km/h, na esteira ergométrica. Após isso, os sujeitos executaram uma rotina de cinco exercícios de alongamento da musculatura envolvida no teste. Para complementar, realizaram duas séries de aquecimento no próprio exercício de agachamento. Na primeira série de aquecimento foram feitas cinco repetições, com 50% da carga estimada para 1RM. Na segunda, três repetições, com 70% da carga estimada para 1RM. Entre as séries de aquecimento foi respeitado intervalo de dois minutos. Entre a segunda série e o início do teste os sujeitos descansaram três minutos. A determinação da carga máxima para realização de uma repetição (1RM) foi feita em cinco tentativas. Entre as tentativas houve um intervalo de três minutos. A carga inicial para o teste de 1RM foi a maior carga utilizada nas duas sessões de familiarização realizadas antes do início do experimento. Em cada sessão de familiarização foram realizadas entre três e quatro séries de dez movimentos com aumento progressivo da carga. O principal critério para progressão da carga nestas sessões foi a manutenção da técnica de execução. Deixava-se de implementar

carga quando a técnica deteriorava-se. O principal parâmetro de deterioração da técnica verificado foi a perda de estabilidade e incapacidade de manutenção da postura na região lombar da coluna.

A execução técnica do movimento, tanto nas sessões de familiarização quanto no teste de 1RM, foi avaliada pelo pesquisador responsável. Para que a tentativa fosse considerada válida, os sujeitos tiveram que executar um ciclo completo de movimento. O início do ciclo de movimento ocorria com os joelhos em extensão completa. No ponto intermediário do ciclo de movimento os joelhos atingiam 90° graus de flexão, antes de iniciar a fase de extensão. O ciclo era finalizado com os joelhos totalmente estendidos. Todos os sujeitos tiveram seus ângulos flexão dos joelhos medidos e este limite era imposto ao sujeito através de um anteparo de madeira colocado de maneira a impedir o prosseguimento do movimento. O intervalo de tolerância determinado para flexão máxima de joelhos foi de 90-95°, aferidos com um goniômetro manual. A partir da aferição regulava-se a altura do anteparo de madeira. Todas as sessões de teste de 1RM foram acompanhadas por três avaliadores, treinados para esta finalidade. Durante a execução do movimento os avaliadores forneciam amplo encorajamento verbal ao sujeito testado.

Após duas semanas de treinamento foi realizado um teste de 1 RM com os grupos TF e TP. Este teste foi realizado com o intuito de ajustar de forma precisa a carga de treino do TP, o qual treinou com percentuais do máximo. Para garantir condições iguais entre os grupos em treinamento, o grupo TF também foi testado.

4.3 Teste de salto vertical

Foram avaliadas duas técnicas de salto vertical. O salto com contra-movimento (CMJ) e o salto a partir da posição de semi-agachamento (SJ). Para cada uma das técnicas foi selecionada par análise apenas a tentativa na qual cada indivíduo atingiu o melhor desempenho (VAN SOEST & INGEN SCHENAU, 2002). No CMJ o sujeito partiu da posição ereta e realizou um movimento preparatório de flexão de joelhos antes de saltar verticalmente. O grau de flexão atingido no movimento preparatório não foi controlado para que cada sujeito otimizasse seu movimento. No SJ não houve movimento preparatório antes do salto vertical. O sujeito deu início ao salto vertical após permanecer por um a dois segundos em posição de semi-agachamento com os joelhos flexionados a 90°. A aferição do ângulo foi realizada com

um goniômetro manual a cada tentativa e sugeriu-se que o sujeito localizasse um ponto de referência a sua frente que o auxiliasse a retornar a posição inicial a cada tentativa. Houve também o controle do movimento em tempo real pelo monitor do computador onde foi possível identificar através da variação da curva força-tempo quando o contra-movimento ocorria. Nestes casos, a tentativa foi desconsiderada.

O número de repetições para cada tipo de salto foi estipulado em cinco tentativas corretas. Foram executados todos os saltos de um tipo para então ser iniciada a execução do outro tipo de salto. O intervalo de recuperação entre cada execução foi de 30 segundos e entre cada tipo de salto de no mínimo três minutos. A seqüência dos tipos de saltos foi balanceada entre os sujeitos para que não ocorresse efeito de ordem.

A sessão experimental teve início com um aquecimento específico realizado sobre a plataforma de força e com os marcadores para análise cinemática posicionados, assim como os eletrodos para captação do sinal eletromiográfico. Foi pedido que o sujeito executasse cinco saltos com contra-movimento e posteriormente a partir de semi-agachamento, todos sub-máximos e com intervalo de recuperação mínimo de 15 segundos entre saltos. Na seqüência foram pedidas três execuções mais intensas, porém não máximas para cada tipo de salto. Antes de iniciar a série de saltos, os sujeitos foram instruídos e incentivados a saltar o mais alto possível em cada tentativa. Em ambos os tipos de salto os sujeitos mantiveram as mãos na cintura para eliminar um possível efeito positivo ou negativo dos braços. Neste teste ocorreram coletas simultâneas de imagem para análise bidimensional, força de reação do solo e sinal eletromiográfico dos músculos vasto medial e vasto lateral. Para tanto, os dados foram sincronizados a partir de um disparador manual, que ao ser acionado dava início à coleta do sinal eletromiográfico, da força de reação do solo e acendia a lâmpada, permitindo assim a sincronização do vídeo.

4.3.1 Procedimentos para medida do sinal eletromiográfico (EMG) no salto vertical

Os registros eletromiográficos dos saltos com contra-movimento e a partir da posição de semi-agachamento foram obtidos com o equipamento Nihon-Kohden MEB 4200® (Foothill Ranch, CA, USA). Dois pares de eletrodos com distância intereletrodos de 2 cm foram posicionados paralelamente ao sentido das fibras musculares, sobre a porção do ventre com maior volume nos músculos vasto lateral (VL) e vasto medial (VM). Antecedendo a coleta, a

área onde os eletrodos foram colocados teve os pelos removidos e foi abrasada com uma gaze embebida em álcool isopropílico para que a impedância da pele diminuísse. Assumiu-se que a mesma atingiu níveis inferiores a 150 Ω . O posicionamento dos eletrodos na pele foi marcado à caneta e copiado em uma folha transparente. Nesta folha foram registradas também outras referências, tais como cicatrizes e pintas, para que no pós-teste o posicionamento dos eletrodos pudesse ser reproduzido. Para auxiliar na recolocação dos eletrodos no pós-teste foram também tiradas fotografias digitais.

O sinal foi adquirido a uma frequência de 4800 Hz, com filtro de frequência de banda de 20 Hz à 500 Hz, e posteriormente convertido por um cartão analógico-digital de 12 bits (DataWave[®], DataWave Technologies) e armazenado em um computador.

4.3.2 Procedimentos para análise do sinal eletromiográfico (EMG) no salto vertical

Para efeitos de análise foi considerado o sinal eletromiográfico do início até o final da fase concêntrica de ambos os saltos. O ponto inicial de coleta foi determinado a partir da variação de quatro desvios-padrão da medida de força de reação do solo de repouso, indicando assim o início do salto. Já o término do salto foi definido como sendo o ponto anterior àquele no qual a força atingiu seu valor mais baixo, ou seja, o início da fase aérea. O sinal capturado foi retificado e um filtro Butterworth recursivo de 4^a ordem de passa baixa a 6 Hz foi utilizado. Após, esse sinal foi integrado para obtenção do valor do envelope linear. Por fim, o sinal foi normalizado pelo valor do EMG integrado correspondente aos 250 milissegundos ao redor do pico de força do teste de CVIM.

4.3.3 Registro e cálculo das variáveis cinemáticas dos saltos verticais

A primeira etapa para realizar a análise cinemática dos saltos verticais foi a elaboração do quadro de calibração. Dois fios de náilon foram fixados ao teto do laboratório e a um prumo em sua outra extremidade. Seu comprimento foi estipulado de maneira aos prumos aproximarem-se cerca de 10 centímetros do chão. Esta distância foi mantida para que de nenhum modo o prumo tocasse o solo. No solo, assim como nas alturas de 50, 100, 150 e 220 centímetros foram fixadas esferas de isopor envoltas por fita reflexiva 3M[®]. Os fios de náilon foram fixados de modo que os prumos coincidiam com as coordenadas (0;0) da

plataforma de força. A filmadora foi colocada no plano sagital do sujeito, a quatro metros de distância e o centro da lente da mesma encontrava-se a 100 centímetros do chão. Esta altura foi estabelecida com o intuito de manter, de forma aproximada, uma linha perpendicular ao quadril do sujeito. Testes realizados para aferir possíveis erros na estimativa do tamanho dos segmentos em diferentes momentos do salto indicaram um erro de no máximo 0,2 centímetros, considerado dentro de limites aceitáveis. Nestes testes calculou-se o coeficiente de variabilidade da medida do tamanho dos segmentos em diferentes momentos da execução da tarefa.

Cinco marcadores reflexivos foram fixados no hemicorpo direito do sujeito em pontos anatômicos estabelecidos na literatura para análise cinemática do salto vertical (BOBBERT, 1988). Foram eles: articulação do quinto metatarso, maléolo lateral, epicôndilo lateral do fêmur, trocânter maior do fêmur e na altura da quinta vértebra cervical. Estes marcadores definiram quatro segmentos: pé, perna, coxa e tronco, sendo que esse último representa o tronco, os membros superiores e a cabeça, que foram reconstituídos durante toda ação do salto vertical. A partir dos dados de posição foram calculados deslocamento, velocidade segmentar, e aceleração angular das articulações do tornozelo, joelho e quadril. Os sujeitos foram filmados durante todos os saltos com uma frequência de aquisição de 30 Hz utilizando-se uma filmadora Panasonic[®] PVBGS 250 (Manaus, AM, Brasil)

As imagens gravadas foram editadas com o programa Pinnacle Studio 9[®] (Mountain View, CA, USA) e na sequência, a digitalização foi realizada utilizando-se o programa de computador Ariel Dynamics[®]. Neste programa, a frequência de quadros foi dobrada para 60Hz e após isso, foram obtidas as coordenadas X e Y indicando o posicionamento dos segmentos pé, perna, coxa e tronco quadro a quadro. A utilização da frequência de 60 Hz está em conformidade com outros estudos reportados na literatura (FELTNER et al., 1999; ARAGÓN-VARGAS & GROSS, 1997). Os dados foram então processados em rotinas escritas em Visual Basic[®], gerando as variáveis necessárias ao cálculo dos momentos articulares.

4.3.4 Registro e cálculo das variáveis cinéticas dos saltos verticais

Foram registradas as componentes vertical (F_z) e horizontal (F_y) da força reação do solo e os momentos vertical (M_z) e horizontal (M_y), gerados durante a realização dos saltos verticais sobre a plataforma de força AMTI[®] OR6-7-1000 (Watertown, MA, USA). A

frequência de aquisição foi de 4800Hz. A filtragem on-line do sinal foi feita com um filtro Butterworth do tipo passa baixa, com frequência de corte a 200Hz. Os cálculos das variáveis altura do salto, taxa de desenvolvimento de força média e máxima foram feitos através de rotinas escritas em Visual Basic®.

O cálculo da altura do salto foi feito através do método do impulso. O impulso (I) gerado na fase concêntrica do salto foi obtido através da integração da área entre o início e fim da fase concêntrica. O início da fase concêntrica foi determinado como sendo o ponto no qual a medida da força de reação do solo do sujeito estático sobre a plataforma variou mais de quatro desvios-padrão em relação à média da medida obtida com o sujeito estático. Uma vez conhecido o impulso (I), foi possível calcular a velocidade do centro de massa do sujeito, no momento da decolagem (Vf) para o salto, através da equação 3

$$I = m (V_f - V_i) \quad (3)$$

onde: V_f = velocidade final, m = massa do sujeito, V_i = velocidade inicial (= 0).

Em seguida, foi calculada a altura do salto (h) através de uma equação que descreve o lançamento de projéteis (Equação 4):

$$h = V_f^2 / 2g \quad (4)$$

onde: g = aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Para o SJ a taxa de desenvolvimento de força média (TDF média) foi calculada levando-se em conta a variação da força no tempo, do início do salto até o seu pico. Enquanto para o CMJ, a TDF média foi calculada como a variação da força no tempo, do início da fase concêntrica do salto até o seu pico. Já a TDF máxima foi obtida pela seleção do maior valor médio dentre intervalos de 50 milissegundos. Os intervalos foram medidos do início da produção de força concêntrica até o seu pico.

4.3.5 Cálculo dos momentos articulares no salto vertical

A estimativa dos momentos articulares foi realizada através do procedimento de dinâmica inversa em 2D (WINTER, 1979). Ela consiste em, a partir de dados de cinemática dos segmentos e da força reação do solo, reconstituir os momentos articulares (ENOKA, 2002).

As forças de reação articulares foram calculadas, inicialmente através da força reação do solo e da aceleração linear do centro de massa dos segmentos, da articulação do tornozelo para a articulação do quadril. Após, foram calculados os momentos articulares a partir do torque produzido por cada uma das forças que agiam no segmento específico, dos momentos de inércia de cada segmento e suas respectivas acelerações angulares, usando a segunda lei de Newton para movimentos translacionais e rotacionais. Momentos produzidos no sentido anti-horário foram considerados positivos e no sentido horário negativos.

4.4 Teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM)

O teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM) foi executado em um aparato construído em madeira sobre o qual o executante acomodava-se em decúbito dorsal com flexão de joelho e quadril e mantendo os pés em contato com a parede. O ângulo de flexão de quadril pré-determinado foi de 100° e de flexão de joelhos 95°. O aparato foi posicionado perpendicularmente à parede e conectado a ela através de um cabo de aço. Sob o aparato foram fixados dois pares de rolamentos sobrepostos a trilhos conectados entre si. Este procedimento visava minimizar o possível atrito decorrente do contato direto da madeira com o solo, no caso de haver uma movimentação do aparato, por mais que a tarefa fosse isométrica. Foram utilizadas duas regulagens na altura dos ombros que permitiam ajustes para cada sujeito de maneira a preservar os ângulos de quadril e joelhos (FIGURA 5). O sujeito foi fixado à prancha de madeira com uma faixa colocada na altura do quadril para que não houvesse alteração do ângulo estabelecido para esta articulação. Para garantir maior conforto e minimizar a ação adutora das coxas nos momentos que antecederiam o teste, os joelhos do executante foram envoltos por outra faixa sendo mantido um afastamento entre as coxas a critério do sujeito.

Os eletrodos utilizados para o registro eletromiográfico durante o salto vertical foram mantidos na perna esquerda do sujeito nos músculos vasto medial e vasto lateral.

FIGURA 5 - Aparato para realização do teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM).

Entre o cabo de aço e o aparato foi posicionada uma célula de carga Transtec[®] N-320 (Austin, TX, USA) com fundo de escala de cinco quilonewtons (KNs), alinhada com o aparato e, portanto, perpendicular à parede. O posicionamento do aparato e da célula de carga foram sistematicamente aferidos para garantir que o vetor da força aplicada à parede fosse registrado da maneira mais eficiente possível, uma vez que a célula de carga realiza registros unidimensionais. A calibração da célula de carga foi realizada antes das coletas do pré e pós-teste.

A frequência de aquisição da célula de carga foi de 2000 Hz e o tempo de coleta foi de cinco segundos. Uma rotina escrita no programa LabView[®] permitiu a sincronização das coletas de força e eletromiografia, acionadas simultaneamente por um disparador manual. Todos os dados foram capturados pelo cartão analógico-digital, DataWave[®] (DataWave Technologies) para posterior análise.

Os procedimentos experimentais empregados seguiram as recomendações encontradas na literatura (CHRIST, SLAUGHTER, STILLMAN, CAMERON & BOILEAU, 1994). Com

relação à reprodutibilidade do teste foram seguidos os procedimentos sugeridos por ABERNETHY et al. (1995). Os sujeitos foram posicionados com os segmentos em grau de flexão tal que se aproximassem de sua capacidade de produzir força máxima. Além disso, adotou-se a mesma orientação descrita por AAGAARD et al. (2002a), pedindo-se ao sujeito que realizasse a contração o “mais forte e rápido” possível.

Foram padronizados três comandos para o início do teste, os dois primeiros para colocar o sujeito em prontidão (atenção, prepara) e o terceiro (vai!!) para que ele começasse a fazer força. Durante toda a execução foi dado amplo estímulo verbal. A orientação padrão foi para que o sujeito buscasse atingir sua força máxima o mais rápido possível e sustentasse a contração por aproximadamente quatro segundos. Um monitor permitia a visualização em tempo real da curva de força gerada ao longo da coleta com uma escala em Newtons dos valores de força atingidos. Porém, aos sujeitos não era dada a possibilidade de observar seu desempenho antes de finalizada a tentativa, para que mantivessem a concentração exclusivamente na tarefa.

A sessão experimental da CVIM sucedeu, para todos os sujeitos, a do salto vertical. Foi padronizado o intervalo de 15 minutos de recuperação entre o teste de salto vertical e o de CVIM. Após o posicionamento do sujeito para o teste de CVIM, foram realizadas tentativas submáximas de familiarização até que a curva de força assumisse um padrão estável. Em todas as tentativas o sujeito foi instruído a manter a musculatura o mais relaxada possível nos segundos que antecederiam à coleta até que o comando para iniciar o teste fosse dado. Após a familiarização foi dado um intervalo de recuperação de cinco minutos antes do início de três coletas. O intervalo de recuperação entre cada tentativa foi de três minutos. Para todos os sujeitos o comando para iniciar a produção de força foi dado após aproximadamente um segundo do disparo manual do dispositivo sincronizador das coletas de eletromiografia e força.

Neste teste foram medidos os seguintes parâmetros relativos à produção de força: a) taxa de desenvolvimento de força (TDF) nos primeiros 100 milisegundos da contração, b) TDF máxima, medida em intervalos de 50 milisegundos até o pico de força e c) pico de força.

Foram também medidos os seguintes parâmetros referentes à atividade eletromiográfica: a) EMG máximo em um intervalo total de 250 milisegundos, tendo como ponto médio o pico de força e b) magnitude do sinal eletromiográfico (EMG) nos primeiros 100 milisegundos de contração. Esta variável foi normalizada pelo EMG máximo.

4.5 Protocolos de treinamento

As TABELAS 6 e 7 demonstram os protocolos de treinamento para o TP e TF, respectivamente. O exercício utilizado para os dois grupos durante todo o período de treinamento foi o agachamento livre. A amplitude articular na execução dos movimentos foi a mesma da descrita para o teste de 1RM e controlada através da utilização de um anteparo de madeira.

Ao início do período de treinamento houve progressão da carga com maior ênfase no aumento do volume. Posteriormente houve maior adição de intensidade. Já a partir da sétima semana, procedeu-se a diminuição da carga de treinamento, a partir da redução de volume para minimizar as chances do desempenho nos testes pós-treinamento ser influenciado por um processo de fadiga proveniente do treino.

O parâmetro principal de volume utilizado foi o número de séries para os dois grupos, tendo sido mantido o mesmo volume semanal entre os grupos durante todo o processo de treino. Já para a intensidade, o número de repetições máximas foi o parâmetro principal do grupo TF enquanto que para o grupo TP foi a porcentagem de carga em relação à força máxima para o mesmo exercício. Neste último caso, o percentual de carga utilizado na sessão de treino determinou o número de repetições a serem realizados por série. Para percentuais de 30% e 40% de 1RM, o número de repetições foi oito. Já para 50% e 60% o número de repetições utilizado foi seis. Esta escolha justifica-se pela experiência adquirida em nosso laboratório com avaliações da produção de potência com diferentes combinações entre carga levantada e número de repetições (dados não publicados). Com este procedimento procurou-se evitar o declínio da potência produzida ao longo da série. No treino do grupo TP não foi permitida a perda de contato com o solo ao final da extensão dos segmentos. Este procedimento foi aplicado para evitar eventuais benefícios coordenativos no desempenho do salto vertical.

TABELA 6- Protocolo de treinamento do Grupo Força (TF).

Protocolo de treinamento – Grupo Força (TF)			
	Segunda	Quarta	Sexta
Semana 1	4^{10}	4^{10}	4^{10}
Semana 2	$2^{10};3^8$	$3^8;2^6$	$2^{10};3^8$
Semana 3	$3^8;3^6$	$3^8;3^6$	$3^8;3^6$
Semana 4	$2^{10};2^8;2^6$	$2^{10};2^8;2^6$	$2^{10};2^8;2^6$
Semana 5	$1^8;3^6;3^4$	$3^6;4^4$	$4^6;3^4$
Semana 6	$4^6;4^4$	$4^6;4^4$	$4^6;4^4$
Semana 7	$3^6;3^4$	$3^6;3^4$	$3^6;3^4$
Semana 8	$2^6;2^4$	$2^6;2^4$	$2^6;2^4$

2^4 a base representa o número de séries e o expoente o número de repetições realizadas.

TABELA 7- Protocolo de treinamento do Grupo Potência (TP).

Protocolo de treinamento – Grupo Potência (TP)			
	Segunda	Quarta	Sexta
Semana 1	4 ⁸ (30%)	4 ⁸ (30%)	4 ⁸ (30%)
Semana 2	3 ⁸ (30%); 2 ⁸ (40%)	3 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)	3 ⁸ (30%); 2 ⁸ (40%)
Semana 3	3 ⁸ (40%); 3 ⁶ (50%)	3 ⁸ (40%); 3 ⁶ (50%)	3 ⁸ (40%); 3 ⁶ (50%)
Semana 4	2 ⁸ (30%); 2 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)	2 ⁸ (30%); 2 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)	2 ⁸ (30%); 2 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)
Semana 5	2 ⁸ (30%); 3 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)	3 ⁸ (40%); 4 ⁶ (60%)	3 ⁸ (30%); 2 ⁶ (50%); 2 ⁶ (60%)
Semana 6	4 ⁸ (30%); 4 ⁶ (60%)	4 ⁸ (40%); 4 ⁶ (50%)	4 ⁸ (30%); 4 ⁶ (60%)
Semana 7	3 ⁸ (40%); 3 ⁶ (60%)	2 ⁸ (40%); 4 ⁶ (60%)	2 ⁸ (40%); 4 ⁶ (60%)
Semana 8	2 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)	2 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)	2 ⁸ (40%); 2 ⁶ (50%)

2⁴ base representa o número de séries e o expoente o número de repetições realizadas. Entre parênteses é exibida a intensidade utilizada.

Apesar de ter sido mantido o mesmo volume de séries semanais para os dois tipos de treino, foi inevitável que houvesse variação no número de repetições realizadas. Nas TABELAS 8 e 9 é possível visualizar esta diferença. Para melhor visualização de ambas, optou-se por colocar a TABELA 8 na página seguinte.

TABELA 8 - Grupo de treinamento TP, número de séries e repetições semanais.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Séries	12	13	18	18	21	24	18	12
Repetições	96	116	126	132	144	180	126	84

TABELA 9 - Grupo de treinamento TF, número de séries e repetições semanais.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Séries	12	15	18	18	21	22	18	12
Repetições	120	124	126	144	108	154	126	72

A determinação da zona de intensidade do grupo TF foi baseada no número de repetições máximas realizadas na série. Logo, dada a variabilidade do nível de força inicial intragrupo, o percentual do máximo no qual se treinou também variou. A TABELA 10 contém estes valores. Constata-se ampla diferença entre os percentuais de carga utilizados por cada um dos grupos ao longo de todas as semanas de treinamento.

TABELA 10 - Percentual médio de carga utilizado por cada um dos grupos ao longo das oito semanas.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
TF	58,8	69,4	75,3	77,2	87,5	83,6	85,6	87,3
TP	30	38,6	35	40	45,2	49,5	52,2	45

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos a partir dos diferentes parâmetros medidos apresentaram distribuição normal, o que justificou a utilização de técnicas paramétricas. Os mesmos foram analisados pelo pacote estatístico SAS[®]. Foi utilizado um modelo misto tendo grupo (três níveis) e tempo (dois níveis) como fatores fixos e os sujeitos como fator aleatório. O tratamento aplicado foi uma ANOVA para medidas repetidas com dois fatores. O primeiro fator foi o treinamento, com três níveis (grupos: TF, TP e Controle) e o outro fator foi o tempo, com dois níveis (pré e pós-teste). A força máxima foi a única variável analisada com uma ANOVA 3:3, já que foi

testada em três momentos e não apenas pré e pós-treino como as demais variáveis. Na ocorrência de valores de F significantes, foi utilizado um ajustamento de Tukey para efeitos de comparações múltiplas. O valor de significância adotado foi de $p < 0,05$.

6 RESULTADOS

6.1 Força dinâmica máxima

A força máxima foi medida em três momentos ao longo do período de treinamento. Os resultados obtidos podem ser verificados na TABELA 11. Diferenças significantes ($p < 0,001$) foram identificadas para os grupos TF e TP em relação aos valores pré-teste. O pós-teste apresentou também diferença significativa ($p < 0,05$) para TP e para TF ($p < 0,001$) em relação ao grupo C no mesmo instante.

TABELA 11- Força máxima (kg) no exercício agachamento no pré-teste, após cinco semanas de treino (P5) e após oito semanas de treino (pós-teste) média ($\pm$ DP), para os grupos de treinamento de força (TF), treinamento de potência (TP) e controle (C).

Força Máxima (kg)			
	Pré-teste	P5	Pós-teste
TF	145,3 ($\pm$ 17,1)	167,8 ($\pm$ 17,3) ***	178,5 ($\pm$ 18,8) *** ‡
TP	147,2 ($\pm$ 16,8)	165,8 ($\pm$ 19,1) ***	171,6 ($\pm$ 19,9) *** †
C	141,4 ($\pm$ 17,4)	144,6 ($\pm$ 17,7)	145,6 ($\pm$ 19,8)

*** $p < 0,001$ em relação ao pré-teste; † $P < 0,05$ em relação ao grupo controle no mesmo tempo; ‡ $p < 0,01$ em relação ao grupo controle no mesmo tempo.

6.2 Salto Vertical

A TABELA 12 apresenta os resultados dos testes de salto com contra-movimento e a partir da posição de semi-agachamento para os três grupos.

TABELA 12 - Desempenho no salto vertical: altura (cm) dos saltos com contra-movimento (CMJ) e a partir da posição de semi-agachamento (SJ), pré e pós-teste, média ($\pm$ DP), para os grupos TF, TP e C.

	SJ (cm)		CMJ (cm)	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
TF	31,35 ($\pm$ 4,63)	37,18 ($\pm$ 4,74) ***	32,60 ($\pm$ 4,48)	34,24 ($\pm$ 4,62)
TP	34,44 ($\pm$ 3,90)	39,61 ($\pm$ 4,70) *** [†]	35,52 ($\pm$ 4,43)	38,50 ($\pm$ 4,34) *
C	31,68 ($\pm$ 5,84)	32,56 ($\pm$ 5,89)	34,69 ($\pm$ 4,57)	33,98 ($\pm$ 7,61)

* p < 0,05 em relação ao pré-treino; *** p < 0,001 em relação ao pré-treino; [†] p < 0,05 em relação ao grupo controle no mesmo tempo.

Para o teste SJ, o grupo TF apresentou aumento de desempenho em relação ao pré-teste (p<0,001) assim como o grupo TP (p<0,001). Este último aumentou também em relação ao grupo controle (p<0,05) no pós-teste. Já para o teste CMJ apenas o grupo TP apresentou aumento significativo (p<0,05) após o período de treinamento para a altura do salto em relação ao pré-teste. A duração dos saltos (SJ e CMJ) não foi alterada do pré para o pós-teste para nenhum dos grupos analisados isoladamente, conforme observado na TABELA 13.

TABELA 13 - Duração total (s), dos saltos CMJ e SJ, pré e pós-teste, média ($\pm$ DP) para os grupos TF, TP e C.

	SJ (s)		CMJ (s)	
	Pré-teste	Pós-teste *	Pré-teste	Pós-teste
TF	0,436 ($\pm$ 0,107)	0,336 ($\pm$ 0,032)	0,729 ($\pm$ 0,136)	0,695 ($\pm$ 0,061)
TP	0,423 ($\pm$ 0,113)	0,358 ($\pm$ 0,050)	0,738 ($\pm$ 0,103)	0,722 ($\pm$ 0,054)
C	0,461($\pm$ 0,179)	0,377 ($\pm$ 0,051)	0,753 ($\pm$ 0,112)	0,808 ($\pm$ 0,04)

No entanto, foi observado um efeito principal do fator tempo na condição SJ ($p<0,001$), sendo verificada a diminuição da duração do salto. Ocorreu também efeito principal do fator tempo no deslocamento do centro de gravidade (CG) na fase de propulsão do salto SJ ($p<0,01$) (TABELA 13).

Os protocolos de treinamento não produziram alteração na duração das fases do CMJ. Na TABELA 14 é possível visualizar a duração das fases concêntrica e excêntrica do CMJ.

TABELA 14 - Duração das fases concêntrica e excêntrica do salto CMJ, pré e pós-teste, média ($\pm$ DP) para os grupos TF, TP e C.

Duração das fases do salto CMJ				
	Excêntrica (s)		Concêntrica (s)	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
TF	0,230 ($\pm$ 0,033)	0,228 ($\pm$ 0,024)	0,240 ($\pm$ 0,036)	0,241 ($\pm$ 0,025)
TP	0,219 ($\pm$ 0,028)	0,232 ($\pm$ 0,017)	0,251 ($\pm$ 0,036)	0,257 ($\pm$ 0,021)
C	0,234 ($\pm$ 0,030)	0,236 ($\pm$ 0,041)	0,250 ($\pm$ 0,025)	0,267 ($\pm$ 0,018)

Porém, no salto CMJ verificou-se efeito principal de tempo para a medida da posição mínima do CG, indicando maior grau de flexão dos segmentos no início da fase propulsiva

(dado não relatado em tabela). O maior deslocamento entretanto, não se manifestou na fase concêntrica do movimento.

Na TABELA 15 são apresentados os resultados da eletromiografia (EMG) para os músculos vastos medial (VM) e lateral (VL).

TABELA 15- Integral do sinal eletromiografico dos músculos vasto lateral (VL) e vasto medial (VM), nos saltos com contra-movimento (CMJ) e a partir da posição de semi-agachamento (SJ), pré e pós-teste, média ($\pm$ DP), para os grupos TF, TP e C.

	SJ				CMJ			
	VL		VM		VL		VM	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
TF	1,81	1,34	1,29	0,88	1,76	1,90	1,21	1,10
	($\pm 1,00$)	($\pm 0,62$)	($\pm 0,71$)	($\pm 0,49$)	($\pm 0,94$)	($\pm 0,69$)	($\pm 0,72$)	($\pm 0,34$)
TP	1,21	1,22	1,00	0,95	2,18	1,74	1,60	1,29
	($\pm 0,48$)	($\pm 0,64$)	($\pm 0,57$)	($\pm 0,79$)	($\pm 0,86$)	($\pm 0,84$)	($\pm 0,72$)	($\pm 0,99$)
C	1,63	1,61	1,17	1,23	2,14	1,89	1,53	1,41
	($\pm 0,97$)	($\pm 0,82$)	($\pm 0,73$)	($\pm 0,71$)	($\pm 1,50$)	($\pm 1,03$)	($\pm 1,08$)	($\pm 0,88$)

Não foram verificadas diferenças significantes em nenhuma das condições testadas para os dois músculos. O elevado desvio padrão verificado nos dados pode ter contribuído para isto. Na sequência, a TABELA 16 apresenta os resultados obtidos para a TDF máxima e TDF média para os grupos TF e TP no salto vertical SJ e CMJ.

TABELA 16 - Taxa de desenvolvimento de força (TDF) máxima e TDF média (Newtons/segundo), nos saltos CMJ e SJ, pré e pós-teste, média ($\pm$ DP), para os grupos TF, TP e C.

		SJ				CMJ			
		TDF máxima		TDF média *		TDF máxima		TDF média	
		Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
TF		9888	9973	4045	5724	10571	11109	5575	5450
		($\pm$ 3389)	($\pm$ 3150)	($\pm$ 1838)	($\pm$ 1994)	($\pm$ 6916)	($\pm$ 3881)	($\pm$ 3760)	($\pm$ 1999)
TP		8095	8705	3643	4527	9964	11237	5270	5804
		($\pm$ 2275)	($\pm$ 2954)	($\pm$ 1592)	($\pm$ 1700)	($\pm$ 5396)	($\pm$ 5141)	($\pm$ 2531)	($\pm$ 2313)
C		6121	5947	3094	3574	9687	9091	4909	4826
		($\pm$ 1196)	($\pm$ 1179)	($\pm$ 1205)	($\pm$ 585)	($\pm$ 2108)	($\pm$ 2722)	($\pm$ 1737)	($\pm$ 1393)

* $p < 0,05$.

No salto SJ verificou-se efeito principal de tempo para a TDF média, ou seja, os sujeitos agrupados melhoraram o desempenho nesta variável. Já para o CMJ, nenhuma das duas variáveis apresentou alteração.

Não ocorreu alteração significativa no pico de torque para a articulação do tornozelo. Já para as articulações do joelho e do quadril, o pico de torque aumentou quando os sujeitos foram analisados em conjunto (efeito principal de tempo). Para o quadril ocorreu ainda aumento significativo do pico de torque para o TF, diferenciando-se também do controle no pós-teste (TABELA 17).

TABELA 17 - Pico de torque (Newtons • metro/Quilograma) no salto SJ para as articulações do tornozelo, joelho e quadril (normalizado pelo peso corporal e estatura dos sujeitos), média (± DP).

	Tornozelo		Joelho		Quadril	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
TF	1,25 (±0,41)	1,26 (±0,49)	2,66 (± 0,70)	3,05 (± 0,38)	3,23 (± 0,48)	3,62 (±0,37)**‡
TP	1,36 (±0,49)	1,31 (± 0,41)	2,72 (± 0,38)	3,01 (± 0,53)	3,23 (± 0,22)	3,45 (± 0,24)
C	1,74 (± 0,42)	1,36 (± 0,32)	2,79 (± 0,25)	2,91 (± 0,19)	3,15 (± 0,36)	2,91 (± 0,37)

** p < 0,01 em relação ao pré-teste; ‡ p < 0,01 em relação ao controle no mesmo tempo.

O pico de torque relativo ao salto CMJ para as articulações do tornozelo, joelho e quadril podem ser observadas na TABELA 18. Nenhum dos protocolos de treinamento promoveu alterações significantes nesta variável para o salto CMJ.

TABELA 18 - Pico de torque (Newtons • metro/Quilograma) no salto CMJ para as articulações do tornozelo, joelho e quadril (normalizado pelo peso corporal e estatura dos sujeitos), média (± DP).

	Tornozelo		Joelho		Quadril	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
TF	1,49 (± 0,70)	1,33 (± 0,55)	3,01 (± 0,88)	3,22 (± 0,42)	3,36 (± 0,76)	3,74 (± 0,38)
TP	1,42 (± 0,45)	1,53 (± 0,55)	3,01 (± 0,39)	3,07 (± 0,44)	3,59 (± 0,39)	3,67 (± 0,34)
C	1,62 (± 0,46)	1,59 (± 0,74)	3,06 (± 0,56)	3,09 (± 0,24)	3,66 (± 0,66)	3,56 (± 0,50)

6.3 Contração voluntária isométrica máxima (CVIM)

As variáveis mecânicas analisadas no teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM) foram a taxa de desenvolvimento de força em 100 milisegundos (TDF100), a taxa de desenvolvimento de força máxima (TDF máxima) e o pico de força alcançado. Na TABELA 19 podem ser verificados os valores pré-treino e pós-treino.

TABELA 19 - TDF nos 100 primeiros milisegundos da contração (TDF 100 ms) (Newtons/segundo), TDF máxima (Newtons/segundo) e Pico de força na contração voluntária isométrica máxima (Newtons), média ($\pm$ DP).

	TDF 100 ms		TDF Máxima		Pico de Força	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
TF	1120,80	1124,78	846,73	1134,16	2240,52	2651,82 *
	($\pm 439,46$)	($\pm 396,13$)	($\pm 272,22$)	($\pm 316,84$)	($\pm 448,76$)	($\pm 700,22$)
TP	1158,86	1340,37	968,00	1183,38	2249,86	2674,80 *
	($\pm 328,49$)	($\pm 276,04$)	($\pm 216,59$)	($\pm 339,42$)	($\pm 427,95$)	($\pm 507,68$)
C	1267,61	716,46	1061,47	1304,24	2359,72	2323,35
	($\pm 375,09$)	($\pm 447,78$)	($\pm 391,93$)	($\pm 219,45$)	($\pm 375,11$)	($\pm 543,09$)

* $p < 0,05$ valor pós-treino maior que valor pré-treino.

As medidas de TDF 100 e TDF máxima não foram modificadas com o treinamento. Já o pico de força foi modificado significativamente ($p < 0,05$) para os grupos TP e TF. Ambos aumentaram em relação ao pré-teste. Este resultado corrobora com o verificado no teste de força dinâmica máxima no agachamento.

Na TABELA 21 podem ser verificados os resultados do sinal eletromiográfico nas condições de força máxima e TDF nos primeiros 100 milisegundos da CVIM.

TABELA 20- Integral do sinal eletromiográfico (EMG) nos primeiros 100 milisegundos de contração para os músculos vastos lateral (VL) e medial (VM), média ($\pm$ DP).

	EMG 100ms VL		EMG 100ms VM		EMG Máximo VL		EMG Máximo VM	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
TF	4,08	2,92	2,69	2,08	0,29	0,29	0,45	0,57
	(±2,36)	(±2,08)	(±1,59)	(±1,14)	(±0,21)	(±0,06)	(±0,27)	(±0,51)
TP	3,81	3,58	2,68	2,14	0,22	0,29	0,38	0,54
	(±1,53)	(±1,91)	(±0,98)	(±2,09)	(±0,04)	(±0,09)	(±0,18)	(±0,23)
C	3,50	3,51	2,20	2,68	0,29	0,27	0,52	0,51
	(±1,51)	(±1,52)	(±0,90)	(±1,47)	(±0,10)	(±0,07)	(±0,24)	(±0,32)

Não foi verificada alteração significativa do sinal eletromiográfico em função do treinamento para nenhum dos grupos em nenhuma das condições avaliadas.

7 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo identificar e comparar as adaptações neuromusculares e as alterações de desempenho decorrentes do treino de força máxima ou potência. Em geral, estes métodos são comparados utilizando-se testes de força máxima, de potência e de salto vertical (HOFFMAN et al., 2005; MCBRIDE et al., 2002; JONES et al., 2001; HARRIS et al., 2000). No entanto, em uma tarefa como o salto vertical, muitos são os fatores que podem provocar alteração de desempenho (DOWLING & VAMOS, 1993). O desempenho esta diretamente ligado às adaptações neuromusculares e aos ajustes coordenativos decorrentes do treino. Logo, para compreender de forma mais abrangente os efeitos do treinamento segundo estes métodos é preciso analisar os sítios de adaptação, as alterações cinemáticas e cinéticas, assim como o desempenho na produção de força em tarefas motoras com diferentes características. Nessa linha de raciocínio, este estudo procurou reunir variáveis que contribuíssem para explicar as causas da alteração no desempenho do salto vertical em diferentes níveis e mesmo contrapondo os resultados do salto aos de outras tarefas motoras.

7.1 Força dinâmica máxima

Os dois protocolos de treinamento empregados (TF e TP) foram igualmente efetivos em promover aumento significativo da força dinâmica máxima após cinco semanas de treino . A força seguiu aumentando até a oitava semana de treino para os dois grupos e ao término do estudo ambos apresentaram níveis de força superiores ao grupo controle.

A efetividade do TF em promover o aumento de força máxima é algo bem estabelecido na literatura (CREWETHER et al., 2005). Diversos experimentos têm empregado os métodos TF e TP assumindo a priori serem distintos quanto às adaptações geradas. Contudo, o aumento da força dinâmica máxima a partir do TP, tem sido também evidenciado (KYROLAINEN et al., 2005; FIELDING, LEBRASSEUR, CUOCO, BEAN, MIZER & FIATARONE SINGH, 2002; HARRIS et al., 2000). O fato de TF e TP possuírem eficiência semelhante em aumentar a força dinâmica máxima não implica necessariamente que as adaptações geradas tenham sido as mesmas. Por outro lado, aponta para a efetividade em otimizar o sistema neuromuscular para produzir força. Dadas as diferenças mecânicas dos estímulos de treino, tais como a duração do ciclo de movimento e a velocidade vertical gerada na barra no exercício de agachamento (KELLIS et al., 2005) é possível que as adaptações neuromusculares entre os métodos também sejam diferentes.

Há evidências que um protocolo de treino com aumento da sobrecarga excêntrica pode promover adaptações neuromusculares maiores quando comparado ao treino dinâmico tradicional (BRANDENBURG & DOCHERTY, 2002). Cargas elevadas durante a ação excêntrica estão associadas a maior dano muscular (SAXTON, CLARKSON, JAMES, MILES, WESTERFER, CLARK & DONNELLY, 1995) e conseqüentemente maior hipertrofia (LACERTE, DELATEUR, ALQUIST & QUESTAD, 1992). Além disso, o recrutamento de unidades motoras durante a ação excêntrica é associado ao recrutamento preferencial de unidades motoras com fibras do tipo II (NARDONE, ROMANO & SCHIEPPATI, 1989), as quais demonstraram maior potencial para hipertrofia e ganho de força que as unidades motoras com fibras do tipo I (LACERTE et al., 1992). Para protocolos de treino de potência, HOFFMAN et al. (2005) demonstraram a maior efetividade da execução do movimento envolvendo as fases excêntrica e concêntrica em relação ao movimento unicamente concêntrico em promover aumento da força máxima. Esta evidência reforça a

possibilidade das ações excêntricas explicarem, mesmo que parcialmente, o aumento da força máxima pelo grupo TP.

É possível especular que a característica da execução exigida dos sujeitos ao realizarem o protocolo de TP, tenha provocado a ocorrência de altas velocidades no início da fase excêntrica do movimento. Logo, a inércia, especialmente dos segmentos do tronco e coxa, pode ter causado momentos articulares elevados nesta fase do movimento. Dessa forma, os extensores do joelho e quadril, agonistas primários no agachamento (ESCAMILLA, FLEISIG, ZHENG, BARRENTINE, WILK & ANDREWS, 1998) teriam sido submetidos, ao longo de todo o processo de treino, a contrações excêntricas intensas e velozes ao realizarem a frenagem do movimento. Existem também evidências que a contração excêntrica em alta velocidade promova aumentos de força superiores à da contração excêntrica em baixa velocidade (SHEPSTONE, TANG, DALLAIRE, SCHUENKE, STARON & PHILLIPS, 2005; PADDON-JONES, LEVERITT, LONERGAN & ABERNETHY, 2001).

Apesar das diferenças mecânicas nos regimes de treinamento, a comparação de TF e TP aqui relatada demonstra que para a variável força dinâmica máxima e em um curto período de treinamento (oito semanas), ambos os métodos foram igualmente eficientes em aumentar o desempenho. Os dois grupos melhoraram em relação ao pré-teste, assim como em relação ao grupo controle. E por outro lado não apresentaram diferença entre si.

7.2 Salto vertical

Segundo VAN SOEST & VAN INGEN SCHENAU (2002) o salto mais eficiente é aquele no qual o centro de massa é elevado o mais alto possível. Nesta perspectiva, tanto para o SJ quanto para o CMJ, optou-se por analisar as tentativas de salto vertical nas quais os sujeitos atingiram a maior altura.

7.2.1 Desempenho no salto vertical

O grupo TP apresentou aumento de desempenho para os dois tipos de salto, SJ e CMJ. Estes resultados estão de acordo com o relatado por outros autores (HARRIS et al., 2000; LYTTLE et al., 1996; WILSON et al., 1993). LYTTLE et al. (1996) registraram a equiparação do treinamento de potência a um protocolo combinado (força máxima + saltos)

quanto à eficiência em aumentar o desempenho nos saltos SJ e CMJ. No estudo de WILSON et al. (1993) o protocolo de treino de potência empregado foi superior a dois outros protocolos, força máxima e pliométrico, em aumentar o desempenho nos saltos SJ e CMJ. Em acordo com os resultados da literatura supracitados, HARRIS et al. (2000) relataram aumento semelhante de desempenho entre protocolos de potência e combinado (força máxima + saltos) e superioridade do protocolo de potência em relação a um de força máxima em promover aumento de desempenho para o salto CMJ.

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, é possível supor que um protocolo de treino de potência constitui estímulo adequado para o aumento de desempenho do salto vertical em suas modalidades SJ e CMJ. Isto parece ocorrer mesmo havendo diferenças na distribuição das cargas de treinamento e nas intensidades treinadas. Dada a eficiência semelhante de protocolos de potência e protocolos combinados no desempenho do salto é possível sugerir que protocolos de potência englobam os dois principais objetivos presentes nos protocolos combinados, o aumento da força máxima e o estímulo coordenativo específico ao salto.

Quanto ao estímulo coordenativo, a configuração do treinamento de potência parece aproximar-se do salto vertical em algumas características. Velocidades verticais compatíveis com a atingida por um executante de salto vertical no momento da decolagem (aproximadamente 2,5 m/s) (BOBBERT & INGEN SCHENAU, 1988) são atingidas no agachamento com cargas até aproximadamente 40% 1RM (KELLIS et al., 2005), conforme os resultados indicados na TABELA 2. Da mesma forma, somente agachamentos realizados com sobrecargas superiores a 60% 1RM - 772,50 ($\pm 123,25$) milisegundos (TABELA 2) - parecem exceder a duração média de um movimento completo de salto vertical com contra-movimento, conforme os resultados obtidos nesta pesquisa (TABELA 13). Logo, em relação à velocidade vertical final e duração do movimento, as sobrecargas utilizadas em TP parecem aproximar-se mais das características do salto vertical que as empregadas em TF. Por outro lado, o aumento de força máxima em TP pode estar relacionado às ações excêntricas em alta velocidade executadas na fase negativa do movimento neste tipo de treino (HOFFMAN et al., 2005).

A associação entre o aumento da aplicação de força no solo e a coordenação parece ser fundamental para que ocorra otimização do desempenho (DOWLING & VAMOS, 1993). Estes autores reportaram um desempenho médio de 29,7 ($\pm 10,1$) centímetros para a altura de salto em sua amostra. Porém, alguns dos indivíduos com pico de força mais elevado atingiram

menos de 20 centímetros na altura do salto. Este dado ilustra a importância da coordenação do movimento, destacada também em outra oportunidade (BOBBERT & VAN SOEST, 1994). A altura atingida pelo CG depende diretamente do impulso concêntrico gerado no salto. A partir do valor do impulso concêntrico calcula-se a velocidade de decolagem e com esta a altura do salto. Baixa altura de salto associada ao pico de força elevado implica em um impulso concêntrico pequeno dado o pouco tempo de aplicação de força no solo. O pouco tempo de aplicação de força por sua vez, pode ser explicado pela ocorrência de controle ineficiente do movimento. Ou seja, a ocorrência de padrão simultâneo, em lugar de um padrão próximo-distal, na extensão dos segmentos na fase concêntrica do movimento de salto (BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1988). O padrão simultâneo, característico de sujeitos não-proficientes, leva a perda de contato com o solo antes da extensão completa dos segmentos. Com isso, menor impulso concêntrico é produzido e atinge-se menor altura vertical.

No presente estudo, o treinamento de força máxima foi capaz de aumentar o impulso concêntrico somente para o salto SJ. Do mesmo modo que os resultados obtidos para TP, as respostas obtidas para TF também se encontram em conformidade com outros relatos apresentados na literatura nos quais o SJ também aumentou em resposta ao treinamento de força máxima (TOUMI et al., 2004; WILSON et al., 1993). A ausência de alteração no impulso concêntrico gerado para o CMJ do grupo TF pode ter sido ocasionado pela manutenção ou mesmo deterioração do padrão coordenativo em relação ao pré-teste, já que o desempenho se manteve mesmo tendo a força máxima aumentado. Com o aumento da força dinâmica máxima para o grupo TF, é possível supor que o pico de força vertical tenha aumentado e que em paralelo tenha ocorrido deterioração do padrão do movimento, ocasionando a manutenção do impulso. Conforme sugerido por RODACKI, FOWLER & BENNETT (2001) o controle do movimento no salto vertical parece se dar através de um padrão fixo de resposta. Esta característica do movimento foi atribuída à ocorrência de um sólido programa motor para a execução da habilidade do salto (RODACKI, FOWLER & BENNETT, 2002; RODACKI et al., 2001). Isto garante uma resposta consistente e, por outro lado, independente das características de produção de força da musculatura envolvida (RODACKI et al., 2001).

Logo, é possível que no controle do movimento os novos níveis de força não tenham sido incorporados pelo programa motor de maneira a promover aumento do desempenho do salto vertical, já que intencionalmente estímulos coordenativos não foram oferecidos a

nenhum dos grupos. BOBBERT & VAN SOEST (1994) sugerem que a deterioração do padrão coordenativo que ocorre mediante ganho de força sem a respectiva adequação do controle do movimento implica em diminuição da altura de salto. No entanto, no presente estudo não ocorreu a diminuição do desempenho do CMJ para o grupo TF. Um fator que pode ter contribuído para tanto é a instrução dada aos indivíduos do grupo TF ao longo de todo o treinamento para realizar os movimentos da maneira mais veloz possível. A execução do treino de força máxima com a intenção de realizar o movimento o mais rápido e “explosivo” possível foi sugerido como sendo um procedimento eficiente para promover as transferências do treino de força máxima (BEHM & SALE, 1993). É possível que esta estratégia tenha minimizado os efeitos negativos da falta do estímulo coordenativo para o salto.

O desempenho semelhante entre os grupos verificado para o salto SJ parece indicar uma equiparação entre as adaptações promovidas pelos dois métodos quando desconsiderado o efeito coordenativo e a transferência para uma tarefa mais próxima à realizada no treinamento. Apesar da existência de considerável número de evidências quanto à eficiência do TP e do TF em promover alterações no desempenho do salto vertical, as causas dos comportamentos relatados possuem explicação ainda escassa.

7.2.2 Coordenação no salto vertical

Teoricamente, os melhores saltadores aumentam a velocidade vertical de decolagem maximizando a força média aplicada no CG e/ou maximizando a distância na qual esta força é aplicada (ARAGÓN-VARGAS & GROSS, 1997). A maximização da distância na qual a força é aplicada parece estar diretamente relacionada à ação combinada entre os músculos para produzir o movimento. Para o salto, um parâmetro coordenativo importante foi definido como sendo a sequência proximo-distal de ativação dos músculos envolvidos (PANDY & ZAJAC, 1991; BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1988). Segundo estes autores, a proficiência no movimento do salto vertical está associada à aquisição deste padrão. No entanto, o sequenciamento ideal de ativação dos músculos pode variar entre indivíduos, dada a variação de força dos grupos musculares envolvidos (BOBBERT & VAN SOEST, 1994). No presente estudo não foi medido o sequenciamento da ativação muscular propriamente. Este parâmetro de coordenação para o salto foi avaliado indiretamente através da análise cinemática, processo semelhante ao utilizado por ARAGÓN-

VARGAS & GROSS (1997). Como resultado, não pôde ser identificado o padrão próximo-distal de maneira consistente. Em alguns sujeitos foi identificado o início do movimento de extensão dos segmentos pelo quadril e na seqüência joelho e tornozelo, respectivamente, conforme descrito em outro trabalho (RODAKI et al., 2001). Nos demais sujeitos verificou-se o padrão simultâneo.

Outro parâmetro analisado associado à maximização do tempo de aplicação de força foi o grau de extensão dos segmentos no momento da decolagem. No salto SJ, verificou-se efeito principal para o deslocamento do CG, tendo este sido maior no pós-teste. Isto indica maior extensão dos segmentos ao final da fase propulsiva. Esta alteração coordenativa não possui necessariamente relação com o padrão próximo-distal. Mesmo com extensão simultânea dos segmentos, a finalização da fase propulsiva ocorreu quando os mesmos, em conjunto, apresentavam maior ângulo de extensão. Logo, o tempo para aplicar a força foi maior.

Além disso, verificou-se também efeito principal na duração do salto. A duração diminuiu para todos os sujeitos após o treinamento, tendo o SJ ficado mais rápido. A diminuição da duração associada ao maior deslocamento implica em aumento da velocidade média na execução do SJ. Dessa forma, os resultados obtidos para o SJ estão em plena conformidade com os objetivos pretendidos em um programa de treinamento. Ou seja, os indivíduos saltaram mais e mais rápido no pós-teste!

A duração total do salto CMJ não foi alterada com o treinamento. Porém, verificou-se efeito principal para o deslocamento do CG na fase excêntrica, o qual aumentou após o período de treinamento. Já o deslocamento do CG na fase concêntrica não foi alterado. Ou seja, o movimento preparatório para o salto tornou-se mais amplo após o treino, com o tempo total de execução mantendo-se constante. Uma possível explicação para a manutenção da duração do salto é a diminuição da duração da fase de transição excêntrico-concêntrico (FELTNER et al., 1999). Contudo, não houve aumento do grau de extensão dos segmentos na fase de propulsão do salto.

A diferença de altura alcançada pelo CG entre os saltos CMJ e SJ pode ser explicada pelo estado de ativação da musculatura esquelética e maior tempo para aplicar força resultante da fase excêntrica do CMJ (BOBBERT et al., 1996). O aumento da amplitude excêntrica no CMJ em resposta ao treino pode ser interpretado como estando diretamente relacionado ao aumento do tempo no qual os músculos envolvidos podem produzir força (UGRINOWITSCH,

TRICOLI, RODACKI, BATISTA & RICARD, no prelo) Para o grupo TP, simultaneamente ao aumento da altura do salto e possivelmente sendo uma de suas causas, ocorreu o aumento da amplitude de movimento para um mesmo intervalo de tempo. Logo, o aumento do salto às custas de maior amplitude articular não teve a esperada contra-partida negativa do prolongamento da sua execução. Portanto, o protocolo de TP apresentou adaptações cinemáticas que estão em conformidade com os objetivos de um programa de treinamento. Já os indivíduos do grupo TF, junto com os demais, também aumentaram a amplitude de movimento e executaram o salto CMJ com a mesma duração. No entanto, o maior tempo para aplicação de força não se manifestou no desempenho. DOWLING & VAMOS (1993) propõem uma razão entre o impulso negativo e positivo para identificar situações nas quais a produção de impulso negativo excede à ideal para potencializar o positivo. No presente estudo, esta explicação pode contribuir parcialmente já que não se verificou diferença entre TF e TP para a amplitude excêntrica e por outro lado a diferença se manifestou para o desempenho do salto.

7.2.3 Sinal eletromiográfico

A utilização das técnicas de análise das variáveis do sinal eletromiográfico, tais como a frequência média ou mediana não é possível na contração dinâmica dada a rápida variação da frequência do sinal (BONATO, CHENG, GONZALEZ-CUETO, LEARDINI, O'CONNOR & ROY, 2001). Estas variações da frequência violam o pressuposto do sinal estacionário, o que impossibilita a análise através dos parâmetros do espectro obtido na contração.

Para lidar adequadamente com as limitações impostas pela contração dinâmica, no presente estudo optou-se por utilizar o procedimento de envelope linear. Para tanto foi utilizado um filtro a 6 Hz para o sinal bruto. Na sequência, através do envelope linear foi calculado o valor total do sinal no movimento do salto em sua fase concêntrica. Não foi verificado aumento da área correspondente ao sinal eletromiográfico produzido no salto para os grupos em nenhum dos tipos de salto vertical. Este perfil de resposta já havia sido relatado por KYROLAINEN et al. (2005), porém no *design* experimental proposto por estes autores havia apenas o grupo submetido a treinamento de potência. De forma semelhante aos resultados aqui apresentados, apesar da manutenção da magnitude do sinal EMG KYROLAINEN et al. (2005) também verificaram aumento do desempenho do salto vertical.

LINNAMO, NEWTON, HAKKINEN, KOMI, DAVIE, MCGUIGAN & TRIPLETT-MCBRIDE (2000) verificaram de maneira aguda que o treino de potência provoca aumento da frequência média e mediana do sinal eletromiográfico dos músculos agonistas do movimento. Por outro lado, foi verificada tendência a diminuição desses parâmetros em resposta ao treino de força máxima. No presente estudo, as constatações agudas de facilitação neural para o grupo TP LINNAMO et al. (2000) não produziram efeitos crônicos de aumento da magnitude do EMG no pós-teste das tarefas testadas, CVIM e salto vertical. Por outro lado, de forma semelhante à reportada por KYROLAINEN et al. (2005) apesar da constância da magnitude do EMG pré e pós-teste o aumento do desempenho se manifestou.

7.2.4 Taxa de desenvolvimento de força (TDF)

Verificou-se efeito principal para a variável TDF média no salto SJ. Por outro lado, a TDF média não foi alterada de maneira significativa no CMJ. Além disso, a TDF máxima não foi alterada significativamente para nenhum dos tipos de salto (TABELA 16).

DOWLING & VAMOS (1993) identificaram baixa relação entre os valores de TDF e o desempenho no salto vertical. No presente estudo, no entanto, além da análise das causas de desempenho no salto, os resultados da TDF permitiram a comparação de eventuais transferências dos protocolos de treino para o salto e para a CVIM. Porém, a TDF média foi alterada em apenas uma condição do salto vertical. Logo, como de maneira geral não ocorreram transferências, os resultados podem indicar não ter ocorrido adaptação para esta variável em resposta ao treino.

7.2.5 Torques articulares

Para o salto a partir da posição de semi-agachamento verificou-se efeito principal com aumento do torque para as articulações do joelho e quadril (TABELA 17). KYROLAINEN et al. (2005) também verificaram alteração do pico de torque para o joelho no salto vertical. Porém, o salto utilizado no teste teve participação do ciclo alongamento encurtamento. Além disso, KYROLAINEN et al. (2005) não utilizou protocolo de treino de força, o que impossibilita a comparação com o treinamento de potência. No presente estudo, o grupo TF apresentou aumento do pico de torque para a articulação do quadril em relação ao

pré-teste no salto SJ. Já para o salto CMJ não foi verificado aumento do pico de torque em nenhuma articulação para nenhum dos grupos. No entanto, uma vez que o desempenho do grupo TP no salto CMJ aumentou, é possível que o torque ao longo de todo o movimento de salto tenha sido alterado.

7.3 Contração voluntária isométrica máxima (CVIM)

O objetivo do teste de CVIM foi identificar as transferências de desempenho dos dois protocolos de treino para uma tarefa envolvendo padrão de contração distinto daquele empregado no treinamento. Em TF e TP, dada a variação da sobrecarga levantada, ocorrem diferenças no tempo de aplicação de força (KELLIS et al., 2005). O grupo TP em função da maior velocidade de execução de movimento nos treinamentos poderia ter o aumento de desempenho no salto vertical associado também ao aprendizado do movimento (ganho coordenativo) em comparação ao TF, o qual treinou com velocidades mais baixas

Em um teste como o de CVIM, nenhum dos grupos seria favorecido pela proximidade cinética ou cinemática da tarefa testada e as eventuais transferências coordenativas decorrentes desta maior semelhança. Dessa forma, o aumento de desempenho promovido por um ou outro protocolo de treino poderia ser analisado sem o efeito da transferência para o teste. Além disso, o teste de CVIM é considerado um bom procedimento para avaliar as características contráteis das fibras musculares e suas adaptações ao treino (ANDERSEN & AAGAARD, 2006), a partir da taxa de desenvolvimento de força (TDF) produzida.

A CVIM apresentou diferença significativa para os dois grupos de treinamento, os quais entretanto não mudaram entre si. De acordo com este resultado, é possível sugerir que os protocolos de treino não são diferentes quanto à capacidade de produzir aumentos de força máxima, seja em condição dinâmica ou isométrica.

7.3.1 Sinal eletromiográfico

Nenhum dos protocolos de treinamento alterou a magnitude do sinal eletromiográfico registrado no teste de CVIM para os músculos vasto lateral e vasto medial (TABELA 21), seja nos 100 milisegundos iniciais da contração ou na janela de 250 milisegundos ao redor do pico

de força. KYROLAINEN et al. (2005) utilizaram um teste pluriarticular para medir a CVIM e apresentam resultados semelhantes aos aqui reportados. Não foi verificado aumento do sinal eletromiográfico máximo para extensores de joelho após quinze semanas de treino de potência. Além disso, não verificaram também aumento da força máxima em condição isométrica, diferentemente dos resultados aqui apresentados. Já AAGAARD et al.(2002a) verificaram aumento do sinal EMG em um intervalo de até 100 milisegundos após o início da contração para os músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral após 14 semanas de treino de força máxima. Este mesmo efeito de treino não foi verificado no presente estudo. Isto porque nenhum dos protocolos empregados, TF e TP, respondeu com aumento do sinal EMG. Assim, o aumento do sinal EMG não parece depender marcadamente do tipo de treino empregado. Um fator que pode ter contribuído para os resultados é o elevado desvio padrão observado para esta medida. Mesmo assim, optou-se por analisar o sinal propriamente e não as diferenças percentuais entre pré e pós-teste.

7.3.2 Taxa de desenvolvimento de força (TDF)

Pela característica da medida realizada no protocolo de teste empregado, a definição cabível de Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) é a variação da força no tempo ($\Delta F/\Delta T$) (AAGAARD et al., 2002a) registrada durante a contração isométrica realizada. O aumento da TDF parece estar diretamente relacionado ao aumento do comando neural eferente, particularmente com o aumento da frequência de disparo das unidades motoras (AAGAARD, 2003). Assim, há registros de aumento paralelo entre a TDF e a amplitude do sinal eletromiográfico após a realização de um protocolo de treinamento de força (AAGAARD, 2003). Porém, no presente estudo não foi verificada alteração da magnitude do sinal eletromiográfico no teste de CVIM, assim como também não foi verificada alteração da TDF. Esta não foi alterada para nenhum dos grupos quando avaliada nos 100 milisegundos iniciais da contração, nem sequer em seu valor máximo, TDF máxima. Resultado semelhante foi obtido por WILSON et al. (1993). Estes autores relatam ausência de alteração da TDF em resposta ao treino de potência, assim como em resposta ao treino de força máxima. Em um estudo subsequente, WILSON, YOUNG, HURNALL, HOOD & STEINEBROWN (1994) relatam não ter sido constatada alteração da TDF medida em condição isométrica em resposta a dois protocolos com velocidade de contração diferentes. Em ambos os grupos o treinamento

foi realizado também em regime isométrico. Portanto, é possível que o teste isométrico não seja sensível a algumas das alterações resultantes de um programa dinâmico de treinamento. Porém, conforme indicam WILSON et al. (1994) o regime de contração não é o único fator a influenciar no resultado do teste.

Diversos parâmetros fisiológicos estão relacionados à TDF em maior ou menor grau nos diferentes intervalos de tempo nos quais ela é medida (ANDERSEN & AAGAARD, 2006). Para intervalos superiores a 90 milisegundos a partir do início da contração, até 81% do valor da TDF pode ser explicado pela variância do valor da CVIM. Para intervalos mais curtos este percentual diminui e sugere-se que a TDF esteja mais relacionada à adaptações nas propriedades contráteis musculares (ANDERSEN & AAGAARD, 2006). Estas parecem ser mais atuantes na produção de força para intervalos que se estendem até 90 milisegundos (ANDERSEN & AAGAARD, 2006). Entretanto, a TDF máxima também não foi alterada em nenhum dos grupos de treinamento do presente estudo. Esta variável foi obtida pela seleção do intervalo de 50 ms com maior TDF, do início da produção de força até o seu pico. Conforme mencionado anteriormente, quanto maior o tempo transcorrido da contração mais a TDF pode ser explicada pela força máxima. No entanto, os valores de TDF máxima foram, na grande maioria das vezes, obtidos ainda nos 100 milisegundos iniciais da contração, ou ainda muito próximo deste intervalo. Assim, assumindo o pressuposto da relação entre TDF e propriedades contráteis nos instantes iniciais da contração, é possível especular que nenhum dos protocolos de treino provocou alteração nos parâmetros musculares responsáveis pela contração em seus primeiros instantes.

No presente estudo, os desvios padrão verificados para a TDF em 100 milisegundos e máxima foram elevados, conforme reportado na TABELA 19. Uma possível explicação para a variabilidade encontrada é o fato do teste ter sido pluriarticular, aumentando assim a complexidade da produção de força em relação aos estudos relatados nos quais é medido o torque de extensão de joelho (AAGAARD et al., 2002a).

Ao contrário do presente estudo, no qual o intervalo de tempo utilizado para medir tanto a TDF máxima quanto a TDF média foram únicos, outros autores relatam diversos intervalos testados: 0-30, 0-50, 0-100, 0-110, 0-200 ms (ANDERSEN & AAGAARD, 2006; GRUBER & GOLLHOFER, 2004; AAGAARD et al., 2002a).

8 CONCLUSÃO

Neste estudo realizou-se uma avaliação integrada de variáveis neurais, mecânicas e de controle do movimento relacionadas à resposta aos protocolos de força máxima e potência. Esta análise integrativa das adaptações verificadas nas diferentes variáveis pretendeu abordar o problema da especificidade do treinamento e reunir evidências que refutassem a distinção feita entre o treinamento de força máxima e de potência.

Com base nos resultados obtidos, verificou-se semelhança na resposta ao treinamento para cada um dos métodos em grande parte das variáveis analisadas. A semelhança foi observada na resposta neural, assim como na resposta de diversos parâmetros da produção de força. Os dois protocolos aumentaram por igual a força máxima. Para a TDF, os resultados semelhantes obtidos no salto vertical foram confirmados na CVIM. Além disso, tanto na CVIM quanto no salto vertical o comportamento do sinal EMG foi semelhante entre os grupos. Ambos protocolos promoveram aumento similar da altura do salto SJ, com alterações coordenativas semelhantes. No salto CMJ, o TP se mostrou mais eficiente. A maior eficiência pode estar relacionada aos ganhos coordenativos decorrentes do treino. No entanto, no presente estudo, as variáveis selecionadas para explicar esta alteração não registraram alteração. Dessa forma, não se verificou equifinalidade da resposta aos dois diferentes conteúdos de treinamento, já que o desempenho dos dois grupos foi atingido a partir de um comportamento bastante semelhante das variáveis analisadas.

Em muitos dos gestos esportivos o ciclo alongamento-encurtamento (CAE) faz-se presente. Portanto, nestes casos sugere-se a utilização do treino de potência como estratégia eficaz para maximização conjunta da força máxima, potência e coordenação para contrações envolvendo o CAE. Dentro da zona de treino de potência é possível que percentuais mais baixos de carga enfatizem o ganho coordenativo enquanto que os percentuais mais elevados contribuam para o aumento da força máxima.

Baseado nos resultados obtidos no presente estudo é possível questionar o critério de especificidade enunciado para muitos contextos de treinamento esportivo segundo o qual o programa de treinamento de força deve possuir um período de força máxima sucedido por outro de potência. Os métodos parecem constituir estímulos de treino semelhantes, exceto para situações envolvendo ciclo alongamento encurtamento ou indivíduos extremamente treinados em força. Dessa forma, um programa de treino de potência com variabilidade das intensidades

utilizadas pode constituir um estímulo suficiente para o aumento da força máxima, da potência, assim como o desenvolvimento de parâmetros relacionados ao desempenho no salto vertical.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD, P. Training-induced changes in neural function. **Exercise and Sport Sciences Review**, Baltimore, v.31, n.2, p.61-7, 2003.

AAGAARD, P., SIMONSEN, E. B., ANDERSEN, J. L., MAGNUSSON, P. e DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.92, n.4, p.1318-1326, 2002a.

AAGAARD, P., SIMONSEN, E. B., ANDERSEN, J. L., MAGNUSSON, P. e DYHRE-POULSEN, P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.93, n.3, p.2309-2318. 2002b.

ABERNETHY, P. J. e JURIMAE, J. Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, n.9, p.1180-7, 1996.

ABERNETHY, P. J., WILSON, G. e LOGAN, P. A. Strength and power assessment: issues, controversies and challenges. **Sports Medicine**, Auckland, v.19, n.6, p.401-417, 1995.

ALMASBAKK, B. H., J. Coordination, the determinant of velocity specificity? **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.80, n.5, p.2046-2052, 1996.

ANDERSEN, L. L. e AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.96, n.1, p.46-52, 2006.

ANDERSEN, L. L. e AAGAARD, P. Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. **Muscle & Nerve**, Hoboken, v.23, n.7, p.1095-104, 2000.

ARAGÓN-VARGAS, L. F. e GROSS, M. M. Kinesiological factors in vertical jump performance: differences among individuals. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v.13, p.24-44, 1997.

BAKER, D., NANCE, S. e MOORE, M. The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.15, n.1, p.20-24, 2001a.

BAKER, D., NANCE, S. e MOORE, M. The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.15, n.1, p.92-97, 2001b.

BEHM, D. G. e SALE, D. G. Velocity specificity of resistance training. **Sports Medicine**, Auckland, v.15, n.6, p.374-88, 1993.

BIRD, S. P., TARPENNING, K. M. e MARINO, F. E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, Auckland, v.35, n.10, p.841-51, 2005.

BOBBERT, M. F. e ZANDWIJK, P. V. Sensitivity of vertical jumping performance to changes in muscle stimulation onset times: a stimulation study. **Biological Cybernetics**, Berlin-Heidelberg, v., p.101-108, 1999.

BOBBERT, M. F., GERRITSEN, K. G. M., LITJENS, M. C. A. e VAN SOEST, A. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, n.11, p.1402-1412, 1996.

BOBBERT, M. F. e VAN SOEST, A. J. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison,v.26, n.8, p.1012-20, 1994.

BOBBERT, M. F. Drop Jump as a training method for jumping ability. **Sports Medicine**, Auckland, v.9, n.1, p.7-22, 1990.

BOBBERT, M. F. e VAN INGEN SCHENAU, G. J. Coordination in vertical jumping. **Journal of Biomechanics**, New York, v.21, n.3, p.249-62, 1988.

BONATO, P., CHENG, M. S., GONZALEZ-CUETO, J., LEARDINI, A., O'CONNOR, J. e ROY, S. H. EMG-based measures of fatigue during a repetitive squat exercise. **IEEE Engenieering in Medicine and Biology Magazine**, New Jersey,v.20, n.6, p.133-43, 2001.

BRANDENBURG, J. P. e DOCHERTY, D. The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.16, n.1, p.25-32, 2002.

BROWN, L. E. e WEIR, J. P. ASEP Procedures recommendations I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology**, Duluth,v.4, n.3, p.1-21, 2001.

CARROLL, T. J., RIEK, S. e CARSON, R. G. The sites of neural adaptation induced by resistance training in humans. **Journal of Physiology**, London,v.544, n.Pt 2, p.641-52, 2002.

CAVAGNA, G. A. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. **Exercise and Sports Science Reviews**, Baltimore,v.5, p.89-129, 1977.

CHRIST, C. B., SLAUGHTER, M. H., STILLMAN, R. J., CAMERON, J. e BOILEAU, R. A. Reliability of select parameters of isometric muscle function associated with testing 3 days x 3 trials in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign,v.8, n.2, p.65-71, 1994.

CLUTCH, D., WILTON, M., MCGOWN, C. e BRYCE, R. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Danvers, v.54, n.1, p.pp:5-10. 1983.

CREWETHER, B., CRONIN, J. e KEOGH, J. Possible stimuli for strength and power adaptation : acute mechanical responses. **Sports Medicine**, Auckland, v.35, n.11, p.967-89, 2005.

CRONIN, J. e SLEIVERT, G. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.35, n.3, p.213-34, 2005.

CRONIN, J. B. M., P. J.; MARSHALL, R. N. Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Roma,v.42, n.3, p.267-273, 2002.

CRONIN, J. B., MCNAIR, P. J. e MARSHALL, R. N. Velocity specificity, combination training and sport specific task. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Richmond, v.4, n.2, p.168-178. 2001.

DE LUCA, C. The use of surface electromyography. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v.13, p.135-163. 1997.

DELECLUSE, C. Influence of Strength Training on Sprint Running Performance. **Sports Medicine**, Auckland,v.24, n.3, p.147-156. 1997.

DOWLING, J. J. e VAMOS, L. Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. **Journal of Applied Biomechanics**.v.9, p.95-110. 1993.

DUGAN, E. L., DOYLE, T. L., HUMPHRIES, B., HASSON, C. J. e NEWTON, R. U. Determining the optimal load for jump squats: a review of methods and calculations. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.18, n.3, p.668-74, 2004.

ELLIOTT, B. C., WILSON, G. J. e KERR, G. K. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21, n.4, p.450-62, 1989.

ENOKA, R. **Neuromechanics of Human Movement**. Ed. Human Kinetics, Champaign, Illinois, Third Edition, 2002.

ENOKA, R. M. Neural Adaptations with chronic physical activity. **Journal of Biomechanics**, New York, v.30, n.5, p.447-455, 1997.

ESCAMILLA, R. F., FLEISIG, G. S., ZHENG, N., BARRENTINE, S. W., WILK, K. E. e ANDREWS, J. R. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, n.4, p.556-569, 1998.

FELTNER, M. E., FRASCHETTI, D. J. e CRISP, R. J. Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. **Journal of Sports Sciences**, Oxon, v.17, n.6, p.449-66, 1999.

FIELDING, R. A., LEBRASSEUR, N. K., CUOCO, A., BEAN, J., MIZER, K. e FIATARONE SINGH, M. A. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. **Journal of American Geriatric Society**, Los Angeles, v.50, n.4, p.655-62, 2002.

GRUBER, M. e GOLLHOFER, A. Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.92, n.1-2, p.98-105, 2004.

HAKKINEN, K., KRAEMER, W. J., NEWTON, R. U. e ALLEN, M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy

resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.171, p.51-62, 2001.

HAKKINEN, K., KALLINEN, M., IZQUIERDO, M., JOKELAINEN, K., LASSILA, H., MALKIA, E., KRAEMER, W. J., NEWTON, R. U. e ALEN, M. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.84, n.4, p.1341-9, 1998.

HAKKINEN, K., PAKARINEN, A., KYROLANEN, H., CHENG, S., KIM, D. H. e KOMI, P. V. Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.11, p.91-98, 1990.

HAKKINEN, K., ALEN, M. e KOMI, P. V. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.125, n.4, p.573-85, 1985.

HAKKINEN, K. K., P. V. Effects of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycles exercises. **Scandinavian Journal of Sports Science**, Stockholm, v.7, p.65-76. 1985.

HARRIS, G. R., STONE, M. H., O'BRYANT, H. S., PROULX, C. M. e JOHNSON, R. L. Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.14, n.1, p.14-20, 2000.

HOFFMAN, J. R., RATAMESS, N. A., COOPER, J. J., KANG, J., CHILAKOS, A. e FAIGENBAUM, A. D. Comparison of loaded and unloaded jump squat training on strength/power performance in college football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.19, n.4, p.810-5, 2005.

JONES, K., BISHOP, P., HUNTER, G. R. e FLEISIG, G. The Effects of varying resistance-training loads on intermediate and high-velocity-specific adaptations. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.15, n.3, p.349-356, 2001.

JUDGE, L. W., MOREAU, C. e BURKE, J. Neural adaptations with sport-specific resistance training in highly skilled athletes. **Journal of Sports Sciences**, Oxon, v.21, p.419-427, 2003.

KANEHISA, H. e FUKUNAGA, T. Velocity associated characteristics of force production in college weight lifters. **British Journal of Sports Medicine**, v.33, p.113-116. 1999.

KANEKO, M., FUCHIMOTO, T., TOJI, H. e SUEI, K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. **Scandinavian Journal of Sports Science**, Stockholm, v.5, n.2, p.50-55. 1983.

KELLIS, E., ARAMBATZI, F. e PAPADOPOULOS, C. Effects of load on ground reaction force and lower limb kinematics during concentric squats. **Journal of Sports Sciences**, Oxon, v.23, n.10, p.1045-55. 2005.

KOMI, P.V. e HAKKINEN, K. Strength and power in sport in **The Olympic Book of Sports Medicine**, DIRIX, A. (ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1988.

KOMI, P. V. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.7, p.10-15, 1986.

KRAEMER, W. J. e RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.36, n.4, p.674-688. 2004.

KRAEMER, W. J., ADAMS, K., CAFARELLI, E., DUDLEY, G. A., DOOLY, C., FEIGENBAUM, M. S., FLECK, S. J., FRANKLIN, B., FRY, A. C., HOFFMAN, J. R.,

NEWTON, R. U., POTTEIGER, J., STONE, M. H., RATAMESS, N. A. e TRIPLETT-MCBRIDE, T. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.2, p.364-80. 2002.

KYROLAINEN, H., AVELA, J., MCBRIDE, J. M., KOSKINEN, S., ANDERSEN, J. L., SIPILA, S., TAKALA, T. E. e KOMI, P. V. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Stockholm, v.15, n.1, p.58-64. 2005.

LACERTE, M., DELATEUR, B. J., ALQUIST, A. D. e QUESTAD, K. A. Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training programs: effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v.73, n.11, p.1059-62, 1992.

LINNAMO, V., NEWTON, R. U., HAKKINEN, K., KOMI, P. V., DAVIE, A., MCGUIGAN, M. e TRIPLETT-MCBRIDE, T. Neuromuscular responses to explosive and heavy resistance loading. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Chicago, v.10, p.417-424, 2000.

LYTTLE, A. D., WILSON, G. J. e OSTROWSKI, K. J. Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometrics training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.10, n.3, p.173-179, 1996.

MALISOUX, L., FRANCAUX, M., NIELENS, H. e THEISEN, D. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.100, n.3, p.771-9. 2006.

MARTIN, S. J. e MORRIS, R. G. Cortical plasticity: It's all the range! **Current Biology**, v.11, n.2, p.R57-9. 2001.

MCBRIDE, J. M., TRIPLETT-MCBRIDE, T. e DAVIE, A. N., R. The Effect of Heavy versus Light-Load Jump Squats on the Development of Strength, Power and Speed. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign,v.16, n.1, p.75-82, 2002.

MOORE, E. W., HICKEY, M. S. e REISER, R. F. Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players' performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign,v.19, n.4, p.791-8, 2005.

MORGAN, D. L. An explanation for residual increased tension in striated muscle after stretch during contraction. **Experimental Physiology**, Cambridge,v.79, n.5, p.831-8, 1994.

MORITANI, T. Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. **Journal of Biomechanics**, New York,v.26 Suppl 1, p.95-107, 1993.

MORRISEY, M. C., HARMAN, E. A. e JOHNSON, J. M. Resistance training modes: specificity and effectiveness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison,v.27, n.5, p.648-660, 1994.

MOSS, B. M., REFSNES, P. E., ABILDGAARD, A., NICOLAYSEN, K. e JENSEN, J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin,v.75, n.3, p.193-9, 1997.

NARDONE, A., ROMANO, C. e SCHIEPPATI, M. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. **Journal of Physiology**, London,v.409, p.451-71, 1989.

PADDON-JONES, D., LEVERITT, M., LONERGAN, A. e ABERNETHY, P. Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin,v.85, n.5, p.466-71, 2001.

PANDY, M. G. e ZAJAC, F. E. Optimal muscular coordination strategies for jumping. **Journal of Biomechanics**, New York,v.24, n.1, p.1-10, 1991.

PLAUTZ, E. J., MILLIKEN, G. W. e NUDO, R. J. Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys: role of use versus learning. **Neurobiology of Learning and Memory**, Champaign,v.74, n.1, p.27-55, 2000.

RAHMANI, A., VIALE, F., DALLEAU, G., LACOUR, J.R. Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 84, p. 227-232, 2001.

RASSIER, D. E. e HERZOG, W. Force enhancement following an active stretch in skeletal muscle. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Chicago,v.12, n.6, p.471-7, 2002.

REMPLE, M. S., BRUNEAU, R. M., VANDENBERG, P. M., GOERTZEN, C. e KLEIM, J. A. Sensitivity of cortical movement representations to motor experience: evidence that skill learning but not strength training induces cortical reorganization. **Behavior Brain Research**, Berlin,v.123, n.2, p.133-41, 2001.

RODACKI, A.L.F., FOWLER, N. E., BENNETT, S.J. Vertical jump coordination: fatigue effects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 34, n. 1, p. 105-116, 2002.

RODACKI, A.L.F., FOWLER, N. E., BENNETT, S.J. Multi-segment coordination: fatigue effects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 33, n. 7, p.1157-1167, 2001.

RODANO, R. e SQUADRONE, R. Stability of selected lower limb joint kinetic parameters during vertical jump. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v.18, p.83-89. 2002.

SAXTON, J. M., CLARKSON, P. M., JAMES, R., MILES, M., WESTERFER, M., CLARK, S. e DONNELLY, A. E. Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Berlin,v.27, n.8, p.1185-93, 1995.

SHEPSTONE, T. N., TANG, J. E., DALLAIRE, S., SCHUENKE, M. D., STARON, R. S. e PHILLIPS, S. M. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda,v.98, n.5, p.1768-76, 2005.

STARON, R. S., KARAPONDO, D. L., KRAEMER, W. J., FRY, A. C., GORDON, S. E., FALKEL, J. E., HAGERMAN, F. C. e HIKIDA, R. S. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy resistance training in men and women. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda,v.76, p.1247-1255, 1994.

TAN, B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign,v.13, n.3, p.289-304, 1999.

TOJI, H., SUEI, K. e KANEKO, M. Effects of combined training loads on relations among force, velocity, and power development. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Quebec, v.22, n.4, p.328-36, 1997.

TOUMI, H., BEST, T. M., MARTIN, A., F'GUYER, S. e POUMARAT, G. Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.25, n.5, p.391-8. 2004a.

TOUMI, H., BEST, T. M., MARTIN, A. e POUMARAT, G. Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison,v.36, n.9, p.1580-8, 2004b.

TRICOLI, V., LAMAS, L., CARNEVALE, R. e UGRINOWITSCH, C. Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.19, n.2, p.433-7, 2005.

VAN SOEST, A. J. e VAN INGEN SCHENAU, G. J. How are explosive movements controlled? in **Progress in motor control v. 1: Structure-Movement relations in voluntary movements**, Latash, M.L. Editor. Human Kinetics, Champaign, IL, p.361-387. 2002.

WILSON, G. J. M., A. J., NEWTON, R. U., MURPHY, A. J. e HUMPHRIES, B. J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison,v.25, n.11, p.1279-1286, 1993.

WINTER, D. A. **Biomechanics of human movement**. John Wiley and Sons, New York, USA, First Edition, 1979.

YOUNG, W., MCLEAN, B. e ARDAGNA, J. Relationship between strength qualities and sprinting performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Roma,v.35, p.13-19, 1995.

ANEXO 1- Termo de consentimento informado

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE
DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

**I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL
LEGAL**

1. NOME DO INDIVÍDUO

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº..... APTO.....

BAIRRO: CIDADE

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)

2. RESPONSÁVEL LEGAL:.....

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador, etc.).....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :SEXO: M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO: Nº APTO:

BAIRRO:.....CIDADE:

CEP:.....TELEFONE:DDD

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA

“A especificidade no treinamento de força: adaptações neurais, morfológicas, ajustes coordenativos e o desempenho no salto vertical em resposta a um protocolo de potência ou de força”

2. PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Prof Dr Valmor Tricoli

3. CARGO/FUNÇÃO

Professor Doutor

4. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO

RISCO MÉDIO ☒

RISCO BAIXO

RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. DURAÇÃO DA PESQUISA

Dez (10) semanas

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. justificativa e os objetivos da pesquisa:

O objetivo deste estudo intitulado “A especificidade no treinamento de força: adaptações neurais, morfológicas, ajustes coordenativos e o desempenho no salto vertical em resposta a um protocolo de potência ou de força” é verificar a característica das adaptações neurais (parâmetros relacionados ao sinal eletromiográfico) e morfológicas (parâmetros relacionados à hipertrofia) promovidas por dois métodos de treinamento: força e potência. Além disso, será verificada a alteração do padrão de movimento do salto vertical

em decorrência das adaptações ocorridas. A partir disso, estas variáveis serão relacionadas ao desempenho do salto vertical. Os resultados obtidos no estudo poderão ser úteis no treinamento de atletas cujas modalidades envolvam esforços com tais características. Este estudo será conduzido pelo Bacharel em Esporte Leonardo Lamas Leandro Ribeiro, mestrando em Biodinâmica do Movimento Humano pela EEFUEUSP.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais:

O protocolo de estudo consistirá de 2 sessões iniciais em intervalo de pelo menos 48 horas, que terão como objetivo familiarizar os sujeitos com os procedimentos do estudo. O estudo propriamente dito será composto por 3 sessões semanais de treinamento, onde os sujeitos realizarão treinamento de força ou de potência (de acordo com a seleção dos grupos) durante 8 semanas, antes das quais os sujeitos serão avaliados no desempenho máximo do salto vertical (SV), força máxima no agachamento. Nestes testes serão realizadas simultaneamente as coletas de sinal eletromiográfico e força de reação do solo. Será realizada também a filmagem para posterior análise cinemática e cinética dos movimentos. O último dado coletado será a amostra de tecido muscular a partir do uso da técnica de biópsia para as análises dos tipos de fibra, área de secção transversa e cadeias pesadas de miosina. A amostra de tecido muscular conterà entre 70 e 100 miligramas de tecido. Os mesmos procedimentos de obtenção de amostras de tecido muscular e testes de desempenho serão repetidos após 8 semanas do início do treinamento (término do período de treinamento). Desta forma, o comprometimento total de tempo do sujeito com o estudo será de dez semanas.

3. Desconfortos e riscos esperados;

Os riscos envolvidos na participação deste estudo são médios. Você poderá sentir um pouco de dor muscular tardia (24-72 horas após) decorrente dos esforços realizados nas sessões de treinamento, bem como nas ocasiões das obtenções das amostras de tecido muscular (biópsias). Este desconforto será mínimo e não impedirá você de prosseguir com as suas atividades diárias. Na preparação para a obtenção da amostra você poderá sentir pequena sensação de ardor devido a aplicação do anestésico local e durante a extração da amostra você poderá sentir pressão no local e/ou contração muscular involuntária. O risco

de infecção decorrente da obtenção da amostra de tecido muscular é mínimo tendo em vista todos os cuidados e procedimentos experimentais que serão tomados. Além disso, não existe na literatura específica relatos de qualquer tipo de problema decorrente da biópsia. Outra possibilidade de desconforto é um leve ardor em consequência da abrasão para colocação dos eletrodos nas coletas de eletromiografia.

4. Benefícios que poderão ser obtidos:

Não haverá compensação financeira pela sua participação neste estudo. Você receberá um relatório completo sobre seu desempenho e participação assim como do resultado final do estudo.

5. Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo:

Não será possível realizar qualquer procedimento alternativo em substituição ao protocolo de treinamento, obtenção de amostras e testes de desempenho.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo se colocam a disposição para esclarecer, a qualquer momento, as possíveis dúvidas sobre os procedimentos, riscos e benefícios proporcionados pelo estudo. Além disso, você tem o direito de se retirar a qualquer momento do estudo sem que isso lhe proporcione qualquer prejuízo ou transtorno. As informações obtidas durante o estudo ficarão guardadas sob sigilo e privacidade absolutos. Em caso de qualquer emergência médica, os responsáveis pelo estudo lhe acompanharão ao Hospital Universitário (HU) que se localiza na Av. Prof. Lineu Prestes, 2565 - Cidade Universitária- Fone: 3039-9468.

V - ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA:

Em caso de necessidade você poderá entrar em contato com o Bacharel Leonardo Lamas Leandro Ribeiro pelos telefones: 82421792/37262609.

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

Nenhuma

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, de de 2006 .

assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)