

**DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA A CAPACIDADE DE  
SALTO VERTICAL ATRAVÉS DE TESTES ISOCINÉTICOS EM JOGADORES  
DE VOLEIBOL**

**CARLOS UGRINOWITSCH**

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. VALDIR JOSÉ BARBANTI**

Ugrinowitsch, Carlos

Determinação de equações preditivas para a capacidade de salto vertical através de testes isocinéticos em jogadores de voleibol / Carlos Ugrinowitsch. – São Paulo: [s.n.], 1997.

xv, 84p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.  
Orientador: Prof. Dr. Valdir José Barbanti

1. Treinamento esportivo I. Título

## AGRADECIMENTOS

A minha esposa por todo seu amor e dedicação a minha vida e pela alegria proporcionada pelo nascimento da minha filha Maria Beatriz.

A um grande amigo e companheiro de horas fáceis e difíceis, e incentivador da minha vida profissional e acadêmica, professor Fábio Kalil Fares Saba.

A amigos que, com as trocas proporcionadas pela vida em comum, muito me auxiliaram a evoluir. . .

A todos que me criticaram, pois só me fizeram crescer.

A algumas pessoas que fazem esta Escola funcionar e muito me ajudaram, Rosana, Diva, Pedro e Marco.

A meu pai e minha mãe pelo braço forte em muitos momentos da minha vida.

Ao Esporte Clube Banespa e a prefeitura municipal de Suzano por cederem seus atletas para este trabalho.

A Profa. Dra. Linamara Rizzo Battistela, em nome da Divisão de Medicina de Reabilitação da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, e ao professor Adilson Gonçalves, pela enorme paciência e inestimada colaboração na coleta dos dados.

Aos professores Bergson de Almeida Peres e Valmor Alberto Augusto Tricoli pelo respeito e ajuda ao meu trabalho.

Ao meu orientador, todo respeito e admiração ainda é pouco por sua ajuda e paciência com minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 O problema.....	6
2.2 Justificativa.....	7
2.3 Objetivos gerais.....	8
2.3.1 Objetivos específicos.....	9
2.4 Variável independente.....	9
2.5 Variável dependente.....	9
2.6 Variável categórica.....	10
2.7 Delimitações.....	10
2.8 Limitações.....	10
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3.1 Formas para melhorar a capacidade de salto vertical.....	11
3.2 Aspectos fisiológicos e mecânicos da ação muscular.....	12
3.2.1 Estrutura do componente contrátil.....	13
3.2.1.1 Tipos de arranjo dos sarcômeros.....	15

		Página
3.2.1.1.1	Curvas dos sarcômeros.....	18
3.2.2	Arquitetura muscular.....	21
3.2.3	As unidades motoras e a geração de força.....	24
3.2.4	Comportamento elástico dos músculos.....	28
3.2.5	O ciclo de alongamento e encurtamento (CAE).....	29
3.2.5.1	Técnicas de salto vertical e utilização do CAE.....	34
3.3	Mecânica do salto vertical.....	36
3.4	Importância da força para a execução do salto vertical.....	38
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1	Local.....	41
4.2	Amostra.....	41
4.3	Instrumentos utilizados para os testes.....	42
4.4	Coleta de dados.....	42
4.5	Descrição dos testes.....	42
4.5.1	Teste de salto vertical.....	42
4.5.1.1	Salto partindo da posição de semi-agachamento (SJ).....	43
4.5.1.2	Salto com contra movimento (CMJ).....	43
4.5.1.3	Salto com contra movimento e auxílio dos membros superiores (CMJA).....	43
4.5.2	Teste de força motora.....	44
4.5.2.1	Teste de força motora da articulação do joelho.....	45
4.5.2.2	Teste de força motora da articulação do quadril.....	46
4.6	Análise dos dados.....	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1	Caracterização da amostra.....	47
5.2	Equações de predição da capacidade de salto vertical.....	58
6	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Características antropométricas dos jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.) , valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).....	48
TABELA 2 - Valores descritivos das três técnicas de salto vertical (SJ, CMJ e CMJA), médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.), valores mínimos (v.min.) e coeficientes de variabilidade (c.v.).....	50
TABELA 3 - Valores percentuais de diferenças entre CMJ/SJ ( $(cmj-sj/sj)*100$ ) e CMJA/CMJ ( $(cmja-cmj/cmj)*100$ ), médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).....	51
TABELA 4 - Valores descritivos de pico de torque gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.), valores mínimos (v.min.) e coeficientes de variabilidade (c.v.).....	52

TABELA 5 -	Valores descritivos de trabalho gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).....	53
TABELA 6 -	Valores descritivos de potência média gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).....	53
TABELA 7 -	Valores descritivos do TAE gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).....	54
TABELA 8 -	Valores descritivos de pico de torque gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max), valores mínimos (v.min.) e coeficientes de variabilidade (c.v.).....	55

- TABELA 9 - Valores descritivos de trabalho gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.)..... 56
- TABELA 10 - Valores descritivos de potência média gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.)..... 57
- TABELA 11 - Valores descritivos do TAE gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.)..... 57

**LISTA DE QUADROS**

	Página
QUADRO 1 - Tipos de ações musculares realizadas nos diferentes exercícios físicos.....	13

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
FIGURA 1 - Modelo do arranjo dos sarcômeros em série.....	14
FIGURA 2 - Modelo da influência do número de pontes cruzadas ativas na geração de força e deslocamento do sarcômero.	16
FIGURA 3 - Modelo do deslocamento dos sarcômeros em série.....	17
FIGURA 4 - Modelo do deslocamento dos sarcômeros em paralelo.....	17
FIGURA 5 - Curva força-velocidade.....	19
FIGURA 6 - Curva velocidade-potência.....	19
FIGURA 7 - Curva comprimento do sarcômero-força.....	20
FIGURA 8 - Modelo da alteração do comprimento muscular em músculos penados.....	23
FIGURA 9 - Modelo do padrão de ativação das unidades motoras.....	26
FIGURA 10 - Modelo conceitual de Hill.....	28
FIGURA 11 - Órgãos proprioceptivos presentes na estrutura muscular...	32
FIGURA 12 - Modelo teórico da performance no salto vertical.....	62

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIações

CG -	Centro de Gravidade
SJ -	Salto partindo da posição de semi-agachamento
CMJ -	Salto com contra movimento
CMJA -	Salto com contra movimento e auxílio dos membros superiores
MS -	Membros superiores
MI -	Membros inferiores
CAE -	Ciclo de alongamento e encurtamento
TAE -	Trabalho total realizado em 1/8 de segundo

**LISTA DE ANEXOS**

	Página
ANEXO I - Relatório numérico de dados antropométricos, capacidade de salto vertical e dinamometria isocinética.....	81

## RESUMO

### DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA A CAPACIDADE DE SALTO VERTICAL ATRAVÉS DE TESTES ISOCINÉTICOS EM JOGADORES DE VOLEIBOL

Autor: CARLOS UGRINOWITSCH

Orientador: PROF. DR. VALDIR JOSÉ BARBANTI

Como a capacidade de salto vertical é um fator importante para o sucesso de equipes de voleibol, acredita-se que o treino de força é fundamental para desenvolvê-la. Muitos pesquisadores têm tentado determinar a contribuição dos testes de força motora como forma de prever a performance motora. O objetivo deste estudo foi encontrar as melhores equações de predição para a capacidade de salto vertical através de testes de força realizados em um dinamômetro isocinético Cybex 6000, para as articulações do joelho e quadril nas velocidades de 180, 240 e 300°/s através das variáveis peak torque, trabalho total, potência média e TAE. A amostra foi composta por 32 jogadores de elite de voleibol masculino (média  $\pm$  d.p.: altura 192,3  $\pm$  7,7 cm; idade 18,6  $\pm$  3,2 anos e peso corporal de 83,5  $\pm$  11,1 kg). Foram realizadas três técnicas de salto vertical: salto partindo da posição de semi-agachamento (SJ), salto com contra movimento (CMJ) e salto com contra movimento e auxílio dos membros superiores (CMJA). Os valores de força da articulação do quadril foram excluídos das equações pela baixa fidedignidade dos dados, enquanto os da articulação do joelho foram incluídos por apresentarem boa fidedignidade e atingirem o nível de significância ( $p \leq 0,05$ ) requerido. A equação para o SJ teve

valores de  $r^2 = 0,32$  e erro padrão da estimativa de  $s = 3,7$  cm, mas as equações para o CMJ e CMJA teve valores mais baixos ( $r^2 = 0,27$ ,  $s = 3,8$  cm e  $r^2 = 0,29$ ,  $s = 4,9$  cm respectivamente), apesar dos erros padrão da estimativa serem relativamente baixos, a variância correspondente entre os testes isocinéticos e as três técnicas de salto vertical são muito baixas para afirmar que testes isocinéticos monoarticulares podem prever a performance motora com eficiência.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF PREDICTIVE EQUATIONS TO VERTICAL JUMPING ABILITY THROUGH ISOKINETIC TEST IN MALE VOLLEYBALL PLAYERS

Author: CARLOS UGRINOWITSCH

Adviser: PROF. DR. VALDIR JOSÉ BARBANTI

Vertical jumping ability is a basic item for successful volleyball teams, most of them believe that strength training is very important to develop it. It's an important task to researchers find the contribution of strength test to predict motor performance. The basic aim of this study was to find the best equation to predict vertical jumping ability in the squat jump, counter movement jump and counter movement jump with arms through isokinetic test in the knee and hip joints at 180, 240 and 300<sup>o</sup>/s to the variables peak torque, total work, average power and TAE in a dynamometer Cybex 6000 (strength test). The sample was composed of 32 elite volleyball players (mean  $\pm$  s.d.: height 192.3  $\pm$  7.7 cm; age 18.6  $\pm$  3.2 years; body mass 83.5  $\pm$  11.1 kg). The values of the hip joint were excluded of the model because of a low reliability but the values of the knee joint got the desired reliability and significance level ( $p \leq 0,05$ ). The equation to the SJ had values of  $r^2 = 0.32$  and  $s = 3.7$  cm but the equations to CMJ and CMJA had lower values ( $r^2 = 0.27$  ,  $s = 3.8$  and  $r^2 = 0.29$ ,  $s = 4.9$ ), however the standard errors of the estimate were low, the common variance of the strength tests and the three kinds of vertical jumps were

very low. The conclusion of this study was that isokinetic tests were not good enough to efficiently predict and track motor performance.

## 1 INTRODUÇÃO

O voleibol é hoje uma das principais modalidades esportivas do País. Seu crescimento no âmbito nacional começou com a conquista do vice campeonato mundial da Argentina pela equipe masculina, no início da década de oitenta, e teve seu coroamento durante os Jogos Olímpicos de Barcelona, em 1992, com a conquista da medalha de ouro e a vitória na Liga Mundial de 1993. Também o voleibol feminino obteve o vice campeonato mundial em 1994, o terceiro lugar nas Olimpíadas de Atlanta, em 1996, o bi-campeonato do grand prix mundial, em 1995 e 1996 e, em todas as categorias de base, o Brasil possui títulos mundiais. Em conjunto com a Itália, o Brasil divide, atualmente, o posto do melhor campeonato de clubes do mundo.

A busca do crescimento físico, técnico e tático dos jogadores vem se tornando uma necessidade mais que emergente. A conquista de campeonatos envolve milhares e até milhões de dólares em benefícios para as equipes vencedoras. Um "caminho mais curto e seguro para a vitória" é o foco de principal atenção para todas as pessoas envolvidas em questões de treinamento, não só para o voleibol, mas também para todas as modalidades esportivas.

Os jogos são analisados minuciosamente para determinar quais são os fatores mais importantes para a vitória das equipes, como também, para a colocação destas ao final de campeonatos. Dentro dos diversos tipos de análise, a estrutura do jogo tem uma importância acentuada.

O jogo, de acordo com EOM & SCHUTS (1992a), é dividido em duas fases, as quais possuem objetivos diferentes. A primeira fase é chamada de "processo de ataque", que tem como objetivo finalizar a jogada com uma cortada (principal ação de ataque) após a recepção do saque, realizado pela equipe adversária. A equipe recebedora tentará impedir que a equipe adversária mantenha a posse do saque, reduzindo a possibilidade desta (equipe adversária) marcar pontos sucessivos. Isto acontecendo, a probabilidade da equipe recebedora perder o jogo se reduzirá significativamente, através da recuperação das vantagens.

A segunda fase do jogo é chamada de "contra ataque", onde há a transição da defesa do ataque adversário para o contra ataque, ou seja, a passagem do bloqueio-defesa para o levantamento e cortada. Nesta fase, a equipe tem a possibilidade de marcar pontos, pois com a posse de bola (saque) pode ganhar o "set", ou o jogo, marcando pontos sucessivos.

Nestas duas fases, dois fundamentos se destacam: a cortada e o bloqueio. A cortada sempre finalizando as jogadas, terminando as ações ofensivas e o bloqueio, agindo de maneira defensiva, diminuindo ao máximo o ângulo livre de ataque do cortador, mas também com grandes possibilidades de marcar pontos, se este for efetivo, e colocar a bola no chão da quadra adversária.

Estes dois fundamentos são sempre executados com um salto vertical, o qual é um dos fatores primordiais para uma boa execução técnica destas ações. Teoricamente, para a realização da cortada, quanto mais alto fosse o ponto de contato com a bola, maior seria o seu ângulo de projeção em relação ao solo (se aproximando cada vez mais da perpendicular), diminuindo a possibilidade da bola ir para fora da quadra, e aumentando as chances da bola passar sobre o bloqueio, assim como será maior o tempo de permanência do jogador no ar, tendo a possibilidade de utilizar vários recursos técnicos na forma de tática individual. Nas ações do bloqueio, o jogador terá uma possibilidade maior de invadir o espaço aéreo da quadra adversária, tendo maiores chances de tocar na bola e diminuir a sua velocidade, ou conseguir impedir que a bola passe para sua quadra, podendo até obter o ponto.

EOM & SCHUTS (1992a,b) fizeram uma análise estatística da terceira "Korean Cup" da Federação Internacional de Voleibol, em 1987, da qual participaram oito equipes masculinas adultas. Este campeonato foi dividido em duas fases, sendo os jogos da segunda fase gravados e considerados somente os três primeiros sets de cada um para a análise. Para cada ação do jogo foi utilizada uma escala crescente de cinco pontos, variando do "0" para o erro e "4" para a execução perfeita. Foi realizada uma análise discriminante que apontou o bloqueio (0,973), a

cortada no contra ataque (0,406) e a cortada no processo de ataque (0,313) como os fundamentos que diferenciavam as equipes vencedoras das perdedoras.

COX<sup>1</sup> apud EOM & SCHUTS (1992b), verificou que a cortada era o melhor indicativo do sucesso de equipes de voleibol, seguido da defesa . EJEM & HORAK<sup>2</sup> apud EOM & SCHUTS (1992b), também encontraram que a cortada e a recepção do saque eram os melhores indicativos, e NISHIJIMA & MATSURA<sup>3</sup> apud EOM & SCHUTS (1992b), concluíram que a cortada, o levantamento e a defesa eram os fundamentos que melhor determinavam as equipes vencedoras. A diferença dos fundamentos mais importantes se deu pelas diversas técnicas utilizadas na análise dos dados, bem como pela grande evolução técnica e tática que o voleibol teve durante os últimos vinte e cinco anos. Mas todos os trabalhos apontam a cortada e o bloqueio como fundamentos importantíssimos para o jogo, gerando alguns estudos sobre a importância da capacidade de salto vertical em jogadores de voleibol, e no próprio jogo.

MCGOWN et al. (1990), realizaram testes na seleção dos EUA utilizando dados antropométricos, coleta de sangue, parâmetros cardio-pulmonares, performance no teste de Wingate, bem como no teste de capacidade de salto vertical, de janeiro de 1982 até maio de 1983 (somente o teste de capacidade de salto vertical foi realizado em julho de 1984, alguns dias antes das Olimpíadas de Los Angeles). O aumento da capacidade de salto vertical foi em média de 10 cm, fato citado pelos autores como sendo muito bom para jogadores que já possuíam um ótimo nível de rendimento, pois um aumento desta ordem pode provocar uma grande vantagem nesta modalidade esportiva, na qual saltar tem um papel tão importante nas estratégias de ataque e bloqueio.

---

<sup>1</sup> H. Cox, Relationship between volleyball skill components and team performance of men's northwest "AA" volleyball teams, **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.45, p.441-46, 1974.

<sup>2</sup> M. Ejem;J. Horak, Selected findings from statistical analysis of individual play in Czechoslovakia championships. **Volleyball Technical Journal**, v.5, n.3, p.17-30, 1980.

<sup>3</sup> T. Nishijima; Y. Matura. Contribution of the player in reference to his position to the game performance in volleyball; Paper presented at 1988, Seoul Olympic Games Congress, Korea, 1988.

SMITH et al. (1992) compararam os dados entre as equipes canadenses nacional e universitária de voleibol, nos parâmetros de porcentagem de gordura, VO<sub>2</sub> máximo, potência anaeróbia, supino, tempo de sprint de 20 metros e capacidade de salto vertical e encontraram que a seleção nacional era melhor que a universitária, tanto nos saltos de ataque quanto nos de bloqueio.

FLECK et al. (1985), estudando as características físicas e fisiológicas de jogadores de elite de voleibol, encontraram que a altura do salto vertical (altura de alcance do ataque) foi significativa, em relação à colocação final de equipes femininas em campeonatos nacionais. GLADDEN & COLACINO<sup>4</sup> apud VIITASALO (1982) confirmaram estes dados, considerando esta ação motora como a única que se diferenciava significativamente entre as seleções universitária e nacional dos EUA. A capacidade de salto vertical novamente era maior na seleção nacional.

REILLY et al. (1990) citaram que, para se jogar voleibol em nível internacional, os jogadores devem ter uma altura de alcance no ataque de 330 cm, ou acima, e as jogadoras mais de 300 cm, sendo que estes dados, provavelmente estejam ultrapassados, atualmente.

As ações de ataque e bloqueio, envolvendo saltos verticais, podem ser consideradas como primordiais para o jogo. As equipes que possuem melhor eficiência nestes fundamentos poderão ter grande vantagem sobre as outras, e determinar os melhores meios de treinamento para resolver estas tarefas é de primordial importância. O salto vertical tem que ser otimizado para jogadores de voleibol, sendo que deve ser treinado especificamente para haver melhoras significantes no seu rendimento, principalmente em equipes de alto nível competitivo.

Toda ação motora depende de determinadas capacidades motoras, ou seja, atuar contra resistências (forças) do meio externo e vencê-las (em

---

<sup>4</sup> L.B. Gladden; D. Colacino, Characteristics of volleyball players and success in a national tournament. *Journal of Sports Medicine*, v.18, p.57-64, 1978.

determinadas fases do movimento), com mais força, mais velocidade e/ou mais resistência.

NEUMANN (1988) explicou que estas três capacidades motoras: força, velocidade e resistência, são básicas para a manutenção dos movimentos humanos, pois em seus limites específicos são expressas isoladamente, só que, em determinadas situações, há a combinação destas capacidades motoras.

As ações de salto vertical são definidas por BARBANTI (1986) e KOMI (1984a) como envolvendo a produção da capacidade motora potência, a qual é uma das combinações possíveis, pois utiliza as capacidades motoras força e velocidade.

Só que, normalmente, a capacidade motora potência é definida e explicada de acordo com definições da mecânica clássica (ex. KOMI (1992), quantidade de trabalho realizado no tempo, ou força-velocidade), mas, para o treinamento da capacidade de salto vertical, esta não pode ser considerada como correta, pois para qualquer movimento realizado, seja ele rápido ou lento, haverá a produção de potência, pela definição da física (seja ela grande ou pequena) e em todas as situações depende da capacidade que o músculo tem em gerar força.

BARBANTI (1986), analisando a capacidade motora utilizada para o treinamento da capacidade de salto vertical, a definiu como a capacidade que o músculo tem de gerar força no menor tempo possível. Os movimentos esportivos que necessitam de força para acelerar o corpo humano (corridas de velocidade, saltos, etc.), ou implementos (bola, disco, dardo, etc.) em espaços de tempo muito curtos, utilizam a capacidade motora potência, também chamada de força rápida.

A compreensão dos mecanismos internos e externos que podem alterar a geração da potência, é de fundamental importância para que a capacidade de salto vertical seja melhorada e, com isto, os jogadores de voleibol possam ter vantagens técnicas e táticas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 O problema

Os testes de força e potência têm cinco objetivos principais de acordo com ABERNETHY et al (1995):

- a) Conseguir discriminar os indivíduos melhores dos piores, dentro de determinada amostra;
- b) selecionar talentos através das avaliações;
- c) identificar pontos fracos nos indivíduos;
- d) determinar a importância da força e da potência para diversos eventos esportivos;
- e) determinar progressos no treinamento.

O treinamento de força motora vem tendo uma ampla difusão dentro do meio esportivo, sendo que diferentes tipos de exercícios são utilizados (isoinercial com resistência fixa, isoinercial com resistência variada, isométricos e os isocinéticos), todos eles associados a idéia da utilização de exercícios contra uma resistência.

O conceito de técnicos, preparadores físicos e atletas é de que estes vários tipos de exercícios irão trazer benefícios para a capacidade de salto vertical.

A real contribuição da força motora para eventos que necessitem de potência muscular, especificamente para o voleibol, ainda não está muito bem definida pela literatura, assim como a importância de alguns fatores ligados ao treinamento, tais como: intensidade e volume da carga de trabalho, a mecânica externa e interna dos exercícios utilizados durante o treinamento, e suas relações com os gestos competitivos, ligados a fatores como, quantidade de transferência produzida pelos exercícios de treinamento, etc.

O presente trabalho visa, então, identificar a importância dos testes de força no dinamômetro isocinético, através da curva de torque e suas derivadas, para a capacidade de salto vertical, fator este tão importante para o jogo de voleibol.

## 2.2 Justificativa

Diversas técnicas de testagem vêm sendo utilizadas para identificar níveis de treinamento e rendimento esportivo.

Os testes isoinerciais têm uma fidedignidade moderada para alta, utilizando-se medidas repetidas, geralmente são pluriarticulares, envolvem movimentos complexos em termos coordenativos (somente indivíduos com grande grau de treinamento reproduzem os resultados com consistência), pouca segurança para o executante, dependem de grande motivação do indivíduo para produzir resultados máximos, fornecem dados restritos ao aspecto externo (carga utilizada), não conseguem expressar mecanismos internos (grau de desenvolvimento da força, trabalho realizado, etc.) e como último aspecto, os movimentos executados com cargas elevadas têm baixa velocidade, perdendo a especificidade da velocidade do gesto esportivo. Somente com a utilização de aparelhos específicos pode-se obter dados quantitativos mais precisos sobre o movimento executado, mas estes ainda não estão bem difundidos e requerem mais estudos para verificar validade e fidedignidade dos mesmos (ABERNETHY et al., 1995).

Os testes isométricos têm boa fidedignidade, conseguem isolar a ação de pequenos grupos musculares, ou avaliar grandes grupos musculares. A maior limitação deste tipo de teste é a utilização de uma ação muscular não específica com o gesto esportivo, fazendo com que sua validade ecológica diminua muito.

Já os testes isocinéticos possuem alta fidedignidade e objetividade, conseguem isolar grupos musculares, permitem a testagem em uma grande amplitude de velocidades angulares, têm um grau de segurança muito grande e são muito motivantes pela visualização imediata dos resultados obtidos (uma tela de computador apresenta a curva de torque que está sendo produzida durante a execução do exercício). Existem algumas desvantagens como não permitir acelerações durante o movimento, por utilizar velocidades angulares pré-programadas, e por possibilitar, na maioria dos dinamômetros isocinéticos, somente

movimentos monoarticulares e unilaterais, fazendo com que eles não tenham relação direta com a mecânica do movimento esportivo.

Somente alguns aparelhos chamados de ativos conseguem avaliar tanto a força excêntrica quanto concêntrica, mas ainda com limitações, pois elas não são capazes de medir o torque produzido por atletas de alto nível, quando se utilizam grandes grupos musculares.

O teste isocinético foi selecionado pelo fato de avaliar o desempenho de força e potência das articulações do joelho e quadril de forma isolada, verificando se há uma maior importância da força gerada em uma delas para a capacidade de salto vertical.

Isto porque as pesquisas que tentam investigar a importância da força para a capacidade de salto vertical utilizam-se de modelos mecânicos complexos, sendo que muitos deles não possuem uma validade ecológica elevada, além de utilizar recursos tecnológicos muitas vezes inacessíveis para as equipes de voleibol. Outras pesquisas utilizam testes isoinerciais (já comentados), e quando utilizam os testes isocinéticos testam somente a articulação do joelho, limitando as informações por não ser esta a articulação que mais contribui para a execução do salto vertical.

Com isto, a dinamometria isocinética se torna uma alternativa mais viável, apesar de não conter todos os requisitos para uma validade lógica concisa, mas atende aos objetivos do presente trabalho de explorar as possibilidades dos aparelhos isocinéticos para a testagem de atletas como forma de prever o desempenho motor.

### 2.3 Objetivos gerais

- Determinar equações preditivas para a capacidade de salto vertical, através de testes isocinéticos.

### 2.3.1 Objetivos específicos

- Determinar qual das três técnicas de salto vertical pode ser melhor prevista pelos testes isocinéticos;
- Determinar se a força da articulação do joelho, ou da articulação do quadril, pode prever melhor a capacidade de salto vertical;
- Determinar qual das três velocidades utilizadas nos testes isocinéticos melhor prediz a capacidade de salto vertical;
- Determinar qual das variáveis, o torque, ou as obtidas através das derivações da sua curva, melhor prediz a capacidade de salto vertical.

### 2.4 Variáveis independentes

Torque produzido no dinamômetro isocinético e suas derivadas, nas articulações do quadril e joelho de ambos os membros inferiores, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300<sup>o</sup>/s.

Variáveis obtidas pelos testes isocinéticos

- a) peak torque (torque = força x tamanho do braço de alavanca)
- b) trabalho total (trabalho total = força x deslocamento do braço de alavanca)
- c) potência média (potência média = trabalho total / tempo)
- d) TAE (trabalho total executado em 1/8 de segundo)

### 2.5 Variáveis dependentes

Capacidade de salto vertical em três técnicas distintas:

- a) salto sem contra movimento e sem auxílio dos membros superiores (SJ).

b) salto com contra movimento e sem auxílio dos membros superiores (CMJ).

c) salto com contra movimento e com auxílio dos membros superiores (CMJA).

## 2.6 Variável categórica

Foram avaliados somente atletas do sexo masculino.

## 2.7 Delimitações

- Os atletas pertenceram a equipes de nível nacional e/ou estadual, de acordo com as normas da Confederação Brasileira de Volleyball.

- Os valores de torque e suas derivadas foram considerados de forma absoluta e não relativa.

- As ações motoras de salto vertical utilizaram tanto ações musculares concêntricas quanto excêntricas, mas os testes, no dinamômetro isocinético, foram apenas para as ações concêntricas dos flexores e extensores das articulações do quadril e joelho.

- Os fatores antropométricos não foram considerados para a geração de força.

## 2.8 Limitações

- Não foi considerada a fase de treinamento dos atletas.

- Os testes foram feitos em um único dia, sendo os testes da capacidade de salto vertical realizados previamente aos isocinéticos.

- Não foi considerado o nível de aprendizagem e de motivação dos indivíduos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Vários aspectos podem influenciar a capacidade de salto vertical, entre eles os fisiológicos, morfológicos, neurais e biomecânicos. Alguns destes aspectos foram discutidos com objetivo de melhor compreender esta capacidade, baseados nos mecanismos que podem alterá-la.

#### 3.1 Formas para melhorar a capacidade de salto vertical

Alguns autores tentaram definir os fatores mais importantes para aumentar a capacidade de salto vertical, sendo que algumas linhas principais foram estabelecidas para suas fundamentações teóricas.

BOBBERT (1990), tomando como base os estudos de CAVAGNA (1977) na década de 70 e início dos anos 80, citou dois fatores principais:

- a) capacidade que o músculo tem em liberar energia;
- b) melhora da coordenação na ação de diferentes grupos musculares.

Indo em uma direção um pouco diferente, KOMI & BOSCO (1978) citam outros dois fatores, com fundamentações teóricas diferentes das de Cavagna e Bobbert, para a melhoria das ações de salto vertical:

- a) aumento da capacidade elástica dos grupos musculares envolvidos no salto vertical;
- b) alteração da curva força-tempo grau de geração ou desenvolvimento da força, (KOMI 1984b, 1988; VIITASALO & AURA 1984).

Outros autores, como PANDY & ZAJAC<sup>5</sup> apud ZAJAC & PANDY (1992), citaram outros fatores que podem alterar a capacidade de salto vertical, citados de acordo com sua importância:

- a) mudanças na força muscular;

---

<sup>5</sup> M.G. Pandy; F.E. Zajac, Dependence of jumping performance on muscle strength, muscle-fiber speed, and tendon compliance, In: **Issues in the Modeling and Control of Biomechanical Systems**, 1989. ASME winter annual meeting in San Francisco, v.17, p.59-63, ASME, New York.

- b) velocidade de encurtamento intrínseca da fibra muscular;
- c) elasticidade do tendão.

Vários aspectos teóricos, em nível micro e macro, devem ser analisados para a compreensão destas correntes de pensamento e hipóteses, acerca da melhoria da capacidade de salto vertical.

### 3.2 Aspectos fisiológicos e mecânicos da ação muscular

De acordo com BILLETER & HOPPLER (1992), os músculos estriados têm somente uma função: a geração de tensão. KOMI (1988) confirma que os músculos são geradores de força, mas acrescenta que esta pode ser gerada tanto com o encurtamento, quanto com o alongamento dos músculos estriados.

KREIGHBAUM & BARTHELS (1990) citaram que, além de gerar força (tensão), os músculos são agentes eficazes no controle do movimento.

KOMI (1984b, 1988, 1992) classifica as formas pelas quais os músculos são capazes de gerar força (QUADRO 1), analisando o tipo de exercício realizado, a ação muscular, o comprimento muscular, a função exercida em relação aos segmentos corporais e o trabalho externo que é realizado. Nesta classificação ele abandona o termo contração, uma vez que este significa diminuição de comprimento, não sendo compatível com as possibilidades musculares, alterando-o para “ações” musculares (termo proposto por CAVANAGH, 1988<sup>6</sup> apud KOMI, 1988).

---

<sup>6</sup> P.R. Cavanagh, On “muscle action” vs “muscle contraction”. *Journal of Biomechanics*, v.22, n.1, p.69, 1988.

QUADRO 1 - Tipos de ações musculares realizadas nos diferentes exercícios físicos, KOMI (1988).

tipo de exercício	ação muscular	comprimento muscular	função	trabalho mecânico externo
dinâmico	concêntrica	diminui	aceleração	positivo ( $W=f(+d)$ )
	excêntrica	aumenta	desaceleração	negativo ( $W=f(-d)$ )
estático	isométrica	não muda	fixação	zero (não muda)

W= trabalho, f= força, d= distância

### 3.2.1 Estrutura do componente contrátil

A geração de força tem uma relação muito estreita com a estrutura anatômica dos músculos.

GUYTON (1988), HOLLMAN & HETTINGER (1989) e VIRU & VIRU (1993), citaram que um músculo é composto por vários milhares de células (fibras) musculares, onde cada uma delas (fibras) é envolvida por uma membrana chamada endomísio. Um grupo de fibras musculares forma um feixe muscular que é envolvido pelo perimísio, e vários feixes musculares formam um músculo, o qual também é envolvido por uma membrana chamada epimísio. Estas membranas, de acordo com HUIJING (1992b), são responsáveis pela manutenção da estrutura interna do conteúdo muscular.

“Cada fibra muscular é composta por várias sub-unidades chamadas de miofibrilas (localizadas longitudinalmente, sendo que todas elas são envolvidas por uma membrana chamada sarcolema), que são percebidas quando um corte transversal é produzido na fibra muscular”, (GUYTON, 1988).

As miofibrilas são divididas em sub-unidades funcionais chamadas de sarcômeros. Os sarcômeros são as estruturas responsáveis pela geração de força muscular. Quando as miofibrilas são observadas frontalmente, pode-se identificar

que cada sarcômero é separado por uma linha chamada "Z", portanto duas linhas "Z" delimitam o sarcômero.

Dentro da miofibrila, os sarcômeros, de acordo com HUIJING (1992b), estão sempre dispostos em série (um após o outro). A FIGURA 1 faz uma representação esquemática do arranjo dos sarcômeros dentro da miofibrila.



FIGURA 1 - Modelo do arranjo dos sarcômeros em série, (HUIJING, 1992b).

Para haver a geração de força, há que se ter a interação dos dois principais filamentos protéicos que constituem o sarcômero. HUXLEY<sup>7</sup> apud (HUIJING, 1992b) propôs a teoria do deslizamento dos filamentos, onde a actina se desliza sobre a miosina em direção ao centro do sarcômero, fazendo com que este tenha o seu comprimento diminuído e a força gerada.

Estas duas proteínas ocupam espaços específicos dentro dos sarcômeros, os filamentos de miosina se localizam mais na posição mais central (observando-se pelo microscópio uma faixa mais escura, que é denominada banda A), enquanto os filamentos de actina estão localizados nas posições periféricas do sarcômero, de ambos os lados, (da mesma forma que, para os filamentos de miosina, pode-se observar uma faixa mais clara nas periferias do sarcômero compostas pelos filamentos finos de actina, a qual é chamada de banda I).

Os filamentos de miosina contém pontes cruzadas, estruturas capazes de ligarem-se a actina. Os filamentos de actina possuem afinidade com o cálcio, que na presença deste desloca a proteína tropomiosina que envolve os filamentos de actina, e expõem os sítios de ligação presentes nos filamentos de actina, para que possa haver a ligação destes com as pontes cruzadas dos filamentos de miosina, que executam uma rotação no sentido do centro do sarcômero, sendo este

<sup>7</sup> H.E. Huxley, Molecular basis of contraction in cross-striated muscles. In: BOURNE, G.H. ed., **The structure and function of muscle**, Academic Press.1972, p.378.

movimento responsável pela geração ativa de força (BILLETER & HOPPLER, 1992; GUYTON, 1988; HOLLMAN & HETTINGER 1989).

HUIJING (1992b) propôs um modelo teórico para a compreensão da teoria do deslizamento de HUXLEY (1972), estabelecendo um modelo morfológico onde a actina e a miosina são consideradas como sólidos, e não possuem capacidades elásticas ou plásticas, e faz considerações sobre a geração de força, dependendo do arranjo dos sarcômeros e de condições cinemáticas destes.

### 3.2.1.1 Tipos de arranjo dos sarcômeros

EDGERTON et al. (1986) e HUIJING (1992b) citaram que duas formas de arranjo dos sarcômeros são possíveis de serem encontradas:

- a) arranjo dos sarcômeros em série (um após o outro);
- b) arranjo dos sarcômeros em paralelo (um sob o outro).

Ambos os autores citaram que os sarcômeros em série têm uma função específica (somativa) para a quantidade de deslocamento, como também para a velocidade de encurtamento, dentro de cada sarcômero. Já o arranjo em paralelo tem um efeito somativo para a força gerada em cada sarcômero.

HUIJING (1992b) utilizou um único sarcômero para exemplificar as diferenças existentes entre os dois tipos de arranjos, demonstrado, a seguir, na FIGURA 2.

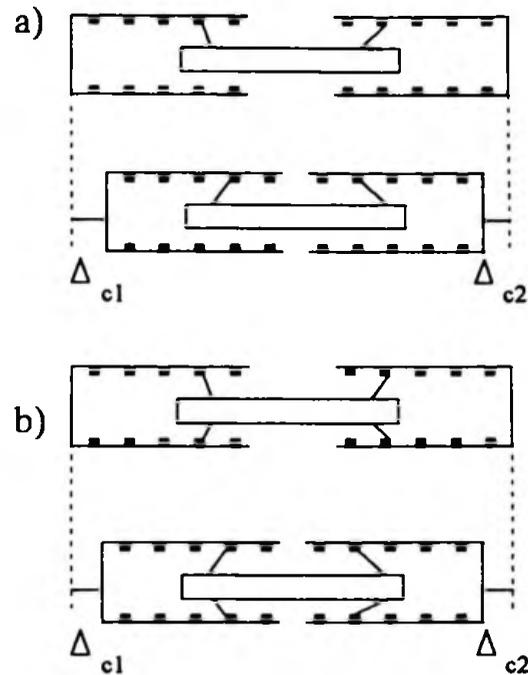


FIGURA 2 - Modelo da influência do número de pontes cruzadas ativas na geração de força e deslocamento do sarcômero (HUIJING, 1992b).

Ao tomar como exemplo um único sarcômero, pode-se observar que na parte "a" da FIGURA 2 há somente uma ponte cruzada ativada de cada lado e elas provocam o mesmo deslocamento do que na parte "b" da FIGURA 2, mas para a geração de força observa-se que, utilizando-se a fórmula: **força produzida = número de pontes cruzadas ativas x força gerada por uma ponte cruzada**, a força produzida na parte "b" é maior do que a produzida pela parte "a". No entanto, este maior número de pontes cruzadas ativas não altera o grau de encurtamento do sarcômero. Por outro lado, se um determinado número de sarcômeros estiverem arranjados em série, ou em paralelo, a força, o deslocamento e a velocidade do movimento produzidos serão completamente diferentes.

Se quatro sarcômeros forem arranjados em série, dois a dois, a força produzida por estes será igual a produzida por somente dois sarcômeros (um abaixo do outro), assim como o deslocamento produzido será igual ao de dois sarcômeros, mostrados na FIGURA 3.

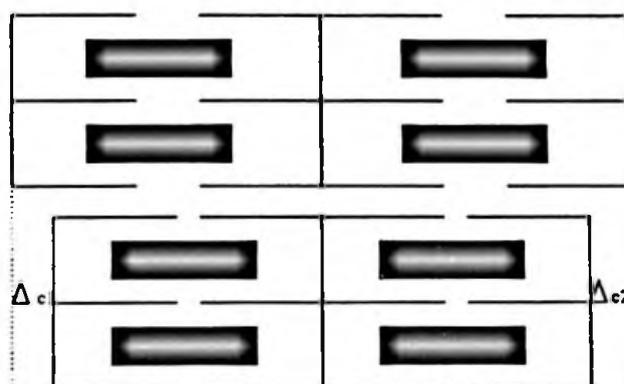


FIGURA 3 - Modelo do deslocamento dos sarcômeros em série  
(HUIJING, 1992b).

No entanto para o arranjo em paralelo, os quatro sarcômeros estarão um sob o outro (FIGURA 4), a força produzida será a soma daquela produzida pelos quatro sarcômeros, enquanto o deslocamento será igual aquele produzido por somente um sarcômero.

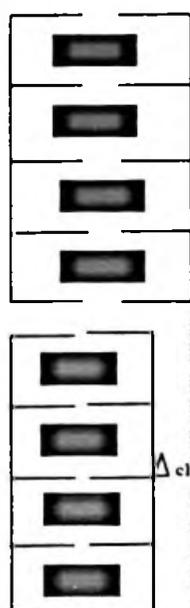


FIGURA 4 - Modelo do deslocamento dos sarcômeros em paralelo  
(HUIJING, 1992b).

Analisando o arranjo dos sarcômeros, não só no nível micro, mas sim do músculo como um todo, FITTS & WIDRICK (1996) citaram que a força máxima isométrica depende do número de pontes cruzadas ativas em paralelo, que estão em um estado de alta geração de força.

A geração de força pelos sarcômeros sofre influência não somente do tipo de arranjo dos mesmos, CALDWELL (1995) citou que a geração de força depende de condições de comprimento e cinemáticas de força e velocidade do sarcômero, GANS (1982) citou a arquitetura muscular e KOMI (1988) as unidades motoras e seus padrões de ativação, como outros fatores que podem alterar a geração de força.

Com isto, os próximos dois tópicos continuarão analisando as estruturas em nível micro, enquanto o terceiro e quarto analisarão as estruturas em nível mais macro.

#### 3.2.1.1.1 Curvas dos sarcômeros

EDGERTON et al. (1986), HUIJING (1992b), KOMI (1984b, 1988), KOMI & BOSCO (1978), WINTER (1979) citaram que existe uma relação inversamente proporcional entre a força e a velocidade (FIGURA 5), quanto maior a velocidade de encurtamento do sarcômero, menor a geração de força, e ainda, quanto maior a força gerada, menor a sua velocidade. Este comportamento micro pode ser utilizado em nível macro, pois KOMI (1984b), explicou que quando a força gerada é grande, o sistema nervoso central precisa de tempo para recrutar todas as unidades motoras responsáveis para tal evento e, com isto, ter o maior número possível de sarcômeros ativados em paralelo, bem como, quando a velocidade de encurtamento dos sarcômeros é muito alta, há um "escorregamento" da actina sobre a miosina impedindo que as duas proteínas se liguem através das pontes cruzadas, não podendo gerar uma grande força.

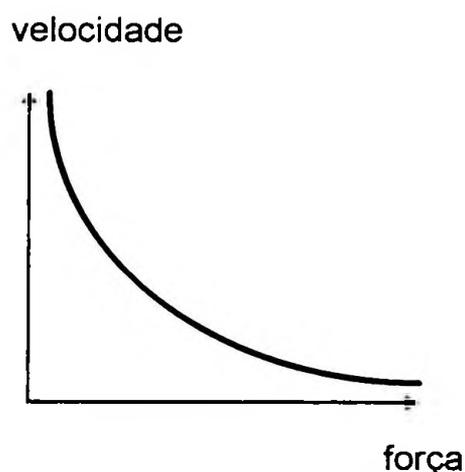


FIGURA 5 - Curva força-velocidade (KOMI, 1984a).

EDGERTON et al (1986) citaram um fator interessante para a geração de força em velocidades muito baixas, onde o torque produzido também é baixo, não se adequando ao padrão da curva força-velocidade.

No entanto, se ao invés de utilizar a relação força-velocidade, utilizar-se velocidade-potência, o comportamento da curva se altera. Existe uma amplitude de velocidade, para qual a potência é gerada maximamente, fazendo com que a curva velocidade-potência assuma uma forma parabólica, pois com velocidades muito baixas ou altas, a potência gerada é pequena (FIGURA 6).

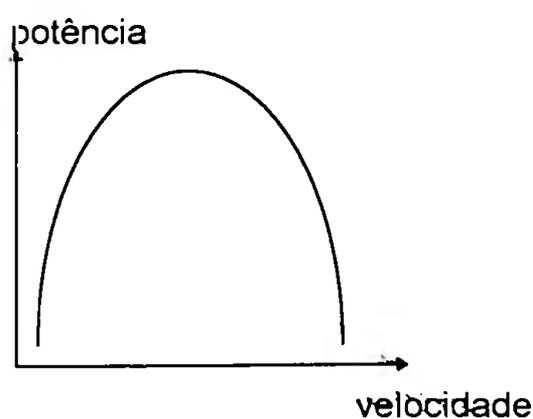


FIGURA 6 - Curva velocidade-potência (HUIJING, 1992b).

De acordo com HUIJING (1992b), KOMI (1988) e WINTER (1979) os sarcômeros tem um comprimento ótimo para a ótima geração de força, isto produz,

utilizando-se dados normalizados a partir do comprimento ótimo, uma curva que acompanha o formato da curva velocidade-potência (parabólica). Se não houver a sobreposição da actina sobre a miosina não haverá geração de força; ocorrendo a sobreposição, a força gerada vai aumentando gradativamente até chegar a um ponto ótimo e a partir deste, a geração de força vai diminuindo (FIGURA 7). Para explicar o fenômeno de baixa produção de força no máximo encurtamento, duas hipóteses foram formuladas :

a) com o aumento do encurtamento, algum mecanismo desconhecido impede que aumente o número de pontes cruzadas ativas.

b) todas as pontes cruzadas estão ativas, mas fica impossível gerar mais força, porque algum mecanismo desconhecido provoca pressões contrárias. Com um encurtamento muito acentuado, a pressão intra sarcômero aumenta muito, não permitindo um deslizamento maior da actina sobre a miosina.



FIGURA 7 - Curva comprimento do sarcômero-força (WINTER, 1979).

FITTS & WIDRICK (1996) citaram que o comprimento dos músculos em repouso geralmente ultrapassa o comprimento ótimo do sarcômero, sendo necessário um pequeno alongamento para que estes atinjam o comprimento ótimo e possam gerar o máximo de força (estes autores saíram do nível micro de análise para um nível macro).

Estas curvas explicam o comportamento muscular, baseando-se somente no modelo morfológico de acordo com a teoria do deslizamento de HUXLEY (1972), onde apenas a unidade contrátil, sarcômero, foi considerada.

### 3.2.2 Arquitetura muscular

Aumentando o foco de análise para um nível mais macro, da ligação músculo-tendão quanto a sua arquitetura (alinhamento das fibras musculares em relação ao tendão), muitos estudos vêm sendo realizados na tentativa de quantificar a importância deste aspecto para a geração de força e potência. GANS & GAUNT (1991) citaram que o músculo tem que se adaptar para a execução de múltiplas funções, como eficiência em termos de consumo de energia, geração de força de curta duração e produção contínua de baixos níveis de força, para explicar os diferentes tipos de arquitetura muscular.

GANS (1982), HUIJING (1992b), KREIGHBAUM & BARTHELS (1990) e WINTER (1979) citaram que as fibras musculares não estão dispostas em relação ao tendão de maneira uniforme. Várias formas de arranjos são possíveis:

a) fusiformes: apesar de uma fibra muscular não atravessar o comprimento muscular todo, grande parte delas tem um ângulo de inserção em relação ao tendão igual a zero (eixo longitudinal);

b) penados: quando um feixe de fibras paralelas correm em um ângulo oblíquo em relação a um único tendão;

c) bipenados: quando dois feixes de fibras paralelas correm com um ângulo oblíquo a um único tendão;

d) multi-penados: quando vários feixes de fibras musculares correm em diferentes ângulos em relação a um único tendão.

Os músculos fusiformes tem fibras musculares longas, com os sarcômeros de suas miofibrilas na mesma direção em relação a linha de tração do tendão (estes músculos podem tracionar os ossos por uma maior amplitude articular). Já a estrutura penada, permite uma maior quantidade de sarcômeros por área da fibra.

Devido ao seu arranjo, com maior número de fibras em paralelo, as fibras dos músculos penados são mais curtas do que as dos fusiformes, ocupam uma menor área muscular e só permitem uma pequena amplitude nos movimentos gerados por eles.

KREIGHBAUM & BARTHELS (1990), citaram que quanto maior o ângulo de penação (ângulo formado entre a direção das fibras musculares, em relação a direção das fibras do tendão), maior a geração de força. BOBBERT et al.<sup>8</sup> e ZAJAC<sup>9</sup> apud SCOTT & WINTER (1991), estão de acordo com esta afirmação, como também citaram que os músculos bipenados e multi-penados tem maior capacidade de geração de força pela maior quantidade de sarcômeros em paralelo.

BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU (1990), de forma contrária aos autores citados anteriormente, encontram que as alterações de força são tão pequenas que podem ser negligenciadas. A correlação entre o ângulo de penação e a força isométrica é para  $\cos 10^\circ$  de 0,98 e para  $\cos 20^\circ$  de 0,94, isto representou para os autores uma alteração de apenas 6% na produção de força isométrica.

Só que FITTS & WIDRICK (1996) citaram que, em ações isométricas máximas, o ângulo de penação pode mudar em duas ou três vezes, o que acarretaria uma grande alteração na força, mas por outro lado, encontraram que a relação entre o ângulo de penação e a geração de torque (medida de força em movimentos rotacionais) não é linear, não podendo ser determinada com precisão a alteração da força.

HUIJING (1992b) afirmou que a mecânica dos músculos penados é muito mais complicada do que a dos músculos fusiformes, por dois motivos:

- 1) a geometria (arquitetura) muda a relação fibra e comprimento muscular e
- 2) a direção da força produzida pela fibra muscular é diferente da direção da força gerada pelo músculo como um todo.

---

<sup>8</sup> M.F. Bobbert; P.A. Huijing; G.J. Van Ingen Schenau, A model of the human triceps surae muscle-tendon complex applied to jumping. *Journal of Biomechanics*, v.19, p.887-898, 1986.

<sup>9</sup> F.E. Zajac, Muscle and tendon: properties, models, scaling and application to biomechanics and motor control. *CRC Critical Review in Biomedical Engineering*, v.17, p.359-411, 1989.

Os músculos fusiformes têm um movimento de translação das fibras em relação ao tendão muscular, enquanto os músculos penados têm um movimento de rotação das fibras em relação ao tendão gerando um torque, causando momentos diferentes. Se uma mesma força é gerada para um movimento linear e para um angular, o momento gerado pelo movimento angular é maior pela existência do braço de força que é multiplicado pela força aplicada, enquanto o movimento linear depende só da força aplicada ao sistema.

Os músculos fusiformes, como já citado anteriormente, têm uma maior capacidade de encurtamento do que os músculos penados, por causa do efeito somativo do encurtamento dos sarcômeros, enquanto os músculos penados, quando as suas fibras se contraem, têm suas mudanças de comprimento ocorrendo por dois fatores: encurtamento das fibras musculares através do efeito somativo dos sarcômeros em série e, com o encurtamento das fibras, a mudança do ângulo de penação das mesmas fazendo com que ele aumente, provocando um maior deslocamento linear (HUIJING, 1992a). A FIGURA 8 exemplifica a forma como os músculos penados diminuem o seu comprimento, pela alteração do ângulo de penação das fibras musculares.

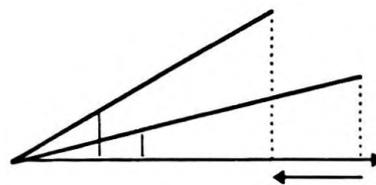


FIGURA 8 - Modelo da alteração do comprimento muscular em músculos penados (HUIJING 1992a).

Os músculos penados utilizam melhor a relação força-comprimento do sarcômero, porque operam em uma faixa de comprimento ótimo maior.

A arquitetura muscular do tipo penada permite uma melhor eficiência em termos de gasto energético e para a geração de força de curta duração. Os principais músculos envolvidos nas ações de salto vertical são penados, favorecendo à uma maior geração de potência.

No entanto, os fatores mecânicos envolvidos na morfologia muscular não são os únicos a alterar a capacidade de geração de força. Aspectos ligados ao sistema nervoso central, e também fisiológicos, não podem ser desconsiderados.

### 3.2.3 As unidades motoras e a geração de força

Os músculos sempre recebem estímulos nervosos para que o processo das ações musculares seja desencadeado. FOX et al. (1993), GUYTON (1988) HOLLMAN & HETTINGER (1989), KOMI (1988) e WINTER (1979), citaram que os estímulos nervosos podem chegar ao músculo por diferentes tipos de fibras nervosas e, dependendo destas, as características fisiológicas das fibras musculares são determinadas. Os motoneurônios poderão ser divididos em dois tipos básicos: os fásicos, onde há grande velocidade de condução do estímulo, porém alta fatigabilidade e os tônicos onde a velocidade de estímulo é baixa, porém a resistência a fadiga é muito alta. Os motoneurônios formam as unidades motoras (fibras musculares que são inervadas por um único neurônio motor). O termo unidade motora foi usado inicialmente por SHERRINGTON<sup>10</sup> apud GORDON & PATTULLO (1993), porque esta é a menor unidade funcional de "output" motor do sistema nervoso central.

ROY & EDGERTON (1992) classificaram as unidades motoras de acordo com três fatores: velocidade de condução do impulso, comportamento em relação a fadiga e tipo de fibra muscular que as compõe:

a) alta fatigabilidade: alta velocidade de condução do estímulo, baixa resistência à fadiga e fibra muscular tipo IIc

b) rápida intermediária: grande velocidade de condução, maior resistência à fadiga que a anterior e fibra muscular tipo IIb;

c) rápida mas resistente: boa velocidade de condução, boa resistência à fadiga e fibra muscular tipo IIa;

---

<sup>10</sup> C. Sherrington, The correlation of reflexes and the principle of the common final path. **British Association Rep.**, v.74, p.728-741, 1904.

d) lenta: baixa velocidade de condução, alta resistência à fadiga e fibra muscular tipo I.

Segundo SALE (1987) cada músculo contém determinado número de unidades motoras, pequenos músculos das mãos possuem por volta de 100 unidades motoras, enquanto grandes músculos dos membros podem conter até 1000 unidades motoras. A variação de força de uma unidade motora para a outra pode ser de até 100 vezes, (MORITANI, 1993), e a distribuição espacial das diferentes unidades motoras, quanto ao tipo, é determinada por fatores genéticos.

Apesar dos fatores genéticos, as unidades motora são compartimentalizadas, WINDHORST et al.<sup>11</sup> apud ROY & EDGERTON (1992), e por causa deste arranjo podem ser ativadas separadamente. MORITANI (1993) citou que as ações musculares voluntárias são uma combinação do recrutamento das diferentes unidades motoras e a frequência de ativação. FITTS & WIDRICK (1996) e GORDON & PATTULLO (1993) citaram que as diferentes unidades motoras têm frequências de ativação diferentes, variando de 10 Hz a 40 Hz, sendo as mais baixas para as fibras de contração lenta e as mais altas para as fibras de contração rápida.

Não só a frequência de ativação é importante, mas também o padrão com o qual estas fibras são ativadas.

A ativação das unidades motoras obedece ao princípio de Henneman (ROY & EDGERTON, 1992; WINTER, 1979), as unidades motoras pequenas (menor número de fibras musculares e geralmente compostas por fibras musculares tipo I) são ativadas inicialmente, sendo seguidas pelas unidades motoras maiores (maior número de fibras musculares, e geralmente compostas por fibras musculares tipo II). Para cada unidade motora ativada, a resposta na geração de força será diferenciada.

Autores como KOMI (1984a) e SALE (1987) não acreditam que o princípio de Henneman possa ser aplicado à todas as situações de movimento humano.

---

<sup>11</sup> U. Windhorst; T.M. Hamm; D.G. Stuart, On the function of muscle and reflex partitioning: *Behavioral and brain sciences*, v.12, p.629-81, 1989.

SALE (1987) identificou dois padrões de recrutamento das unidades motoras (FIGURA 9), um padrão denominado em rampa (tem o mesmo significado que o princípio de Henneman), sendo utilizado em ações onde o grau de desenvolvimento da força é lento (ex.: corridas de longa distância, exercícios de força máxima, etc..) e o fator tempo não é primordial. O outro padrão foi definido como balístico, onde o grau de desenvolvimento da força é muito rápido e o fator temporal é de vital importância (ex.: lançamentos, arremessos, saltos, corrida de velocidade, etc..).

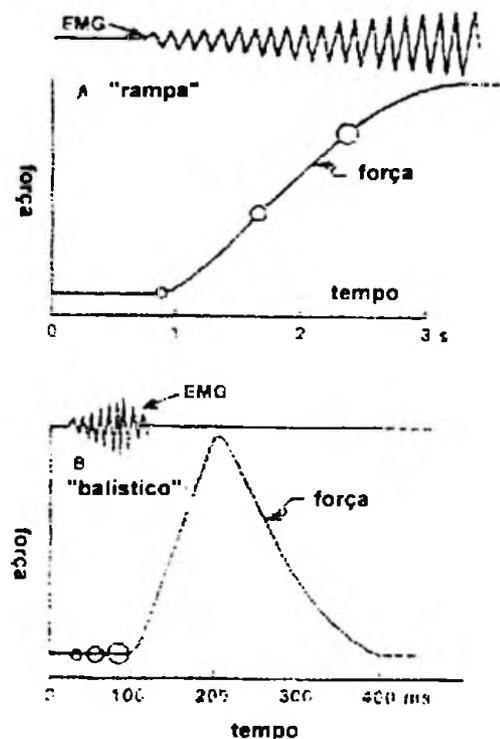


FIGURA 9 - Modelo do padrão de ativação das unidades motoras  
(SALE, 1987).

No padrão de ativação balístico, as unidades motoras de limiar de excitação mais altos são recrutadas rapidamente e logo após o estímulo elétrico é cessado. A coordenação necessária para este padrão de recrutamento é muito alta, sendo que indivíduos destreinados não conseguem utilizar as unidades motoras IIb e IIc, nos movimentos que requerem este padrão, além do que, KRAEMER et al.

(1996) citaram que, em exercícios de força máxima, indivíduos destreinados não conseguiam ativar as unidades motoras mais rápidas ( estes exercícios requerem um padrão de ativação em rampa) indicando talvez que o treinamento seja um fator importante para ativação das unidades motoras mais rápidas, em qualquer padrão de ativação (balístico ou rampa). Isto está de acordo com os dados de MORITANI (1993) onde o treinamento fez com que as unidades motoras com fibras tipo II fossem ativadas preferencialmente, para as atividades que necessitassem de movimentos velozes e potentes.

SALE (1992) citou também que quanto maior a frequência de produção de estímulos nervosos por segundo, em nível central, maior será a geração de força, sendo que o treinamento é um fator decisivo para que haja um aumento na frequência de disparo (ativação).

Os motoneurônios vão influenciar nas características metabólicas das fibras musculares por eles inervadas, onde os motoneurônios fásicos vão ter fibras tipo II e os motoneurônios tônicos fibras tipo I. Cada ser humano possui uma proporção entre a quantidade de fibras tipo I e de tipo II, FOX et al. (1993), KOMI (1984b, 1988) e KYRÖLÄINEN & KOMI (1995), afirmaram que indivíduos com maior porcentagem de fibras tipo II, produzem sempre um torque maior, mesmo após a normalização dos dados. Enquanto MORITANI (1993) citou que o pico de potência das fibras tipo II é quatro vezes maior do que nas fibras tipo I.

FOX et al. (1993), citaram que, em baixas velocidades, o torque percentual dos dois tipos de fibras não se diferenciam, fato este ligado a fatores de controle central.

Quando o enfoque sai da geração de força e entra na capacidade de gerar potência, os autores concordam que os indivíduos com maior porcentagem de fibras tipo II, são mais aptos a geração de potência. Como a capacidade de salto vertical está diretamente ligada a geração de força e potência, indivíduos, com maior porcentagem de fibras tipo II, devem possuir uma melhor capacidade de salto vertical.

### 3.2.4 Comportamento elástico dos músculos

O músculo foi analisado, até o momento, apenas como uma estrutura sólida, mas HILL<sup>12</sup> apud HUIJING (1992a), elaborou um modelo conceitual onde o músculo não tem o comportamento apenas de um sólido, mas também um comportamento elástico, que age em conjunto com o funcionamento do sólido. A FIGURA 10 traz a representação gráfica do modelo conceitual de Hill.

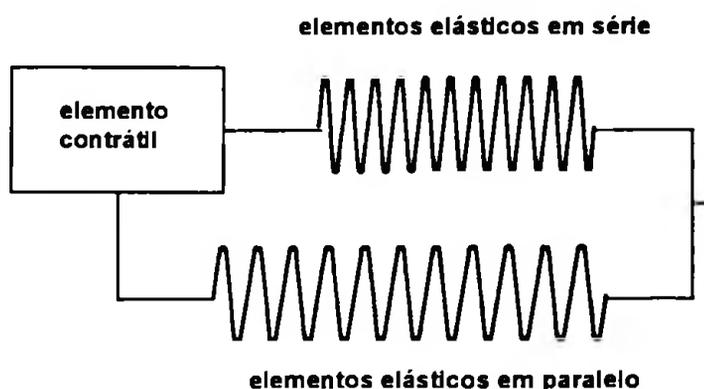


FIGURA 10 - Modelo conceitual de Hill (HUIJING, 1992a).

O elemento contrátil já foi citado e analisado no modelo morfológico, pois é composto pela actina e miosina presentes nos sarcômeros.

Os elementos elásticos em série, de acordo com EDGERTON et al. (1986), ETTEMA & HUIJING (1989, 1994), FARO (1995), GANS (1982), HUIJING (1992a,b) e KOMI (1984b, 1988), estão localizados nas cabeças de miosina e nos tendões, sendo estas estruturas capazes de armazenar energia potencial elástica a custos bioquímicos muito baixos.

<sup>12</sup> A.V. Hill, *First and last experiments in muscle mechanics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970.

Os elementos elásticos em paralelo, são responsáveis pelo oferecimento de resistência ao movimento executado, principalmente nas ações musculares excêntricas impedindo a separação das estruturas musculares, segundo, EDGERTON et al. (1986) FARO (1995), GANS (1982), HUIJING (1992a,b) e KOMI (1984a,b, 1988).

### 3.2.5 O ciclo de alongamento e encurtamento (CAE)

Com a elaboração do modelo conceitual de Hill, o estudo da capacidade elástica dos músculos recebeu grande impulso (HUIJING, 1992a).

KREIGHBAUM & BARTHELS (1990), citaram que, com o uso da capacidade elástica dos grupos musculares, a geração de força poderia aumentar em 20%. Este aumento na geração de força foi atribuído a utilização do Ciclo de Alongamento e Encurtamento (CAE) (KOMI & BOSCO, 1978). Este termo provocou a sua adoção como o paradigma vigente para este tema, o qual levou a inúmeros estudos na tentativa de entendê-lo.

O CAE é utilizado em grande parte das ações humanas diárias (andar, correr, saltar, etc.), sua principal função é economizar energia química potencial (ATP), quando este é utilizado, o gasto metabólico do movimento é reduzido, pois apresentam a utilização de um percentual menor do  $VO_2$  máximo em relação aos mesmos movimentos que não o utilizam.

As ações que utilizam o CAE têm sempre duas fases distintas. Na primeira são realizadas ações musculares excêntricas, seguidas (segunda fase) por ações musculares concêntricas. Na fase excêntrica do movimento, os elementos elásticos em série (modelo conceitual de Hill) são capazes de acumular energia potencial elástica, a qual é liberada na forma de energia cinética durante a fase concêntrica do movimento.

Se a passagem da fase excêntrica para a concêntrica for feita de maneira lenta, a energia potencial elástica acumulada será liberada na forma de calor. Quanto mais rápida a passagem de fase, maior será a utilização da energia potencial elástica.

Várias fórmulas foram elaboradas na tentativa de definir a eficiência do CAE, sendo as fórmulas abaixo exemplos.

KOMI (1988) forneceu a fórmula:

$$\text{Eficiência Mecânica} = \frac{\text{Trabalho externo realizado} \times 100}{\text{"output" de energia - nível metabólico em repouso}}$$

CAVAGNA (1977) definiu a seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Trabalho positivo (ação muscular concêntrica)}}{\text{Energia química para realizar o movimento}}$$

Quanto maior for o trabalho realizado na fase concêntrica, com menor gasto energético, melhor terá sido a utilização do CAE.

Mas estas equações são, na maioria das vezes, imprecisas, pois desconsideram vários outros fatores envolvidos nestas ações, sendo que há necessidade de cautela na interpretação dos resultados.

CAVAGNA (1977) encontrou os seguintes valores referência para a eficiência muscular no andar - 25%, na corrida - de 35 a 40% e, definiu o potencial elástico máximo em torno de 40 a 50%.

Vários estudos vêm tentando determinar quem contribui mais para o acúmulo de energia potencial nos elementos elásticos em série, se é o tendão, ou as cabeças de miosina (CALDWELL 1995; ETTEMA & HUIJING 1989; HOY et al., 1990; HUIJING 1992b; POUSSON et al., 1990; WINTER 1979), pois o acúmulo de energia potencial está diretamente ligado com o grau de "stiffness" da estrutura, quanto maior o seu grau, maior será o acúmulo de energia potencial elástica, onde de acordo com COOK & McDONAGH (1996) e ETTEMA & HUIJING (1994) e, o tendão possui um grau de "stiffness" diferente das pontes cruzadas.

GANS (1982) definiu "stiffness" como a resistência oposta pelo complexo músculo-tendão à um alongamento rápido, já COOK & McDONAGH (1996) e

HUIJING (1992b), o definiram como a variação da força sobre a variação do comprimento da estrutura ( $\Delta F / \Delta C$ ), sendo que a definição matemática é a mais utilizada, pois permite cálculos precisos.

O tendão se comporta de uma maneira não linear, inicialmente há uma grande variação da força e um pequeno aumento no grau de "stiffness", seguido de um momento onde pequenas alterações de força provocam grandes alterações no grau de "stiffness", e um terceiro momento onde a estrutura não suporta mais e se rompe. Já as cabeças de miosina têm seu grau de "stiffness" aumentado de acordo com o número de pontes cruzadas ativas.

WINTER (1979) apontava que a rotação contrária executada pelas cabeças de miosina durante o alongamento muscular das ações musculares excêntricas, era o fator mais importante para o acúmulo de energia elástica (potencial), mas dados mais recentes como de HUIJING (1992b) apontam que 90% da capacidade elástica está contida nos tendões.

CALDWELL (1995) também cita que o grau de "stiffness" dos elementos elásticos em série aumenta de maneira não linear, sendo que as maiores alterações acontecem sobre a ação de grandes forças, assumindo indiretamente que o tendão é quem mais contribui para o acúmulo de energia elástica.

Só que ETTEMA & HUIJING (1994) citaram que, além do grau de "stiffness" dos elementos elásticos em série, há também o grau de "stiffness" produzido pelo complexo músculo-tendão, e o grau de "stiffness" de ambos só são equivalentes quando os movimentos são curtos e rápidos, e a alteração de comprimento do músculo se dá somente nos elementos elásticos em série. Não se podendo ainda tirar conclusões sobre a interação destes dois fatores.

Alguns cuidados devem ser tomados pois, de acordo com FUKASHIRO et al (1995) quanto maior o grau de "stiffness" dos elementos elásticos em série, menor a capacidade que o músculo tem de acumular energia potencial elástica contrastando com os dados expostos anteriormente, já que entraria na fase descendente da curva força-comprimento muscular, levando também à hipótese de

que a fase excêntrica não pode ser muito ampla, pois a mudança da fase excêntrica para a concêntrica é mais demorada.

Outro fator que também contribui para aumentar a eficiência do CAE, além do armazenamento da energia potencial elástica, é a potencialização via reflexo de estiramento (HOLCOMB et al., 1996a,b; KOMI, 1984, 1986, 1992). Ele é baseado na ação de proprioceptores presentes no músculo e no tendão, órgãos auxiliares no controle do movimento (FIGURA 11).

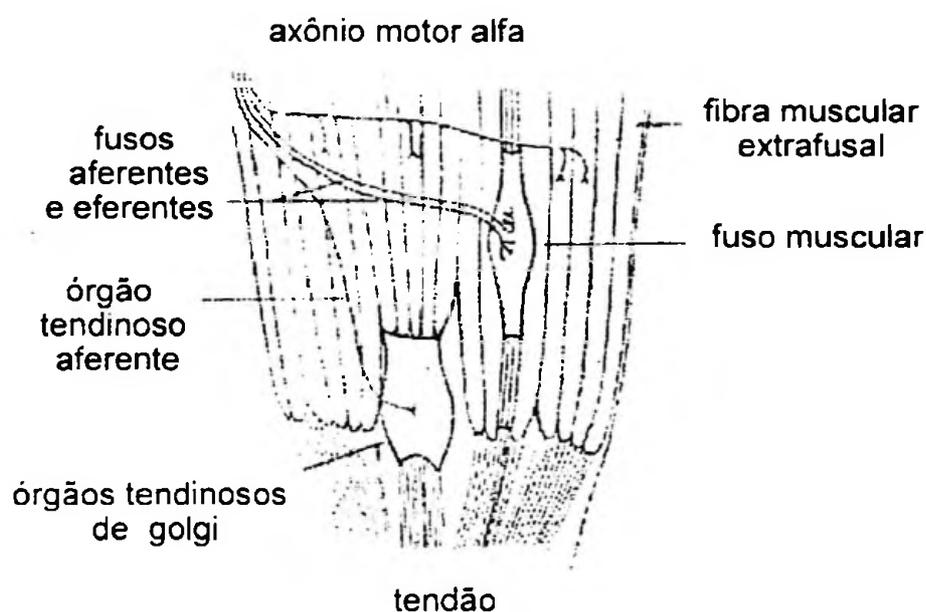


FIGURA 11 - Órgãos proprioceptivos presentes na estrutura muscular (GORDON & GHEZ, 1991).

O primeiro é chamado de fuso muscular, responsável pela percepção do grau de estiramento ao qual o músculo é imposto. A partir do momento que o limiar de ativação do fuso muscular atinge valores críticos, é disparado via reflexo, uma ação muscular isométrica ou concêntrica, para impedir que a fibra muscular seja rompida por ultrapassar a sua capacidade elástica e plástica.

O segundo são os órgãos tendinosos de Golgi, responsáveis pela identificação do grau de tensão muscular, que ao ultrapassar valores críticos, realizam o relaxamento muscular via reflexa (GORDON & GHEZ, 1991).

A interação destes dois mecanismos reflexos ainda não é muito bem entendida, principalmente nas ações excêntricas. Um exemplo claro deste problema foi a afirmação de DOWLING & VAMOS (1993) que concluíram que existem limites para a utilização do CAE, pois se o impulso negativo (impulso = força x tempo) do movimento (fase excêntrica) for muito grande ele perde a sua eficiência (o impulso positivo diminui), diminuindo a força concêntrica. Isto pode estar associado à ativação dos órgãos tendinosos de Golgi quando a amplitude do movimento, realizado excentricamente, for muito grande e com grande geração de força, diminuindo a força concêntrica, ou com a transformação da energia potencial elástica em calor.

KOMI et al. (1992) citaram que, quando o músculo é colocado sob tensão, os fusos musculares e os órgãos tendinosos de Golgi são ativados, só que o tipo de ativação sofrida por estas estruturas irá dizer se o efeito do reflexo de estiramento será facilitatório ou inibitório. Além do que, HOFFER & ANDREASSEN <sup>13</sup> apud KOMI et al. (1992) citaram que, quando o reflexo de estiramento está intacto, há o aumento no grau de "stiffness" do músculo, facilitando também a geração de força.

Abordando o problema por um outro enfoque, mas chegando às conclusões próximas, SALE (1988, 1992) citou que, durante a realização de exercícios pliométricos (saltos em profundidade), indivíduos destreinados tinham um efeito do reflexo de estiramento inibitório para a geração de força na fase concêntrica. Já os indivíduos treinados tinham um efeito facilitatório, indicando maior geração de força na fase concêntrica.

Estes resultados podem indicar que o treinamento produz adaptações específicas, que podem alterar o tipo de resposta do reflexo de estiramento. O treino de força propriamente dito, aumentando a geração de força, tanto na fase concêntrica quanto excêntrica, poderia alterar tais respostas.

Uma ressalva deve ser feita a novos estudos que estão questionando o aumento da geração de força concêntrica através do acúmulo de energia potencial

---

<sup>13</sup> J.A.Hoffer; S. Andreassen, Regulation of Soleus stiffness in pre-mammillary cats. Intrinsic and reflex components. *Journal of Neurophysiology*, v.45, p.267-85, 1981.

elástica durante testes de salto vertical (ANDERSON & PANDY, 1993; BOBBERT et al., 1996; VOIGT et al., 1995), onde outros fatores são considerados como os responsáveis por tal aumento.

### 3.2.5.1 Técnicas de salto vertical e a utilização do CAE

Sendo o CAE um mecanismo natural em todos os movimentos que utilizam ações musculares excêntricas, precedendo a rápida passagem para as ações concêntricas, o salto vertical pode ser incluído como um destes movimentos (HOLCOMB et al., 1996a,b; KOMI, 1992; KOMI & BOSCO, 1978).

Na grande maioria das ações de salto vertical há uma fase de preparação, com a flexão dos membros inferiores (ação excêntrica), e uma fase de geração de impulso positivo, com a extensão dos membros inferiores (ação concêntrica).

Para o estudo do CAE, KOMI & BOSCO (1978), utilizaram duas técnicas distintas para a realização do salto vertical.

A primeira técnica de salto foi chamada de "Squat Jump" (SJ), ou salto partindo da posição de semi-agachamento, com os joelhos flexionados em 90°. Neste tipo de salto, o executante sai para o salto partindo da posição estática de semi-agachamento, sem poder realizar a fase de preparação, chamada pelos autores de contra movimento. Isto faria que não fosse possível utilizar o CAE, sendo o salto realizado somente com a capacidade que o executante tem de gerar força. Apesar de HARMAN et al. (1990) terem encontrado um pequeno impulso negativo no SJ, demonstrando que o contra movimento não consegue ser completamente anulado.

PANDY & ZAJAC (1991) afirmaram que no SJ quanto maior o tempo de aplicação de força, maior o impulso vertical obtido.

A segunda técnica foi chamada de "Counter Movement Jump" (CMJ), ou salto com contra movimento. Neste tipo de salto é permitido realizar a fase excêntrica do movimento, seguida imediatamente pela fase concêntrica, sendo

possível utilizar o CAE (aproveitamento da energia potencial elástica) em conjunto com a capacidade de gerar força do executante.

ENOKA<sup>14</sup> apud HARMAN et al. (1990) encontraram que o contra movimento produziu uma vantagem de 12% na altura de elevação do CG no salto vertical, em comparação com o SJ. Já BAKER (1996) citou que o contra movimento aumenta a eficiência do salto em 15 a 20%, citando também que um valor menor que 10% indica uma má utilização do CAE, enquanto um valor acima de 20% representa que o aumento da força dinâmica do executante pode influenciar muito no aumento da capacidade de salto vertical. Para calcular a eficiência do CAE, o referido autor utilizou a fórmula:

$$[ (CMJ - SJ/SJ) \times 100 ]$$

BOSCO et al.<sup>15</sup> apud HARMAN et al. (1990) colocaram um aspecto muito importante em relação ao salto com contra movimento, pois encontraram que indivíduos com maior porcentagem de fibras rápidas aumentam a utilização da energia potencial elástica, com movimentos velozes e menor deslocamento angular na articulação do joelho, enquanto que os indivíduos com maior porcentagem de fibras de contração lenta utilizam-na mais eficientemente com movimentos mais lentos e maior deslocamento angular.

BOBBERT et al. (1987a,b) e BOBBERT (1990) encontraram que, durante a execução de saltos pliométricos, a análise cinemática distinguiu dois padrões de movimento, um com menor deslocamento e maior velocidade angular, e um segundo, com maior deslocamento e menor velocidade angular. Bobbert não inferiu sobre este fato estar relacionado com a composição dos tipos de fibras dos executantes, mas provavelmente aponta para a mesma direção.

A utilização dos membros superiores, na fase de preparação do salto, também pode aumentar a altura de elevação do centro de gravidade. PAYNE et al.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> R.M.Enoka, *Neuromechanical basis of Kinesiology*, Champaign, Human Kinetics, 1988, p.6-7, 204-6.

<sup>15</sup> C.Bosco; J.T.Viitasalo, *Potential of myoelectric activity of human muscles in vertical jumps. Electromyography and Clinical Neurophysiology*, v.22, p.549-62, 1982.

<sup>16</sup> A.H. Payne; W.J. Slater; T. Telford, *The use of a force platform in the study of athletic activities, Ergonomics*, v.12, p.123-43, 1968.

apud HARMAN et al. (1990) encontrou uma contribuição de 5% na altura de elevação do CG, LUTHANEN & KOMI<sup>17</sup> apud HARMAN et al. (1990) encontraram valores médios de 10%, correspondendo ao mesmo valor encontrado por HARMAN et al. (1990). Já BAKER (1996) não fala em termos percentuais, mas citou um aumento de 10 a 15 cm na altura de elevação do CG (CMJA).

O salto vertical, então, pode ser realizado com três técnicas básicas, SJ, CMJ e CMJA, cada uma destas técnicas utiliza diferentes fatores para sua execução, sendo o SJ a técnica que mais dependeria da força dinâmica para sua realização, pois não utiliza o CAE nem o aumento do impulso produzido pela ação dos membros superiores.

### 3.3 Mecânica do salto vertical

Do ponto de vista da mecânica externa do movimento, KREIGHBAUM & BARTHLES (1990) citaram que o ponto chave para uma boa execução do salto vertical é que haja uma velocidade vertical máxima do centro de massa no momento da decolagem.

O tronco, segmento de maior massa do corpo humano, está em uma extremidade livre, enquanto os pés, segmentos de menor massa, estão fixos, caracterizando o salto como um movimento de cadeia fechada. Neste tipo de ação, os movimentos começam dos segmentos mais livres para os mais fixos e, também há a necessidade de se gerar uma força no sentido contrário ao movimento desejado. No caso do salto será usada a força reação do solo para gerar o salto vertical, sendo que, quanto maior o impulso (impulso = força x tempo), maior a altura de elevação do centro de gravidade.

BOBBERT (1990), PANDY & ZAJAC (1991), ROBERTSON & FLEMING (1987), e VAN LEEUWEN & SPOOR (1992) citaram que as ações de salto vertical sempre acontecem com a utilização das articulações do sentido proximal para distal,

---

<sup>17</sup> P. Luhtanen; P.V. Komi. Segmental contribution to forces in vertical jump, In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PHYSICAL ACTIVITY SCIENCES, Quebec, 1976. Abstracts, Quebec, A.Ld., 1976, p.226.

confirmando a idéia da utilização de uma cadeia fechada. DOWLING & VAMOS (1993) citaram que não somente o sequenciamento das articulações, mas também, a coordenação na utilização dos grupos musculares, a força e a velocidade são essenciais para a boa execução desta ação motora.

A coordenação entre os grupos musculares, assim como, o papel dos músculos mono-articulares e bi-articulares, vêm sendo alvo de inúmeros estudos tais como, GREGOIRE et al. (1984), HUDSON (1986), PANDY & ZAJAC (1991), ROBERTSON & FLEMING (1987), VAN LEUWEN & SPOOR (1992) e VAN SOEST et al. (1993).

O ponto crucial no salto vertical é transformar os movimentos rotacionais das articulações do tornozelo, joelho e quadril em um movimento de translação, com a projeção do corpo (centro de massa) verticalmente.

As ações musculares são complexas, tendo que realizar duas funções:

- a) aplicação de força no solo para o salto.
- b) aceleração do tronco, segmento de maior massa do corpo humano, na direção do salto.

PANDY & ZAJAC (1991) citaram que 90 % da energia gerada para o tronco na decolagem é fornecida pelos músculos vastos e glúteo máximo. Enquanto ROBERTSON & FLEMING (1987) citaram que a articulação do quadril era a que mais contribuía para o salto vertical.

A energia liberada pelos grupos musculares, que estão executando trabalho em cada uma das articulações, é transferida para o tronco através dos músculos bi-articulares (reto femoral e gastrocnêmio). DOWLING & VAMOS (1993) afirmaram que o movimento das articulações deve ser realizado em grande velocidade angular e o torque deve ser, em sua grande parte, produzido no final da extensão, sendo que os músculos: sóleo, gastrocnêmio, vastos e glúteo máximo, são os que mais contribuem para o aumento da velocidade angular nas articulações.

BOBBERT & VAN IGEN SCHENAU<sup>18</sup>, apud PANDY & ZAJAC (1991) encontraram que a velocidade angular das articulações diminuía perto da máxima extensão, na tentativa de maximizar o impulso no centróide de massa, e BOBBERT (1990), completa esta afirmação dizendo que a diminuição da velocidade angular no final da extensão é um mecanismo de proteção para as estruturas articulares.

A energia gerada pela movimentação dos segmentos corporais é transferida no sentido proximal, mas os músculos bi-articulares realizam outra função transferindo energia também no sentido distal. O reto femoral diminui a aceleração do quadril, combinando com a continuidade da extensão do joelho, para transferir a potência do quadril para o joelho, e o gastrocnêmio transferindo a potência do joelho para o tornozelo utilizando o mesmo processo.

Além da coordenação entre grupos musculares, a força é outro fator determinante da capacidade de salto vertical. PANDY & ZAJAC (1991) encontraram valores de força na ordem de 2,2 vezes o peso corporal para a execução de um salto de 35 cm, e DOWLING & VAMOS (1993) encontraram valores de duas vezes o peso corporal para realizar um salto de 30 cm.

Todos os tópicos anteriores analisaram fatores que podem alterar ou explicar a geração de força de um ponto de vista intrínseco. Só que para questões de pesquisas aplicadas o fator mais importante é a geração de força, como um produto externo bruto, onde os testes desta capacidade motora se tornam mais "simples".

#### 3.4 Importância da força para a execução do salto vertical

Os estudos analisados não entraram na questão da importância da capacidade motora força para a execução do salto vertical, somente estudos mais específicos de potência, ou que analisam o ciclo de alongamento e encurtamento,

---

<sup>18</sup> M.F.Bobbert; G.J.Van Ingen Schenau, Coordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, v.21, p.249-62, 1988.

entraram no mérito da questão (analisando a produção de força como um produto externo).

HÄKKINEN (1991) estudou jogadores de basquetebol e encontrou, em sua amostra, uma relação significativa entre a força máxima dos músculos extensores do joelho com a altura do salto vertical, como também ADAMS et al. (1992), estudando uma classe de exercícios com peso, intermediária, utilizando um design "quasi experimental", verificaram o efeito de seis semanas de treinamento em três grupos experimentais: agachamento, exercícios pliométricos, e agachamento mais exercícios pliométricos; encontrando aumentos na capacidade de salto vertical nos três grupos, tendo o primeiro e o último grupo aumentos significantes na força máxima.

Utilizando o mesmo "design" "quasi experimental", CLUTCH et al. (1983) estudaram jogadores de voleibol universitário e encontraram ganhos médios de 4,25 cm na capacidade de salto vertical após 16 semanas de treinamento, para o grupo de trabalho de força.

WILSON et al. (1996) encontraram relações significantes entre uma repetição máxima no agachamento e o salto vertical com contra movimento e auxílio dos membros superiores ( $r = 0,68$ ). Assim como, com o treino de força (4-6 séries e 6-10 repetições máximas), provocaram um aumento na capacidade de salto vertical percentualmente igual ao da força no agachamento.

WILKLANDER & LYSHOLM (1987), avaliando corredores de diversas categorias encontraram uma correlação de 0,84 entre o torque de extensão do joelho, medida no aparelho Cybex II a  $180^\circ /s$ , e o salto vertical e BARBANTI et al. (1995) e TRICOLI et al. (1995a) encontraram uma correlação de 0,81 e 0,79, respectivamente, para jogadores de voleibol e basquetebol, utilizando a mesma velocidade angular.

BOBBERT (1990) fez uma revisão bibliográfica onde vários métodos de treinamento foram aplicados com o intuito de verificar qual deles era o mais eficiente para o desenvolvimento da capacidade de salto vertical. Os resultados são pouco conclusivos pela grande diversidade das condições experimentais e pelo estado de

treinamento da população utilizada. Apesar de todos os problemas metodológicos citados, há uma tendência, em todos os trabalhos, para uma melhora da capacidade de salto vertical com o treinamento com pesos, e conseqüente, aumento da força máxima, mas não se pode estabelecer conclusões sobre o fato (relações de causa e efeito).

VIITASALO et al. (1981), estudando saltadores em altura de nível nacional, encontraram que a relação existente entre sete tipos de salto vertical e a força máxima isométrica concêntrica era baixa e em nenhuma das vezes alcançavam o nível de significância requerido.

HORTOBÁGYI et al. (1993) citaram que a diminuição da força não alterou a capacidade de salto vertical, sugerindo que não há relação entre a força e a capacidade de salto vertical.

VIITASALO (1982), comparando jogadores das seleções adultas masculinas de voleibol da Finlândia e antiga URSS, não encontrou correlações significantes entre a força máxima e vários tipos de medidas de salto vertical. Neste estudo, ele analisou o ataque e o bloqueio em relação à elevação do centro de gravidade, altura de alcance da (s) mão (s) e altura de contato com a bola, situações de saltos em profundidade, partindo da posição semi-agachada, assim como força máxima relativa das pernas e do tronco e dados antropométricos. VAN TKHY<sup>19</sup> apud VIITASALO et al. (1982), já nesta época, reportou que as características de força x tempo tinham mais relação com a capacidade de salto vertical do que a força máxima.

Por outro lado, alguns autores se preocuparam com o tempo para mobilizar a força necessária para a execução de um movimento, e não a correlação entre a capacidade de salto vertical e a força máxima (KOMI, 1988; PITMAN & PETERSON, 1989).

DOWLING & VAMOS (1993), KOMI (1984b, 1988), VIRU & VIRU (1993) e VIITASALO & AURA (1984) também citaram que a capacidade de salto vertical tem

---

<sup>19</sup> K. Van Tkhy. Factors conditioning jumping height of volleyball players, *Teoriya i Praktika Fizicheskoi Kultury*, v.4, p.18-20, 1971.

grande dependência da capacidade que os músculos têm de gerar força rapidamente.

WILSON et al. (1996) citaram que o aumento da força máxima não significa um aumento na capacidade de gerar força rapidamente. SALE (1988, 1992) concorda com esta afirmação dizendo que os ganhos de força em baixa velocidade não são transferidos para o mesmo movimento realizado em alta velocidade, assim como YOUNG et al (1995) encontrou resultados indicando a especificidade do treino de força.

A geração de força máxima, e o tempo para sua produção, podem ser considerados como os fatores externos (avaliados em nível macro) mais importantes para a capacidade de salto vertical.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local**

Os testes foram realizados na Divisão de Medicina de Reabilitação da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, onde está instalado o dinamômetro isocinético Cybex 6000.

Todos os testes foram aplicados pela pessoa responsável pela utilização do dinamômetro isocinético da referida Divisão e pelo pesquisador.

### **4.2 Amostra**

A amostra deste estudo foi composta por 32 jogadores de voleibol, que disputavam campeonatos na temporada 96/97, em nível estadual e nacional.

Os indivíduos estavam em boas condições físicas, sem nenhum impedimento médico para a realização dos testes, sendo que estas condições foram fornecidas pelos responsáveis das equipes que representaram esta amostra.

### 4.3 Instrumentos utilizados para os testes

- Aparelho para o teste da capacidade de salto vertical "ergo jump".
- Aparelho para o teste da força motora "Dinamômetro Isocinético Cybex 6000."

### 4.4 Coleta de dados

A coleta de dados foi feita em fase única, na referida Divisão, onde foram realizados, primeiramente, os testes de salto vertical, e após estes os testes de força no dinamômetro isocinético, primeiramente na articulação do joelho e após na do quadril.

Os resultados dos testes de capacidade de salto vertical foram anotados em fichas específicas, enquanto os testes de força tiveram seus resultados fornecidos por ficha específica do próprio "software" acoplado ao dinamômetro isocinético. Todos os dados brutos estão apresentados no ANEXO I.

### 4.5 Descrição dos testes

Foi realizado um aquecimento prévio ao início dos testes de 5', sendo 3' de aquecimento geral realizado em bicicleta ergométrica, com carga de 1,5 Kp, logo após 2' de alongamentos estáticos, ativos, para os grupos musculares dos membros inferiores e alguns saltos de aquecimento.

#### 4.5.1 Teste de salto vertical

Para medir a capacidade de salto vertical (altura de elevação do CG) dos indivíduos, utilizou-se o aparelho "ergo jump" (tapete composto de circuitos eletrônicos que mede o tempo que o indivíduo fica sem contato com o mesmo, durante a execução do salto), e após isto, utiliza um pequeno software acoplado ao

aparelho que usa as equações propostas por Bosco et al. (1995), onde foi calculada a altura de elevação do CG em centímetros ( $h = t^2 \times g \times 8^{-1}$ ), com precisão de uma casa decimal.

Foram utilizadas três técnicas para a execução dos saltos verticais:

#### 4.5.1.1 Salto partindo da posição de semi-agachamento (SJ)

Os indivíduos se posicionaram em pé, em cima do tapete, pés paralelos, mãos no quadril, os joelhos flexionados a 90 graus (medidos através de um goniômetro manual, colocado com seu centro de rotação na linha inter condilar lateral do joelho direito). O grau de flexão do tronco não foi controlado, ficando a critério do próprio indivíduo. Ao indivíduo não foi permitido a execução de nova flexão do joelho, devendo este partir da posição pré determinada para o salto vertical.

#### 4.5.1.2 Salto com contra movimento (CMJ)

Os indivíduos se posicionaram em pé, em cima do tapete, pés paralelos, mãos no quadril. Neste teste foi permitido utilizar a flexão e extensão dos membros inferiores livremente.

#### 4.5.1.3 Salto com contra movimento e auxílio dos membros superiores (CMJA)

Os indivíduos se posicionaram em pé, em cima do tapete, pés paralelos, com os membros superiores podendo ajudar na execução livremente, da mesma forma que a flexão e extensão dos membros inferiores.

Para efeito dos cálculos estatísticos foi utilizado o melhor salto das três tentativas que foram realizadas em cada técnica de salto vertical. As três técnicas de saltos verticais possuem fidedignidade intraclassa ótima (na ordem de apresentação dos saltos)  $r=0,95$ ,  $r=0,99$ , e  $r=0,99$ , (estudo piloto realizado anteriormente).

Os testes de salto vertical realizados em aparelhos que utilizem o tempo de voo como forma de calcular a altura de elevação do CG, devem fazer com que o CG

do executante esteja na mesma altura no momento da decolagem e da aterrissagem, isto só pode ser garantido através de análises cinemáticas que selecionariam as tentativas mecanicamente corretas, fazendo com que o estudo ganhasse grande complexidade metodológica (aumentando a validade interna), perdendo o seu caráter mais aplicado. Os estudos que utilizam a plataforma de força enfrentam o mesmo problema e, consideram isto, como parte do erro sistemático da medida. MIL HOMENS (1987) calculou a validade concorrente do "ergo jump" através de dados obtidos pela plataforma de força, teste este aceito pela literatura, e encontrou um valor de  $r = 0,99$ , indicando que os dois testes medem a mesma coisa.

#### 4.5.2 Teste de força motora

Os dinamômetros isocinéticos existentes no Brasil não permitem movimentos pluriarticulares, como ROBERTSON & FLEMING (1987) sugeriram que as articulações do quadril e joelho são grandes responsáveis pela potência gerada para o salto vertical, ambas foram selecionadas para o presente estudo.

A avaliação de força motora foi feita através de testes isocinéticos, para as articulações do quadril e do joelho. Apesar do dinamômetro isocinético ser ativo (realiza ações concêntricas e excêntricas, diferente dos dinamômetros passivos que realizam somente ações musculares concêntricas), só foram utilizadas as ações musculares concêntricas, porque nas ações musculares excêntricas, em dados obtidos através de estudo piloto, atletas que geravam grande torque excêntrico, faziam com que o dinamômetro abortasse a tentativa por não ter capacidade de medir o torque produzido. As unidades de medida obtidas pelo dinamômetro seguem os padrões da mecânica clássica para as variáveis obtidas.

Os testes foram feitos nas velocidades angulares de 180, 240, e 300 graus por segundo, por apresentarem melhores correlações com a capacidade de salto vertical, como observado em estudos prévios de BARBANTI et al. (1995) e TRICOLI et al. (1995a,b).

As velocidades foram apresentadas para os indivíduos na ordem da mais lenta para a mais rápida, com três tentativas sub-máximas como forma de aquecimento e adaptação para cada nova velocidade. Após as tentativas submáximas, o testando realizou quatro tentativas máximas para cada velocidade, com intervalo de um minuto entre elas (cada velocidade), seguindo os padrões apresentados em DVIR (1995) e PERRIN (1993).

Foi realizada, primeiramente, o teste da articulação do joelho, com intervalo de três minutos entre cada membro testado e, após 15 minutos, o teste da articulação do joelho com o mesmo intervalo entre os membros.

Os dados foram corrigidos pela influência da gravidade na ação do segmento testado, como também pelo peso do membro testado, de acordo com a rotina pré estabelecida pelo software do próprio dinamômetro. A calibragem do aparelho foi realizada antes de cada dia de realização dos testes.

#### 4.5.2.1 Teste de força motora da articulação do joelho

O indivíduo ficava sentado em cadeira ajustável, própria do dinamômetro isocinético, com o membro inferior testado fixo na altura da coxa por uma cinta de estabilização. A articulação avaliada teve o seu eixo de rotação, a linha intercondilar lateral do membro inferior testado, alinhada com o eixo de rotação do aparelho, e o braço de alavanca do aparelho fixado em nível do maléolo medial.

O movimento foi realizado em uma amplitude de aproximadamente 90 graus, partindo da máxima flexão da articulação até a extensão completa da mesma.

O tronco do testando foi fixado por cinto de segurança próprio do dinamômetro, tendo os membros superiores fixados lateralmente à cadeira em local apropriado, e o membro inferior não testado fixado em local próprio, em nível de tarso.

#### 4.5.2.2 Teste de força motora da articulação do quadril

O indivíduo ficava em decúbito dorsal, em banco próprio do dinamômetro isocinético, para a execução do teste. O seu tronco foi fixado por cintas de estabilização, assim como o membro inferior não testado. Os membros superiores foram fixados em locais próprios situados lateralmente à cama de teste. O membro inferior testado foi flexionado maximamente, em nível da articulação do quadril, com o eixo de rotação da articulação, considerado pelo fabricante do dinamômetro isocinético; o trocanter maior do fêmur, alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro, e o braço de alavanca do dinamômetro colocado anteriormente à articulação do joelho (que estava flexionada) próximo ao início da patela, praticamente sobre o tendão patelar. O movimento de flexão do quadril teve uma amplitude aproximada de 120°, pois dependia do grau de flexibilidade das articulações dos indivíduos e foi executado com as articulações do joelho e quadril flexionadas. Já o movimento de extensão do quadril foi limitado à horizontal por causa do impedimento mecânico causado pela cama de teste, só que não só a articulação do quadril se estendia, mas também a do joelho, pois este movimento devia ser executado na forma de um "coice", por recomendação do fabricante.

#### 4.6 Análise dos dados

Para a análise dos dados foi utilizado o pacote estatístico MINITAB for WINDOWS®, com a técnica estatística "forward stepwise". O nível de significância utilizado para a elaboração dos modelos de predição foi de  $p \leq 0,05$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo foram apresentados em duas etapas. Na primeira delas, a amostra foi caracterizada em relação às variáveis antropométricas, aos resultados obtidos nos testes de salto vertical e de força motora das articulações do joelho e quadril. Algumas das variáveis puderam ser discutidas com dados obtidos pela literatura, enquanto em outras não foram encontrados valores referência para tal, principalmente para algumas das variáveis de força, mas que foram utilizadas na análise estatística para elaboração das equações de predição da capacidade de salto vertical. Já na segunda etapa, apresentou-se as equações preditivas da capacidade de salto vertical nas três técnicas utilizadas, através dos testes de força realizados.

### 5.1 Caracterização da amostra

Essa amostra caracterizou-se por uma baixa média de idade 18,59 anos, fator que não provocou grande alteração no valor médio de estatura, apesar de muitos desses indivíduos ainda não terem completado o processo de crescimento e desenvolvimento. A média de 192,3 cm mostra que não há, aparentemente, grande diferença entre esta amostra e os estudos que caracterizaram a população de jogadores de voleibol de elite. SMITH et al. (1992) encontraram 193 cm para o time nacional e 194 cm para a equipe da Universiade do Canadá. VIITASALO et al. (1987) analisaram a equipe nacional da Finlândia e encontraram 195 cm de média. O mesmo VIITASALO (1982) encontrou na equipe da antiga União Soviética uma média de 193 cm; (CALDEIRA & MATSUDO, 1986) apresentaram 193 cm de média, para a equipe nacional brasileira; MCGOWN et al. (1990) encontraram 192,6 cm de média para a seleção americana e TRICOLI (1994) encontrou uma média de 188,5 cm, num estudo com jogadores de nível médio regional do Brasil, e ainda juvenis.

No voleibol atual, a estatura é uma das variáveis mais consideradas pelos técnicos para se indicar o futuro de uma equipe nesta modalidade. Isto até certo ponto é verdadeiro, pois na amostra do estudo 50% dos jogadores fazem ou fizeram parte de alguma das seleções nacionais, demonstrando o alto nível técnico dos componentes dessa amostra, que são o primeiro ou segundo colocados em seus níveis de competição.

TABELA 1 - Características antropométricas dos jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).

Variáveis	Média	D.P.	V.Max.	V.Min.
Estatura (cm)	192,3	7,7	208,0	176,0
Idade (anos)	18,6	3,2	28,0	15,1
Peso (kg)	83,5	11,1	101,8	60,1

Os resultados dos testes de capacidade de salto vertical revelaram valores médios abaixo do esperado para jogadores de elite desta modalidade, mas muito bons se for considerado, novamente, a idade média dos indivíduos, fato que indica a não finalização de suas fases de crescimento, assim como um período de tempo muito restrito para o desenvolvimento máximo da capacidade motora potência, envolvida nas ações de salto vertical.

Pela diversidade de métodos em que essas medições podem ser executadas (teste de saltar e alcançar, saltos na plataforma de força, aparelho "jump meter", "ergo jump", etc.), pelos diversos protocolos em que os saltos podem ser realizados e pelo controle de erro utilizado, os resultados não podem ser comparados eficientemente. Somente os valores obtidos na plataforma de força

podem ser comparados aos valores obtidos no "ergo jump", se for utilizado o mesmo protocolo, pois este aparelho e a plataforma de força possuem validade concorrente de 0,99 (MIL HOMENS, 1987). Este fato pode ser bem demonstrado no estudo de VINT & HINRICHS (1996), onde foi encontrado que no teste de saltar e alcançar a altura do vôo representava apenas 17% do resultado final do salto (da sua variância total), sendo a porcentagem restante representada por outros fatores.

Estudos como os dos autores abaixo podem ser analisados por utilizarem metodologias apropriadas para tal. HÄKKINEN (1991) utilizou somente o SJ e o CMJ em jogadores de basquetebol, sendo que o valor médio para o SJ foi de 41,5 cm e para o CMJ 43,9 cm; BOSCO et al. (1995), encontraram em atletas de atletismo valores de 42,7 e 48,4 cm (SJ e CMJ respectivamente); BOBBERT et al. (1996), encontraram para jogadores da seleção alemã de voleibol, valores médios de 44,7 cm e 48,1 cm, mas neste estudo o CMJ foi executado com o mesmo ângulo de flexão das articulações utilizados para o SJ. BOBBERT & VAN SOEST (1994), analisando jogadores da principal divisão do voleibol alemão encontraram um valor de 45,0 cm para o SJ, única técnica de salto utilizada no estudo. Já BAKER (1996) aponta valores de 37,2 cm para o SJ e 43,4 cm para o CMJ como valores normativos para a modalidade e, finalmente, KOMI & BOSCO (1978) encontraram os mesmos valores citados por Baker. Os estudos que analisaram o efeito do uso dos membros superiores não utilizaram atletas, mas sim, homens fisicamente ativos, HARMAN et al. (1990) encontraram valores de 27,4 cm para o SJ e 29,1 cm para o CMJ e 35,3 cm para o CMJA, enquanto ARAGÓN-VARGAS & GROSS (1997a,b) encontraram valores médios de 52 cm e 43,9 cm para o CMJA respectivamente.

**TABELA 2 - Valores descritivos das três técnicas de salto vertical (SJ, CMJ e CMJA), médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.), valores mínimos (v.min.) e coeficientes de variabilidade (C.V.).**

valores descritivos	SJ	CMJ	CMJA
média (cm)	39,5	43,3	51,6
desvio padrão (cm)	4,5	4,6	5,8
v.max. (cm)	48,6	51,6	63,3
v.min. (cm)	27,3	32,0	39,5
c.v. (%)	11,4	10,3	11,2

O valor médio encontrado para a diferença percentual entre o SJ e o CMJ parece estar no limite inferior do indicado pela literatura (10 a 20%). Este fato pode estar relacionado à fase de treinamento em que os atletas se encontravam, pois eles não estavam realizando treinos específicos para o desenvolvimento da capacidade de salto vertical. Já a diferença percentual entre o CMJA e o CMJ foi muito acima da citada pela literatura (5%), fato que pode estar ligado à especificidade do gesto esportivo, que exige muito a utilização dos membros superiores coordenados (auxiliando) com o salto vertical, na realização das ações de ataque (TABELA 3).

TABELA 3 - Valores percentuais de diferenças entre CMJ/SJ  $(cmj-sj/sj)*100$  e CMJA/CMJ  $(cmja-cmj/cmj)*100$ , médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).

valores percentuais	CMJ/SJ	CMJA/CMJ
média (%)	9,9	19,3
d. p. (%)	7,2	5,9
v.max. (%)	26,3	31,9
v.min. (%)	-12,3	7,3

As TABELAS 4,5,6 e 7 apresentam os valores obtidos para os músculos extensores do quadril, nos testes isocinéticos para os valores obtidos de pico de torque, trabalho total, potência média e TAE. Estes valores não podem ser comparados com outros dados, pois não se encontram na literatura valores normativos, ou referência, para esta articulação.

TABELA 4 - Valores descritivos de pico de torque gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.), valores mínimos (v.min.) e coeficientes de variabilidade (c.v.).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (N/m)	342,4	341,7	314,1	384,3	367,5	345,4
d.p. (N/m)	94,4	89,0	83,1	86,0	75,9	75,3
v.max. (N/m)	583,0	551,0	495,0	557,0	523,0	514,0
v.min. (N/m)	167,0	195,0	174,0	254,0	244,0	213,0
c.v. (%)	40,6	31,1	35,9	36,7	33,1	37,3

TABELA 5 - Valores descritivos de trabalho gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (J)	295,4	290,6	250,8	314,2	300,1	265,2
d.p. (J)	114,6	87,0	76,1	107,6	91,2	75,0
v.max. (J)	599,0	523,0	420,0	555,0	483,0	420,0
v.min. (J)	141,0	163,0	115,0	142,0	185,0	145,0

TABELA 6 - Valores descritivos de potência média gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (W)	443,4	555,3	579,0	483,9	566,7	607,6
d.p. (W)	152,7	152,1	172,7	142,6	174,1	178,4
v.max. (W)	778,0	885,0	888,0	785,0	856,0	1028,0
v.min. (W)	221,0	306,0	297,0	254,0	134,0	326,0

TABELA 7 - Valores descritivos do TAE gerados pelas articulações dos quadris direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (J)	94,1	122,7	129,9	105,5	128,5	137,9
d.p. (J)	28,1	32,3	35,0	25,7	27,3	29,2
v.max. (J)	175,6	212,9	221,5	165,2	180,9	213,5
v.min. (J)	41,1	72,3	63,9	64,0	86,0	91,5

Valores normativos para os testes isocinéticos, para articulação do joelho, ainda não estão muito bem definidos para jogadores de voleibol, mas pode-se obter valores referência com outras amostras como ROCHCONGAR et al. (1988), que encontraram valores de 146 N.m de pico de torque na velocidade angular de 180°/s, para jogadores de futebol profissional. ÖBERG et al. (1986), também analisando jogadores de futebol de alto nível, encontraram valores de 183 N.m, na mesma velocidade angular; GHENA et al. (1991), avaliaram jogadores de futebol, futebol americano, baseball, atletismo, tênis e basquetebol e encontraram valores médios de 145,8 N.m, só que na velocidade angular de 300°/s. Em homens fisicamente ativos KANNUS & BEYNNON (1993) encontraram valores médios de 117 N.m, para a velocidade de 180°/s.

Os valores encontrados neste estudo estão um pouco acima dos citados na literatura (apresentados na TABELA 8), indicando que estes atletas têm um elevado nível de força, apesar de alguns dos indivíduos desta amostra não terem completado

seu processo de crescimento e desenvolvimento, podendo ainda ter um aumento nos níveis de força simplesmente pela maior capacidade anabólica obtida na puberdade, as custas de uma maior produção de testosterona e hormônio de crescimento, (KRAEMER et al., 1996).

TABELA 8 - Valores descritivos de pico de torque gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.), valores mínimos (v.min.) e coeficientes de variabilidade (c.v.).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (N/m)	209,6	190,1	175,4	208,1	187,1	174,8
d.p. (N/m)	38,9	35,0	34,0	39,9	34,8	33,7
v.max. (N/m)	275,0	255,0	233,0	283,0	262,0	256,0
v.min. (N/m)	144,0	134,0	118,0	121,0	122,0	117,0
c.v. (%)	17,1	17,3	20,1	17,6	12,7	19,4

A literatura não apresenta os valores de trabalho total (TABELA 9) produzido em suas amostras, ficando os presentes dados como valores referência para futuros estudos, assim como os do TAE, apresentados na TABELA 11.

TABELA 9 - Valores descritivos de trabalho gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max) e valores mínimos (v.min.).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (J)	233,5	203,3	174,6	225,8	200,0	172,4
d.p. (J)	48,2	39,8	36,0	37,5	34,4	30,1
v.max. (J)	313,0	270,0	244,0	277,0	262,0	225,0
v.min. (J)	160,0	141,0	111,0	146,0	132,0	121,0

A potência muscular média obtida através de testes isocinéticos foi objeto de estudo de TRICOLI (1994), onde foram avaliados jogadores de basquetebol que obtiveram valores médios de 749,75; 847,08 e 951,83 (W), respectivamente para as velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, e para jogadores de voleibol que obtiveram médias de 697,00; 788,15 e 910,15 (W) para as mesmas velocidades angulares. Só que estes valores representam a somatória da potência média dos membros inferiores direito e esquerdo; para se ter o valor aproximado da potência média obtida pelos membros inferiores separadamente estes valores devem ser divididos por dois, indicando assim valores próximos aos obtidos na presente amostra.

TABELA 10 - Valores descritivos de potência média gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (W)	404,3	420,2	459,3	391,4	433,5	454,6
d.p. (W)	85,3	131,3	101,2	66,1	90,1	89,3
v.max. (W)	527,0	602,0	660,0	511,0	619,0	680,0
v.min. (W)	273,0	107,0	281,0	246,0	255,0	292,0

TABELA 11 - Valores descritivos do TAE gerados pelas articulações dos joelhos direito e esquerdo, nas velocidades angulares de 180, 240 e 300°/s, para jogadores de voleibol do sexo masculino, médias, desvios padrão (d.p.), valores máximos (v.max.) e valores mínimos (v.min.).

valores descritivos	direita			esquerda		
	180°/s	240°/s	300°/s	180°/s	240°/s	300°/s
médias (J)	55,8	71,9	82,1	54,0	69,8	81,0
d.p. (J)	9,8	12,7	15,1	33,9	12,9	15,4
v.max. (J)	73,8	97,5	105,8	82,8	97,2	121,6
v.min. (J)	41,2	45,5	57,1	33,9	46,0	55,1

## 5.2 Equações de predição da capacidade de salto vertical

Para elaboração dos modelos de predição das três técnicas de salto vertical, todas as variáveis de força foram colocadas a fim de serem incluídas no modelo, como possíveis variáveis X (independente).

Articulação do joelho (esquerda e direita):

- torque à 180, 240 e 300°/s
- trabalho total à 180, 240 e 300°/s
- potência média à 180, 240 e 300°/s
- TAE à 180, 240 e 300°/s

Articulação do quadril (esquerda e direita):

- torque à 180, 240 e 300°/s
- trabalho total à 180, 240 e 300°/s
- potência média à 180, 240 e 300°/s
- TAE à 180, 240 e 300°/s

As três técnicas de salto vertical - SJ, CMJ e CMJA - foram consideradas como variáveis Y (dependente).

Foram elaboradas três equações preditivas, uma para cada das variáveis Y, onde as variáveis X podiam entrar em mais de um modelo, pois elas não eram excluídas quando eram inclusas em algum deles. Somente as variáveis que apresentaram um C.V. superior a 30% (indicando que os dados não tendem a uma distribuição normal) não foram incluídas no modelo, por não poder considerar os dados fidedignos, com variabilidade maior do que este valor. Trabalhos como os de ARAGÓN-VARGAS & GROSS (1997a,b) e WEISS et al. (1997) utilizaram o mesmo procedimento na seleção das variáveis a serem incluídas nos modelos.

A técnica estatística "forward stepwise" coloca as variáveis independentes uma a uma no modelo, quando uma variável independente é inclusa ela divide o seu efeito com as outras já presentes. Um fator muito importante neste processo, é que as variáveis independentes não sejam altamente correlacionadas, pois se forem, a

variância parcial compartilhada por elas irá reduzir a contribuição para o modelo, da segunda variável a ser introduzida, fenômeno chamado de multicolineariedade, produzindo um valor de  $r^2$  (coeficiente de determinação) irreal.

As variáveis obtidas através dos testes isocinéticos possuem correlações de moderadas para altas, pois todas elas são derivadas da curva de torque obtida, assim como o espectro de velocidades utilizado é restrito, fazendo com que elas também tenham alta correlação. Como a técnica estatística utilizada é sensível às variáveis altamente correlacionadas, todas elas podiam entrar no modelo, somente sendo excluídas aquelas que possuíam C.V. elevado, como citado anteriormente.

#### EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO PARA A TÉCNICA DE SALTO, SJ

$$SJ = 27,19 + 0,0284 \times jep\ 240 \text{ (potência joelho esquerdo a } 240^\circ/\text{s)}$$

$$r^2 = 0,32 \quad p = 0,001 \text{ (variável que entrou no modelo)}$$

$$s = 3,7 \text{ cm (erro padrão da estimativa)}$$

#### EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO PARA A TÉCNICA DE SALTO, CMJ

$$CMJ = 32,69 + 0,023 \times jdp\ 300 \text{ (potência joelho direito a } 300^\circ/\text{s)}$$

$$r^2 = 0,27 \quad p = 0,002 \text{ (variável que entrou no modelo)}$$

$$s = 3,8 \text{ cm (erro padrão da estimativa)}$$

#### EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO PARA A TÉCNICA DE SALTO, CMJA

$$CMJA = 33,55 + 0,09 \times jew\ 240 \text{ (trabalho total joelho esquerdo a } 240^\circ/\text{s)}$$

$$r^2 = 0,29 \quad p = 0,002 \text{ (variável que entrou no modelo)}$$

$$s = 4,9 \text{ cm (erro padrão da estimativa)}$$

As equações para as três técnicas de salto vertical utilizaram inicialmente variáveis de força das articulações do joelho e do quadril. As primeiras variáveis a

entrarem no modelo foram as de força da articulação do joelho, seguidas por variáveis de força da articulação do quadril, só que estas foram excluídas por apresentarem coeficientes de variabilidade médios superiores a 30% (TABELA 4), indicando que estes dados possuem uma dispersão relativa elevada, pressupondo uma baixa fidedignidade do teste. As causas mais prováveis para tal fato foram que os movimentos executados eram desconhecidos para todos os indivíduos e deveriam ter sido executadas sessões de treinamento prévias para que houvesse a estabilização da performance.

A correlação mais elevada entre as derivadas da força da articulação do quadril, obtidas nos testes isocinéticos, e as três técnicas de salto vertical foi de  $r = 0,26$  (para a potência do quadril direito a  $300^\circ/s$ ), com um coeficiente de determinação igual a 0,07, indicando que muito pouco da variância do salto vertical é explicada pela força da articulação do quadril obtida no dinamômetro isocinético. Isto está em desacordo com os estudos citados anteriormente (PANDY & ZAJAC, 1991; ROBERTSON & FLAMING, 1987) onde os músculos vastos e glúteos eram os que mais produziam força para a execução deste tipo de salto e que a articulação do quadril era a que mais contribuía para a realização do trabalho total executado no salto vertical. Este fato sugere a inadequação do exercício e protocolo utilizado para o teste de força da articulação do quadril, indicando que a força gerada, neste teste, não é a mesma que é utilizada para as ações de salto vertical.

Com isto os modelos foram elaborados apenas com variáveis de força da articulação do joelho, indicando que esta articulação, com os testes isocinéticos realizados, possuem uma maior correlação (a máxima correlação foi atingida para a potência produzida pela articulação do joelho esquerdo a  $240^\circ/s$ , com  $r = 0,57$ ) com o salto vertical.

Nos modelos elaborados para as três técnicas de salto vertical somente uma variável de força da articulação do joelho foi introduzida em cada um deles. Este fato confirma que as variáveis obtidas nos testes isocinéticos são bem correlacionadas e a técnica estatística foi eficiente em evitar a multicolineariedade.

Através dos resultados obtidos, pode-se observar que não houve uma

variável (torque, trabalho total, potência média e TAE) em que a correlação fosse elevada e comum às três técnicas de salto vertical, mas a potência média foi incluída em duas equações sugerindo que, para esta amostra, esta variável seja a melhor preditora da capacidade de salto vertical. A mesma tendência foi apresentada em duas das equações onde a velocidade de 240°/s foi selecionada e, em uma delas a de 300°/s, isto está de acordo com os estudos de BARBANTI (1995) e TRICOLI (1995a,b), onde os testes realizados com altas velocidades angulares possuíam maiores correlações com a capacidade de salto vertical.

Em relação ao membro inferior, que tinha maior importância para a capacidade de salto vertical, o mesmo padrão da variável de força e de velocidade angular foi encontrado, em dois dos modelos o membro inferior esquerdo foi incluído, e no outro, o direito.

A técnica de salto vertical que pode ser melhor prevista pelo teste isocinético foi a SJ, isto está de acordo com o referencial teórico exposto anteriormente, pois na sua execução não é utilizado o reflexo de estiramento nem o CAE, por eliminar a ação excêntrica (BAKER, 1996; KOMI, 1984a; KOMI & BOSCO, 1978; SIFF, 1994), dependendo exclusivamente da capacidade que o indivíduo tem de gerar força concentricamente. A equação elaborada para a técnica de salto SJ foi a mais adequada para prever a capacidade de salto vertical, apesar de que seu valor de  $r^2 = 0,32$  é muito baixo. O erro padrão da estimativa de  $s = 3,7$  cm apenas representa a variabilidade da medida e que os valores preditos não são tão discrepantes dos reais, mas o que é mais importante ressaltar é que a variável independente selecionada para este modelo, explica muito pouco o resultado da variável dependente.

De acordo com o referencial teórico exposto anteriormente, quanto maior a complexidade coordenativa do salto, assim como os aspectos fisiológicos e mecânicos que possam auxiliar numa maior elevação do CG, menor deveria ser o valor de  $r^2$  para aquela variável dependente, pois utilizam uma única variável para tentar explicar a variância total de uma ação tão complexa. Isto não aconteceu com esta amostra, onde o valor de  $r^2$  obtido para o CMJA de 0,29 é maior que o  $r^2 = 0,27$

do CMJ, e o valor de  $r^2 = 0,32$  para o SJ representa alterações percentuais muito pequenas na explicação da variância total destas técnicas de salto vertical.

VAN INGEN SCHENAU et al. (1985) e VAN SOEST et al. (1985) indicaram um fator que pode ter diminuído a importância dos testes de força para a elaboração dos modelos, pois a força produzida pelos membros inferiores isoladamente é maior que a metade da força produzida em movimentos bi-laterais (força bi-lateral máxima / 2), sugerindo que a força utilizada em movimentos desse tipo não pode ser recrutada na capacidade máxima dos segmentos, produzindo um grande contraste, pois os testes de força foram unilaterais e os movimentos de salto vertical bilaterais, e também, Siff (1994) citou que o padrão de produção de força em movimentos bi-laterais é diferente dos unilaterais.

ARAGÓN- VARGAS & GROSS (1997a,b) elaboraram um modelo teórico das variáveis envolvidas na execução do salto vertical, onde cada nível dos quadros significa um tipo de análise, sendo que quanto mais inferior o nível dos quadros na FIGURA 12, mais restrito é a análise envolvendo um número cada vez menor de variáveis intervenientes que estarão sendo englobadas.

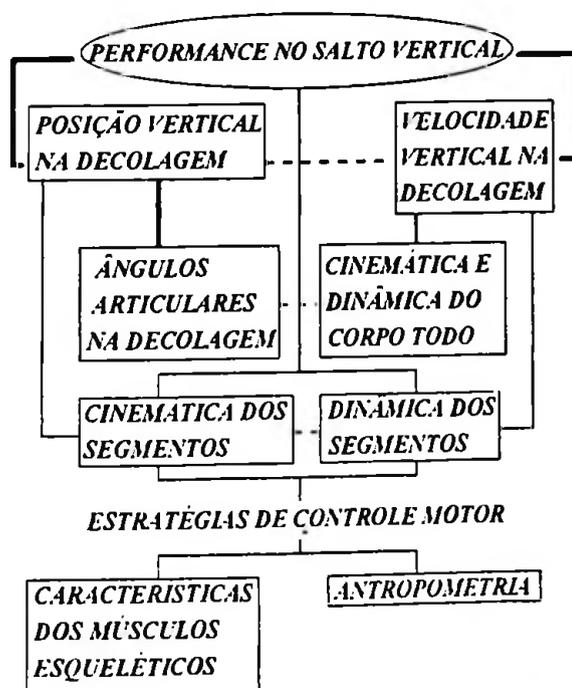


FIGURA 12 - Modelo teórico da performance no salto vertical (ARAGÓN- VARGAS & GROSS, 1997a,b).

Os testes de força usados para o presente estudo, utilizaram somente os dois níveis inferiores das variáveis que influenciam no salto vertical, conforme a FIGURA 12. Os autores deste modelo teórico citaram que, quanto mais alto o nível de análise, maior será o número de variáveis importantes, para explicar a variância total da capacidade de salto vertical que estarão sendo englobadas. Isto explicaria os baixos valores de  $r^2$  encontrados nos modelos elaborados.

Para que os valores de  $r^2$  obtidos através de testes de força sejam elevados, os movimentos deverão ser mecanicamente próximos aos do salto vertical. Um exemplo deste fato é o estudo de WEISS et al. (1997), onde foram realizados testes isocinéticos, só que em um movimento pluriarticular (agachamento) e foi encontrado, para as variáveis de força obtidas, um  $r^2 = 0,64$  e um erro padrão da estimativa de 0,05 cm, fornecendo indicativos muito mais precisos para predição da capacidade de salto vertical do que os testes de força isocinéticos monoarticulares. YOUNG et al. (1995) citaram que as maiores correlações de testes de força com o salto vertical dependem da proximidade mecânica dos exercícios de força. WILSON et al. (1996) citaram que posturas diferentes na execução dos testes mudam o "input" neural para os músculos diminuindo a geração de força. Já ARAGÓN-VARGAS & GROSS (1997a,b), são mais radicais e citaram que testes de força isoinerciais, isométricos e isocinéticos não são bons preditores da capacidade de salto vertical, pela diversidade das ações motoras em relação ao movimento do salto vertical.

MURPHY & WILSON (1997) citaram que a variância comum entre os testes de força e o salto vertical varia entre 25 e 74%, indicando que aproximadamente 50% da variância total destas ações ainda fica inexplicada, mostrando a inadequação dos modelos que avaliam a função muscular tentando explicar a performance motora.

ABERNETHY et al. (1995) citaram outros fatores que podem ter influenciado na baixa correlação entre os testes de força e o salto vertical:

a) a velocidade angular das articulações nos testes de força deve ser próxima à das ações de salto vertical. ARAGÓN-VARGAS & GROSS (1997a)

encontraram uma velocidade angular das articulações dos joelhos no salto vertical próxima à  $800^\circ/s$ , e a velocidade angular máxima utilizada nos testes isocinéticos foi de  $300^\circ/s$ , além do fato de que os aparelhos isocinéticos não permitem acelerações do braço de alavanca, pois a velocidade é pré-determinada, sendo esta uma característica, somente, dos movimentos isoinerciais;

b) a mecânica do movimento do teste de força deve ser próxima à do salto vertical. Uma diferença básica é que, como já citado anteriormente, as ações de salto vertical são classificadas como de cadeia fechada, enquanto os testes isocinéticos das articulações do joelho e quadril são de cadeia aberta, onde não há um ponto fixo para a aplicação de força pelas extremidades corporais. Enquanto o salto vertical é pluriarticular, os testes de força foram monoarticulares;

c) as ações musculares dos testes de força devem ser próximas às do salto vertical. No caso do presente estudo, as ações musculares executadas foram só concêntricas, tendo uma proximidade maior somente com a técnica de salto SJ, mas que não ficou evidenciada por uma maior correlação, aumentando a sua importância para o modelo;

d) os valores de força são melhores detectados em testes que utilizem o mesmo tipo de resistência utilizado no treinamento. Os indivíduos que fizeram parte desta amostra não realizavam nenhum tipo de treinamento com exercícios isocinéticos, fazendo com que o nível de força das articulações tenha sido, talvez, sub-avaliado. Isto foi citado também por WILSON et al. (1996), onde o treinamento isoinercial não provocou alterações de força de extensão de joelho avaliada isocineticamente, fato que está de acordo com os estudos de WILSON et al. (1993) e WILSON & MURPHY (1995), onde foi encontrado que o efeito do treinamento isoinercial não pode ser avaliado isocineticamente, concordando com os estudos de ABERNETHY & JÜRIMÄE (1996) e MORRISSEY et al. (1995), onde citou-se que os efeitos do treinamento isoinercial não podem ser determinados isocineticamente, e sendo o contrário também verdadeiro. MURPHY & WILSON (1997) também encontraram que melhoras de força isoinerciais não podem ser detectadas isocineticamente.

A falta de controle da fase de treinamento dos atletas pode ter provocado alterações porque eles estavam em início de temporada e não realizavam treinos de força específicos para desenvolver a capacidade de salto vertical. Os treinos de força que estavam sendo realizados utilizavam somente baixas velocidades de movimento e sobrecargas elevadas. A perda de especificidade dos exercícios de treinamento fez com que os indivíduos não estivessem treinados para produzir força em movimentos rápidos, como era necessário para os testes isocinéticos.

ABERNETHY & JÜRIMÄE (1996) citaram outros dois aspectos importantes para os resultados do presente estudo, onde os testes de força não conseguiram discriminar os indivíduos com bom desempenho, pois para realizar testes com alta velocidade de movimento devem ser feitas várias repetições para garantir a reprodutibilidade, uma vez que, com o aumento da velocidade, os coeficientes de variabilidade dos testes aumentavam significativamente. KELLIS & BALZOPoulos (1995) também citaram que com o aumento da velocidade angular nos testes isocinéticos, a fidedignidade do mesmo segue um padrão inversamente proporcional.

Em relação as técnicas de salto CMJ e CMJA há uma possível explicação teórica para os valores de  $r^2$  encontrados, pois a curva força-velocidade normalmente encontrada, é alterada quando considerada a sua porção excêntrica pois, nesta fase, mesmo com altas velocidades de movimento a força não diminui e, a força produzida na fase concêntrica é aumentada, diferentemente dos testes isocinéticos que só utilizaram ações musculares concêntricas (PERRIN, 1993), enquanto os estudos de FUNATO et al. (1996) e WEISS et al. (1996) encontraram que a porção concêntrica da curva força-velocidade, em movimentos pluriarticulares, deixa de ser uma função parabólica para se tornar mais linear, mostrando que, em velocidades intermediárias, a força produzida é maior do que se supunha e que a curva força-velocidade para as ações de salto vertical tendem a uma função linear.

A tentativa das avaliações da função muscular, em relação a performance motora, de encontrar modelos preditivos, vem com a necessidade de quantificar o progresso no treinamento dos atletas. Como exemplo, se a correlação entre a força

motora e a ação de salto vertical for elevada, quanto maior fosse a força motora, maior seria a performance nas ações de salto, só que, MURPHY & WILSON (1997) sugerem que somente com correlações superiores a  $r = 0,90$  estes testes terão sensibilidade para consistentemente seguir a trilha da performance motora. Isto estaria de acordo com o modelo de performance do salto vertical de ARAGÓN-VARGAS & GROSS (1997a,b) onde foi citado que somente com níveis mais altos de análise, uma grande parte da variância total do salto poderia ser explicada e por conclusão uma melhor capacidade de seguir a trilha da performance motora.

Algumas perguntas ainda ficam sem respostas (entre muitas outras):

- 1) Qual a melhor forma de se avaliar a força motora?
- 2) Quanto de força é necessário para se obter tal resultado na performance motora (salto vertical)?
- 3) Será que quanto mais a força for aumentada, maior será o rendimento na performance motora?
- 4) Qual o efeito da fase de treinamento na performance motora?

## 6 CONCLUSÕES

1) Os testes isocinéticos monoarticulares parecem não ser bons preditores para a capacidade de salto vertical, pois as equações elaboradas tiveram uma capacidade de predição muito baixa para o salto vertical.

2) O baixo erro padrão da estimativa dos modelos elaborados não indica a eficiência dos mesmos, pois os testes isocinéticos explicam muito pouco da variância total das ações de salto vertical.

3) Apesar dos baixos valores de  $r^2$  encontrados, os testes de força realizados com velocidades altas parecem ter correlações mais elevadas com o salto vertical.

4) A baixa média de idade da amostra pode ter provocado alterações nos resultados que não puderam ser diagnosticadas.

5) A utilização de exercícios isocinéticos monoarticulares como método de treinamento é desaconselhada para modalidades esportivas que necessitem aumentar a capacidade de salto vertical.

6) Testes de força executados com alta velocidade devem ser realizados com um maior número de repetições para garantir a reprodutibilidade.

7) Novos estudos devem ser realizados utilizando exercícios pluriarticulares e com alta velocidade de execução, além de outros estudos que realizem a validação cruzada das equações encontradas.

8) Sempre que os movimentos a serem testados forem desconhecidos, sessões de treinamento para familiarização devem ser realizadas, para não provocar alta variabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNETHY, P.; WILSON, G.; LOGAN, P. Strength and power assessment issues, controversies and challenges. **Sports Medicine**, v.19, n.6, p.401-17, 1995.
- ABERNETHY, P.J.; JÜRIMÄE, J. Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, n.9, p.1180-7, 1996.
- ADAMS, K.; O'SHEA, J.P.; O'SHEA, K.L.; CLIMSTEIN, M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. **Journal of Applied Sport Science Research**, v.6, n.1, p.36-41, 1992.
- ANDERSON, F.C.; PANDY, M.G. Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. **Journal of Biomechanics**, v.26, n.12, p.1413-27, 1993.
- ARAGÓN-VARGAS, L.F.; GROSS, M.M. Kinesiological factors in vertical jump performance: differences among individuals. **Journal of Applied Biomechanics**, v.13, p.24-44, 1997.
- \_\_\_\_\_. Kinesiological factors in vertical jump performance: differences within individuals. **Journal of Applied Biomechanics**, v.13, p.45-65, 1997.
- BAKER, D. Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training: a brief review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.2, p.131-6, 1996.
- BARBANTI, V.J. **Treinamento físico: bases científicas**. São Paulo, CLR Balieiro, 1986.
- BARBANTI, V.J.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.A.A.; SHINZATO, G.T. Relação entre torque máximo no dinamômetro isocinético e a capacidade de salto vertical em jogadores de voleibol. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO DESPORTO DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 4., Coimbra, 1995. **Anais**. Coimbra, Universidade de Coimbra, 1995, p.c.d.10-19.

- ✓ BILLETTER, R.; HOPPLER, H. Muscular basis of strength. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap.3, p.39-63.
- BOBBERT, M.F. Drop jumping method for jumping ability. **Sports Medicine**, v.9, n.1, p.7-22, 1990.
- BOBBERT, M.F.; GERRITSEN, K.G.M.; LITJENS, M.C.A.; VAN SOEST, A.J. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v.28, n.11, p.1402-12, 1996.
- BOBBERT, M.F.; HUIJING, P.A.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Drop jumping I: the influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.19, n.4, p.332-8, 1987.
- \_\_\_\_\_. Drop jumping II: the influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.19, n.4, p.339-46, 1987.
- \_\_\_\_\_. A model of the human triceps surae muscle-tendon complex applied to jumping. **Journal of Biomechanics**, v.19, p.887-98, 1986.
- BOBBERT, M.F.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Coordination in vertical jumping. **Journal of Biomechanics**, v.21, p.249-62, 1988.
- \_\_\_\_\_. Isokinetic plantar flexion: experimental results and model calculation. **Journal of Biomechanics**, v.23, p.105-19, 1990.
- BOBBERT, M.F.; VAN SOEST, A.J. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.26, n.8, p.1012-20, 1994.
- BOSCO, C.; BELLI, A.; ASTRUA, M.; TIHANYI, J.; POZZO, R.; KELLIS, S.; TSARPELA, O.; FOTI, C.; MANNO, R.; TRANQUILLI, C. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, p. 379-86, 1995.

- BOSCO, C.; VIITASALO, J.T. Potentiation of myoelectric activity of human muscles in vertical jumps. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v.22, p.549-62, 1982.
- CALDEIRA, S.; MATSUDO, V.K.R. Estudo comparativo dos parâmetros de aptidão física em voleibolistas de alto nível. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 14., São Caetano do Sul, 1986. **Anais**. São Caetano do Sul, CELAFISCS, 1986. p.27.
- CALDWELL, G.E. Tendon elasticity and relative length: effects on the two-component muscle model. **Journal of Applied Biomechanics**, v.11, p.1-24, 1995.
- CAVAGNA, G.A. Storage utilization of elastic energy in skeletal muscle. **Exercise and Sport Science Review**, v.5, p.89-129, 1977.
- CAVANAGH, P.R. On "muscle action" vs "muscle contraction". **Journal of Biomechanics**, v.22, n.1, p.69, 1988.
- CLUTCH, D.; WILTON, M.; MCGOWN, C.; BRYCE, C.; REX, G. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.54, n.1, p.5-10, 1983.
- COOK, C.S.; McDONAGH, M.J.N. Measurement of muscle and tendon stiffness in man. **European Journal of Applied Physiology**, v.72, p.380-2, 1996.
- COX, H. Relationship between volleyball skill components and team performance of men's northwest "AA" volleyball teams. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.45, p.441-6, 1974.
- DOWLING, J.J.; VAMOS, L. Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. **Journal of Applied Biomechanics**, v.9, p.95-110, 1993.
- DVIR, Z. **Muscle testing, interpretation and clinical applications**. Singapore, Longman, 1995.

- EDGERTON, V.R.; ROY, R.R.; GREGOR, R.J.; RUGG, S. Morphological basis of skeletal muscle power output. In: JONES, N.L.; MCCARTNEY, N.; MCCOMAS, A.J., eds. **Human muscle power**. Champaign, Human Kinetics, 1986. Cap.4, p.43-64.
- EJEM, M.; HORAK, J. Selected findings from statistical analysis of individual play in Czechoslovakia championships. **Volleyball Technical Journal**, v.5, n.3, p.17-30, 1980.
- ENOKA, R.M. **Neuromechanical basis of Kinesiology**. Champaign, Human Kinetics, 1988. p.6-7, 204-6.
- EOM, H.J.; SCHUTZ, R.W. Statistical analyses of volleyball team performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.63, n.1, p.11-8, 1992a.
- \_\_\_\_\_. Transition play in team performance of volleyball: a log-linear analysis. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.63, n.3, p.261-9, 1992b.
- ETTEMA, G.J.C.; HUIJING, P.A. Properties of the tendinous structures and series elastic component of EDL muscle-tendon complex of the rat. **Journal of Biomechanics**, v.22, n.11/12, p.1209-15, 1989.
- \_\_\_\_\_. Skeletal muscle stiffness in static and dynamic contractions. **Journal of Biomechanics**, v.27, n.11, p.1361-8, 1994.
- FARO, A.M.M.A. **A especificidade da força muscular nos movimentos desportivos: um estudo em ginástica**. Coimbra, 1995. 162p. Tese (Doutorado) - Universidade de Coimbra.
- FITTS, R.H.; WIDRICK, J.J. Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. **Exercise and Sport Science Review**, v.24, p.427-73, 1996.
- FLECK, S.J.; CASE, S.; PUHL, J.; VAN HANDLE, P. Physical and physiological characteristics of elite women volleyball players. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, v.10, n.3, p.122-6, 1985.

- FOX, E.L.; BOWERS, R.W.; FOSS, M.L. **The physiological basis for exercise and sport.** Madison, Brow & Benchmark, 1993. Cap.5, p.94-135: Skeletal muscle: structure and function
- FUKASHIRO, S.; KOMI, P.V.; JÄRVINEN, M.; MIYASHITA, M. In vivo achilles tendon loading during jumping in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v.71, p.453-8, 1995.
- FUNATO, K.; MATSUO, A.; FUKUNAGA, T. Specific movement power related to athletic performance in weight lifting. **Journal of Applied Biomechanics**, v.12, p.44-57, 1996.
- GANS, C. Fiber architecture and muscle function. **Exercise and Sport Science Review**, v.10, p.160-207, 1982.
- GANS, C.; GAUNT, A.S. Muscle architecture in relation to function. **Journal of Biomechanics**, v.24, p. 53-65, 1991. Supplement 1.
- GHENA, D.R.; KURTH, A.L.; THOMAS, M.; MAYHEW, J. Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading. **JOSPT**, v.14, n.4, p.149-54, 1991.
- GLADDEN, L.B.; COLACINO, D. Characteristics of volleyball players and success in a national tournament. **Journal of Sports Medicine**, v.18, p.57-64, 1978.
- GORDON, J.; GHEZ, C. Muscle receptors and spinal reflexes: the stretch reflex. In: KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T.M., eds. **Principles of neural science.** Prentice-Hall, Appleton e Lange, 1991, p.564-79.
- GORDON, T.; PATTULLO, M.C. Plasticity of muscle fiber and motor unit types. **Exercise and Sport Science Review**, v.21, p.331-62, 1993.
- GREGOIRE, L.; VEEGER, H.E.; HUIJING, P.A.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Role of mono- and biarticular muscles in explosive movements. **International Journal of Sports Medicine**, v.5, p.301-5, 1984.

- GUYTON, A.C. **Fisiologia humana**. Rio de Janeiro, Interamericana, 1988. Cap.3, p.63-96: Unidade neuromuscular.
- HÄKKINEN, K. Force production characteristics of leg extensor, trunk flexor and extensor muscles in male and female basketball players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.31, n.3, p.325-31, 1991.
- HARMAN, E.A.; ROSENSTEIN, M.T.; FRYKMAN, P.N.; ROSENSTEIN, R.M. The effects of arms and counter movement on vertical jumping. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v.22, n.6., p.825-33, 1990.
- HILL, A.V. **First and last experiments in muscle mechanics**. Cambridge, Cambridge University Press, 1970.
- HOFFER, J.A.; ANDREASSEN, S. Regulation of Soleus stiffness in pre-mammillary cats. Intrinsic and reflex components. **Journal of Neurophysiology**, v.45, p.267-85, 1981.
- HOLCOMB, W. R.; LANDER, J.E.; RUTLAND, R.M.; WILSON, G.D. A biomechanical analysis of the vertical jump and three modified plyometric depth jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.2, p. 83-8, 1996a.
- \_\_\_\_\_. The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.2, p. 89-92, 1996b.
- HOLLMAN, W.; HETTINGER, Th. **Medicina do esporte**. São Paulo, Manole, 1989. Cap.1, p.3-122: Fundamentos do ato motor.
- HORTOBÁGYI, T.; HOUMARD, J.A.; STEVENSON, J.R.; FRASER, D.D.; JOHNS, R.A.; ISRAEL, R.G. The effects of detraining on power athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.25, n.8, p.929-35, 1993.
- HOY, M.G.; ZAJAC, F.E.; GORDON, M.E. A musculoskeletal model of the human lower extremity: the effect of muscle tendon, and moment arm on the moment-angle relationship of muscle-tendon actuators at the hip, knee, and ankle. **Journal of Biomechanics**, v.23, n.2, p.157-69, 1990.

- HUDSON, J.L. Coordination of segments in the vertical jump. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.18, n.2, p.242-51, 1986.
- HUIJING, P.A. Elastic potential of muscle. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992a. Cap.6d, p.151-68.
- \_\_\_\_\_. Mechanical muscles models. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992b. Cap.6c, p.130-50.
- HUXLEY, H.E. Molecular basis of contraction in cross-striated muscles. In: BOURNE, G.H. ed. **The Structure and Function of Muscle**. Academic Press, 1972. p.378.
- KANNUS, P.; BEYNNON, B. Peak torque occurrence in the range of motion during isokinetic extension and flexion of the knee. **International Journal of Sports Medicine**, v.14, p.422-6, 1993.
- KAO VAN TKHY. Factors conditioning jumping height of volleyball players. **Teoriya i Praktika Fizicheskoi Kultury**, v.4, p.18-20, 1971.
- KELLIS, E.; BALZOPoulos, V. Isokinetic Eccentric Exercise. **Sports Medicine**, v.19, n.3, p.202-22, 1995.
- KNUTTGEN, H.G.; KOMI, P.V. Basic definitions for exercise. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap.1, p.3-8.
- KOMI, P.V. Biomechanics and neuromuscular performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.16, n.1, p.26-8, 1984.
- \_\_\_\_\_. The musculoskeletal system. In: DIRIX, A.; KNUTTGEN, H.G.; TITTEL, K., ed. **The Olympic book of sports medicine**. Oxford, Blackwell Scientific, 1988, Cap. 2, p. 15-88.
- \_\_\_\_\_. Physiological and biomechanical correlates of muscles function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. **Exercise and Sport Science Review**, v.12, p.81-121, 1984.

- \_\_\_\_\_. Stretch-shortening cycle. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap. 6e, p.169-79.
- \_\_\_\_\_. The stretch-shortening cycle and human power output. In: JONES, N.; MCCARTNEY, N.; MCCOMAS, A.J., eds. **Human muscle power**. Champaign, Human Kinetics, 1986. Cap.3, p.27-40.
- KOMI, P.V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.10, n.4, p.261-5, 1978.
- KRAEMER, W.J.; FLECK, S.J.; EVANS, W.J. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. **Exercise and Sport Science Review**, v. 24, p.363-97, 1996.
- KREIGHBAUM, E.; BARTHEL, K.M. Neuromuscular aspects of movement. **Biomechanics**, 1990. Cap.2, p.63-92.
- KYRÖLÄINEN, H.; KOMI, P.V. Differences in mechanical efficiency between power and endurance-trained athletes while jumping. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, p.36-44, 1995.
- LUHTANEN, P.; KOMI, P.V. Segmental contribution to forces in vertical jump. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF PHYSICAL ACTIVITY SCIENCES**, Quebec, 1976. Abstracts. Quebec, 1976, p.226.
- MCGOWN, C.; CONLEE, R.K.; SULEC, A.; BUONO, M.; TAMAYO, M.; PHILLIPS, W.; FREY, M.A.; LAUBACH, L.; BEAL, D. Gold medal volleyball: the training program and physiological profile of the 1984 olympic champions. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.61, n.2, p.196-200, 1990.
- MIL-HOMENS, P. Relações entre a altura ideal de queda do resalto e a impulsão vertical absoluta e relativa. **Motricidade Humana**, v.3, p.45-65, 1987.
- MORITANI, T. Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. **Journal of Biomechanics**, v.26, p.95-107, 1993. Suplemento 1.

- MORRISSEY, M.C.; HARMAN, E.A.; JOHNSON, M.J. Resistance training modes: specificity and effectiveness. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v.27, n.5, p.648-60, 1995.
- MURPHY, A.J.; WILSON, G.J. The ability of tests of muscular function to reflect training-induced changes in performance. **Journal of Sports Science**, v.15, p.191-200, 1997.
- NEUMANN, G. Special performance capacity. In: DIRIX, A.; KNUTTGEN, H.G.; TITTEL, K., eds. **The olympic book of sports medicine**. Oxford, Blackwell Scientific, 1988. Cap.3.2, p.97-108.
- NISHIJIMA, T.; MATSURA, Y. Contribution of the player in reference to his position to the game performance in volleyball. Korea, 1988. Paper presented at 1988, Seoul Olympic Games Congress.
- ÖBERG, B.; MÖLLER, M.; GILLQUIST, J.; EKSTRAND, J. Isokinetic torque levels for knee extensors and knee flexors in soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v.7, n.1, p.50-3, 1986.
- PANDY, M.G.; ZAJAC, F.E. Dependence of jumping performance on muscle strength, muscle-fiber speed, and tendon compliance. In: **ISSUES in the Modeling and Control of Biomechanical Systems**. New York, ASME, 1989. v.17, p.59-63. ASME winter annual meeting in San Francisco.
- \_\_\_\_\_. Optimal muscular coordination strategies for jumping. **Journal of Biomechanics**, v.24, n.1, p.1-10, 1991.
- PAYNE, A.H.; SLATER, W.J.; TELFORD, T. The use of a force platform in the study of athletic activities. **Ergonomics**, v.12, p.123-43, 1968.
- PERRIN, D.H. **Isokinetic exercise and assessment**. Champaign, Human Kinetics, 1993.
- PITMAN, M.I.; PETERSON, L. Biomechanics of skeletal muscle. In: NORDIN, M.; FRANKEL, V.H. **Basic biomechanics of the musculoskeletal system**. 2.ed. Lea & Febiger, 1989. Cap.5, p. 89-112.

- POUSSON, M.; VAN HOECKE, J.; GOUBEL, F. Changes in elastic characteristics of human muscle induced by eccentric exercise. **Journal of Biomechanics**, v.23, n.4, p.343-8, 1990.
- REILLY, T.; SECHER, N.; SNELL, P.; WILLIAMS, C. **Physiology of sports**. London, E&F.N.SPON, 1990.
- ROBERTSON, D.G.E.; FLEMING, D. Kinetics of standing broad and vertical jumping. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, v.12, n.1, p.19-23, 1987.
- ROCHCONGAR, P.; MORVAN, R.; JAN, J.; DASSONVILLE, J.; BEILLOT, J. Isokinetic investigation of knee extensors and knee flexors in young french soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v.9, p.448-50, 1988.
- ROY, R.R.; EDGERTON, R. Skeletal muscle architecture and performance. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap. 6b, p.115-29.
- SALE, D.G. Influence of exercise and training on motor unit activation. **Exercise and Sport Science Review**, v.15, p.95-149, 1987.
- \_\_\_\_\_. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.20, n.5, p.s135-s45, 1988. Supplement.
- \_\_\_\_\_. Neural adaptation to strength training. In: KOMI, P.V., ed. **Strength and power in sport**. Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap.9a, p.249-65.
- SCOTT, S.H.; WINTER, D.A. A comparison of three muscle pennation assumptions and their effect on isometric and isotonic force. **Journal of Biomechanics**, v.24, n.2, p.163-7, 1991.
- SHERRINGTON, C. The correlation of reflexes and the principle of the common final path. **British Association Rep.**, v.74, p.728-41, 1904.
- SIFF, M.C. Recommended strength ratios. **Fitness and Sports Review International**, v.29, n.2, p.78-80, 1994.

- SMITH, D.J.; ROBERTS, D.; WATSON, B. Physical, physiological and performances differences between Canadian national team and universiade volleyball players. **Journal of Sports Science**, v.10, n.2, p.131-8, 1992.
- TRICOLI, V.A.A. **Análise da potência muscular nos músculos extensores do joelho em jogadores de basquetebol e voleibol do sexo masculino.** São Paulo, 1994. 63p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.
- TRICOLI, V.A.A.; BARBANTI, V.J.; UGRINOWITSCH, C.; SHINZATO, G.T. Potência muscular em jogadores de voleibol: relação entre dinamometria isocinética e salto vertical. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO DESPORTO DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 4., Coimbra, 1995. **Anais.** Coimbra, Universidade de Coimbra, 1995. p.10.20.
- TRICOLI, V.A.A.; UGRINOWITSCH, C.; BARBANTI, V.J.; SHINZATO, G.T. Torque isocinético máximo e desempenho no salto vertical em jogadores de basquetebol. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 4., Rio Claro, 1995. **Anais.** Rio Claro, Unesp, 1995. p.
- VAN INGEN SCHENAU, G.J.; BOBBERT, M.F.; HUIJING, P.A.; WOITTEZ, R.D. The instantaneous torque-angular velocity relation in plantar flexion during jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.17, n.4, p.422-6, 1985.
- VAN LEEUWEN, J.L.; SPOOR, C.W. On the role of biarticular muscles in human jumping. **Journal of Biomechanics**, v.25, n.2, p.207-9, 1992.
- VAN SOEST, A.J.; ROEBROECK, M.E.; BOBBERT, M.F.; HUIJING, P.A.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. A comparison of one-legged and two-legged countermovement jumps. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.17, p.635-9, 1985.

VAN SOEST, A.J.; SCHWAB, A.L.; BOBBERT, M.F.; VAN INGEN SCHENAU, G.J.  
The influence of the biarticularity of the gastrocnemius muscle on vertical-jumping achievement. **Journal of Biomechanics**, v.26, n.1, p.1-8, 1993.

VIITASALO, J.T. Anthropometric and physical performance characteristics of male volleyball players. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, v.7, n.2, p.182-7, 1982.

\_\_\_\_\_. Endurance requirements in volleyball. **Canadian Journal of Sports Science**, v.12, n.4, p.194-201, 1987.

VIITASALO, J.T.; AURA, O. Seasonal fluctuations of force production in high jumpers. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, v.9, n.4, p.209-13, 1984.

VIITASALO, J.T.; HÄKKINEN, K.; KOMI, P.V. Isometric and dynamic force production and muscle fiber composition in man. **Journal of Human Movement Studies**, v.7, n.1, p.199-209, 1981.

VINT, P.F.; HINRICHS, R.N. Differences between one-foot and two-foot vertical jump performances. **Journal of Applied Biomechanics**, v.12, p.338-58, 1996.

VIRU, A.; VIRU, M. The specific nature of training on muscle: a review. **Sports Medicine, Training and Rehabilitation**, v.4, p.79-98, 1993.

• VOIGT, M.; SIMONSEN, E.B.; DYHRE-POULSEN, P.; KLAUSEN, K. Mechanical and muscular factors influencing the performance in maximal vertical jumping after different prestretch loads. **Journal of Biomechanics**, v.28, n.3, p.293-307, 1995.

WEISS, L.W.; RELYEA, G.E.; ASHLEY, C.D.; PROPOST, R.C. Reliability of selected measures of musculo-skeletal function obtained during closed kinetic chain exercises at multiple velocities. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.1, p.45-50, 1996.

\_\_\_\_\_. Using velocity-spectrum squats and body-composition to predict standing vertical jump ability. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.11, n.1, p.14-20, 1997.

- WILKLANDER, J.; LYSHOLM, J. Simple tests for surveying muscle strength and muscle stiffness in sportsmen. **International Journal of Sports Medicine**, v.8, p.50-4, 1987.
- WILSON, G.; MURPHY, A. The efficacy of isokinetic, isometric and vertical jump tests in exercise science. **The Australian Journal of Science and Medicine in Sport**, v.27, n.1, p.20-4, 1995.
- WILSON, G.J.; ELLIOT, B.C.; WOOD, G.A. The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shortening cycle movement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.23, n.3, p.364-70, 1991.
- WILSON, G.J.; MURPHY, A. J.; GIORGI, A. Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.21, n.4, p.301-15, 1996.
- WILSON, G.J.; MURPHY, A.J.; WALSH, A. The specificity of strength training: the effect of posture. **European Journal of Applied Physiology**, v.73, p.346-52, 1996.
- WILSON, G.J.; NEWTON, R.U.; MURPHY, A.J.; HUMPHRIES, B.J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.25, n.11, p.1279-86, 1993.
- \_\_\_\_\_. Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, n.1, p.116-23, 1992.
- WINDHORST, U.; HAMM, T.M.; STUART, D.G. On the function of muscle and reflex partitioning. **Behavioral and brain sciences**, v.12, p.629-81, 1989.
- WINTER, D.A. **Biomechanics of human movement**, New York, John Wiley, 1979. p.108-26: Muscle mechanics.
- YOUNG, W.; McLEAN, B.; ARDANGA, J. Relationship between strength qualities and sprinting performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.35, n.1, p.13-9, 1995.

ZAJAC, F.E. Muscle and tendon: properties, models, scaling and application to biomechanics and motor control. **CRC Critical Review in Biomedical Engineering**, v.17, p.359-411, 1989.

ZAJAC, F.E.; PANDY, M.G. Author's response. **Journal of Biomechanics**, v.25, n.2, p.209-10, 1992.



qep300	qdae180	qdae240	qdae300	qetae180	qetae240	qetae300	qde-180	qde-240	qde-300	qecv180	qecv240	qecv300	qd180	qd240	qd300	met180	met240	met300	pdw180	pdw240	pdw300	
808	112,3	117	125,4	124	145,4	122,5	25	16	21	34	18	27	38	247	218	195	235	203	179	301	258	209
526	113,4	154,4	163	130,8	159,6	138,7	24	17	30	43	17	34	41	243	214	206	255	214	210	241	209	188
635	127,6	141,9	165,3	158	177,5	153,5	38	37	80	13	27	36	45	263	235	208	256	243	222	313	251	207
615	110,7	158,5	168,9	128,1	153,8	150,8	22	11	23	28	18	9	24	275	231	224	258	232	213	297	260	214
471	113,3	143,6	131,4	111,7	125,1	105,4	13	16	18	28	11	16	48	250	197	202	258	233	207	284	240	218
904	98,2	127	136,3	106,8	108,1	105,7	27	30	29	29	32	30	65	268	255	233	263	282	256	286	254	218
1028	115,7	148,3	122	132,3	139,1	160,2	51	22	22	44	30	22	8	228	203	207	228	195	193	302	264	236
861	175,6	212,9	221,5	185,2	157,8	185,8	16	12	11	33	28	23	38	232	247	217	268	208	210	222	233	209
870	151,4	187,1	188,9	155,5	173,3	188,2	8	12	12	37	12	14	23	214	250	218	228	218	213	277	244	221
870	124,2	169,3	169	139	171,3	178,4	62	20	14	27	57	25	24	195	165	188	228	184	157	308	270	244
734	80,2	114,1	66,8	96,2	107	133,3	20	9	25	41	9	27	28	165	153	140	228	121	118	217	270	244
777	93,4	131	147,9	115,8	170,4	181,0	25	37	24	25	37	37	60	232	212	207	193	122	118	217	270	244
684	78,6	103,9	119,8	98,8	133,5	141	50	51	31	77	51	31	18	181	170	144	217	186	164	224	214	191
459	73,4	79	100,7	73,6	90	115	55	57	57	77	51	89	98	170	153	145	171	145	148	199	159	132
510	95,4	117,9	139,8	96,7	123,4	141,5	27	61	61	33	38	41	48	216	184	178	201	186	184	202	202	175
499	94,8	135,2	158,8	84,2	124,7	157,8	88	30	58	58	62	43	48	221	180	180	218	170	159	222	222	155
761	102,8	133,4	147,5	102,9	125,4	128,8	36	48	31	15	52	31	41	210	191	174	218	180	187	260	208	168
587	88,2	112,8	115	107	118,9	118	74	24	24	72	84	21	21	248	218	203	232	203	188	235	233	187
472	87,8	93,1	105,6	85,4	108,7	108,7	63	34	34	35	71	54	48	180	168	188	190	188	180	195	186	151
326	87,5	122,7	111	91	113,5	105,7	60	38	38	28	49	15	38	183	167	155	179	174	148	188	165	144
742	87,8	110,9	134,7	89	124,8	148,2	20	16	15	15	14	14	23	186	157	138	179	179	175	232	165	144
410	120,9	133,2	137,8	112,1	133,5	119	72	36	37	37	36	35	81	254	244	213	217	181	207	271	228	140
555	41,1	60,1	70,8	93,3	102,6	98,4	46	24	24	23	33	10	23	176	165	151	203	233	207	231	187	159
457	67,3	72,3	104,8	78,4	105,2	108,4	14	13	13	21	33	17	32	184	178	156	171	178	178	221	228	164
559	69,3	82	77,2	73,7	93,6	115,1	87	39	53	52	52	46	24	148	134	118	155	148	138	187	160	122
610	85,1	80,8	81,2	71,8	94,4	91,5	28	14	16	25	21	16	18	144	137	122	158	171	117	172	160	148
515	88,8	114,2	137,4	85,8	121,1	146,3	38	26	38	38	44	38	47	168	170	151	187	148	134	187	148	128
472	85,2	121,4	129	88,9	115,4	154,4	73	71	53	50	64	53	50	148	134	123	159	155	145	167	148	132
408	56,1	79,1	83,9	78,3	104,4	128,7	63	31	31	42	31	35	27	187	179	155	152	130	150	160	141	111
473	81,3	110,1	127,5	110	125,1	137,4	44	58	48	48	37	29	50	190	186	180	184	187	187	182	163	134
419	61,1	84,1	104,1	64	86	103,2	27	30	31	66	30	31	24	145	144	180	171	152	142	183	158	145

ANEXO I Relatório numérico dos dados antropométricos de capacidade de salto vertical e dinamometria isométrica

pe=180	pe=240	pe=300																		
277	235	188	424	484	544	477	588	687	477	588	687	477	588	687	477	588	687	477	588	687
258	214	181	511	504	584	801	848	916	801	848	916	801	848	916	801	848	916	801	848	916
267	251	187	438	499	500	801	804	878	801	804	878	801	804	878	801	804	878	801	804	878
274	244	212	462	520	551	846	871	933	846	871	933	846	871	933	846	871	933	846	871	933
268	226	184	478	527	540	858	858	906	858	858	906	858	858	906	858	858	906	858	858	906
271	262	225	561	482	485	509	573	522	509	573	522	509	573	522	509	573	522	509	573	522
259	228	190	445	485	500	544	572	608	544	572	608	544	572	608	544	572	608	544	572	608
237	224	205	434	518	573	580	608	618	580	608	618	580	608	618	580	608	618	580	608	618
260	237	225	602	522	460	584	518	489	584	518	489	584	518	489	584	518	489	584	518	489
241	213	170	448	507	448	463	531	474	463	531	474	463	531	474	463	531	474	463	531	474
146	132	121	315	315	422	422	413	448	422	413	448	422	413	448	422	413	448	422	413	448
220	197	184	468	468	450	458	458	488	458	458	488	458	458	488	458	458	488	458	458	488
255	243	222	338	338	340	375	43	340	375	43	340	375	43	340	375	43	340	375	43	340
182	149	132	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
232	216	176	477	350	477	439	61	477	439	61	477	439	61	477	439	61	477	439	61	477
198	176	164	411	475	411	463	605	442	463	605	442	463	605	442	463	605	442	463	605	442
252	210	175	424	384	420	468	528	448	468	528	448	468	528	448	468	528	448	468	528	448
228	202	180	484	484	528	492	612	448	492	612	448	492	612	448	492	612	448	492	612	448
200	205	184	387	299	387	418	531	433	418	531	433	418	531	433	418	531	433	418	531	433
188	187	151	334	350	371	398	524	411	398	524	411	398	524	411	398	524	411	398	524	411
207	217	195	409	384	380	459	457	459	459	457	459	459	457	459	459	457	459	459	457	459
237	164	170	405	450	487	458	701	422	458	701	422	458	701	422	458	701	422	458	701	422
250	188	178	308	384	308	422	488	312	422	488	312	422	488	312	422	488	312	422	488	312
212	178	159	352	352	401	415	518	370	415	518	370	415	518	370	415	518	370	415	518	370
187	164	140	284	284	333	347	412	336	347	412	336	347	412	336	347	412	336	347	412	336
175	159	134	308	275	288	350	455	337	350	455	337	350	455	337	350	455	337	350	455	337
183	164	151	332	337	335	385	48	332	385	48	332	385	48	332	385	48	332	385	48	332
185	151	129	288	273	358	358	432	298	358	432	298	358	432	298	358	432	298	358	432	298
175	149	122	342	342	348	392	575	300	392	575	300	392	575	300	392	575	300	392	575	300
188	167	148	351	351	311	390	502	311	390	502	311	390	502	311	390	502	311	390	502	311
185	175	148	284	284	330	388	427	330	388	427	330	388	427	330	388	427	330	388	427	330