

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Anelise Jacobsen**

**ANÁLISE DESCRITIVA DO TORQUE DE RESISTÊNCIA EXTERNO EM  
DIFERENTES EXERCÍCIOS DE EXTENSÃO DE COTOVELO**

**Porto Alegre, dezembro de 2009.**

**Anelise Jacobsen**

**ANÁLISE DESCRITIVA DO TORQUE DE RESISTÊNCIA EXTERNO EM  
DIFERENTES EXERCÍCIOS DE EXTENSÃO DE COTOVELO**

**Trabalho de Conclusão de Curso para  
obtenção do grau de licenciado em  
Educação Física.**

**Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul**

**Escola de Educação Física**

**Orientador: Dr. Jefferson Fagundes Loss**

**Porto Alegre, dezembro de 2009.**

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>4</b>
	<b>RESUMO .....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Treinamento com Pesos.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>Torque de Resistência .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Exercícios de Extensão de Cotovelo .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Definição do Problema .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Hipóteses .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Definição Operacional das Variáveis .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>Abordagem Metodológica e Amostra .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5</b>	<b>Instrumentos de Coleta e Análise dos Dados .....</b>	<b>17</b>
<b>3.6</b>	<b>Cálculo das Variáveis .....</b>	<b>17</b>
<b>3.7</b>	<b>Protocolo de Coleta .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fotos ilustrativas do Tríceps banco.....	12
<b>Figura 2:</b> Fotos ilustrativas do Tríceps coice.....	13
<b>Figura 3:</b> Fotos ilustrativas do Tríceps francês .....	13
<b>Figura 4:</b> Fotos ilustrativas do Tríceps no pulley.....	14
<b>Figura 5:</b> Fotos ilustrativas do Tríceps testa.....	14
<b>Figura 6:</b> DCL ilustrativo .....	18
<b>Figura 7:</b> Torque de resistência do exercício tríceps próximo à roldana .....	20
<b>Figura 8:</b> Torque de resistência do exercício tríceps afastado da roldana .....	20
<b>Figura 9:</b> Torque de resistência do exercício tríceps coice ...	21
<b>Figura 10:</b> Torque de resistência do exercício tríceps testa..	22
<b>Figura 11:</b> Característica mecânica do grupamento muscular tríceps .....	22
<b>Figura 12:</b> Torque de resistência dos 4 exercícios com a carga de 2kgf .....	23
<b>Figura 13:</b> Torque de resistência dos 4 exercícios com a carga de 5kgf .....	23
<b>Figura 14:</b> Torque de resistência dos 4 exercícios com a carga de 8kgf .....	24
<b>Figura 15:</b> Tríceps próximo à roldana: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo .....	24
<b>Figura 16:</b> Tríceps afastado da roldana: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo .....	25
<b>Figura 17:</b> Tríceps coice: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo .....	25
<b>Figura 18:</b> Tríceps testa: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo .....	26

## RESUMO

RESUMO: As atividades que envolvem exercícios de força podem ser chamadas de treinamento com pesos (TP), seja em máquinas apropriadas ou com pesos livres, e oferecem inúmeros benefícios a população, como ganho de força e de massa muscular, preservação da densidade mineral óssea, além de benefícios estéticos e melhora na qualidade de vida, entre outros. Cada exercício possui uma característica mecânica própria, que pode ser descrita pela resistência externa, denominada torque de resistência externo. A variedade de exercícios é ampla, inclusive para um mesmo grupamento muscular, e o conhecimento do torque de resistência externo dos exercícios permite a otimização do treinamento. Existem inúmeras publicações a cerca do TP, mas pouco se sabe sobre se a resistência que esses exercícios oferecem está de acordo com a capacidade de gerar torque da musculatura envolvida. Sendo assim, *o objetivo desse estudo é comparar os torques de resistência externos de quatro exercícios de extensão de cotovelo (tríceps no pulley próximo e afastado da máquina, tríceps testa e tríceps coice) e comparar esses torques externos com a capacidade de gerar torque da musculatura extensora, fornecida pela literatura.* Para isso foi utilizado um indivíduo fictício, com 1,70m de altura e pesando 70kg. As forças atuantes no sistema foram representadas através de diagramas de corpo livre (DCL) e os cálculos das variáveis foram obtidos através de relações trigonométricas. A velocidade de execução foi considerada constante. Três dos quatro exercícios analisados apresentaram torque de resistência ascendente-descendente (próximo e afastado da roldana e testa), porém com picos ocorrendo em ângulos de flexão do cotovelo diferentes. O tríceps coice apresentou torque de resistência ascendente do início ao fim do movimento. De acordo com a literatura, o próximo a roldana e o testa apresentaram o torque de resistência mais similar a capacidade de gerar torque da musculatura extensora, enquanto que o tríceps coice apresentou uma melhor coincidência com a característica mecânica (distância perpendicular) da musculatura.

## 1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força, também chamado de treinamento contra resistido ou treinamento com pesos, tornou-se uma das formas mais populares de exercício, tanto na busca por melhora da saúde, quanto na busca por melhor condicionamento físico e estético (FLACK et. al., 2006). O treinamento de força abrange uma variedade de modalidades, como pliométrico e subir ladeiras. Já o treinamento com pesos refere-se ao treinamento de força comum, que pode utilizar pesos livres ou equipamentos apropriados, e pode ser praticado em salas de musculação e/ou em aulas de ginástica localizada.

A popularidade dessa modalidade de exercício está comprovada pelo crescente número de salas de musculação, que pode estar dentro de uma academia ou um clube, em uma universidade ou em um centro esportivo.

Um programa de treinamento com pesos pode oferecer benefícios como ganho de força muscular e aumento da massa muscular, diminuição da gordura corporal, melhora no desempenho de atividades esportivas e atividades diárias, melhora da coordenação neuromuscular, reabilitação de lesões, benefícios estéticos, entre outros, e, por isso, têm atraído jovens, adultos e idosos de ambos os sexos (FLACK et. al., 2006; DIAS et. al., 2005; SANTOS et. al., 2002; PULCINELLI et. al., 2002).

Os exercícios e equipamentos utilizados nas salas de musculação e em aulas de ginástica localizada possuem características mecânicas próprias e, com isso, oferecem diferentes resistências externas. A essa resistência externa denominamos torque externo. O torque externo é um efeito rotacional no qual uma carga externa atua sobre determinado segmento corporal, dessa maneira uma forma de representá-lo é através de diagramas de corpo livre (DCL) (MCGINNIS, 2002). Por meio da análise do torque externo pode-se classificar objetivamente o tipo de resistência que determinada máquina ou exercício oferece, a qual pode assumir um comportamento ascendente, descendente ou misto.

Do ponto de vista do treinamento físico, o torque externo identifica justamente se as sobrecargas escolhidas estão harmonicamente apropriadas com a capacidade

de geração de força muscular e/ou estão de acordo com os objetivos pré-estabelecidos.

A variedade de exercícios é ampla, inclusive quando se objetiva um mesmo grupamento muscular e a escolha do tipo de torque externo em um aparelho ou exercício parece, muitas vezes, não apresentar qualquer padrão ou critério.

O conhecimento do torque externo dos exercícios permite a otimização do treinamento, uma vez que um mesmo exercício pode ser prescrito em diferentes aparelhos e de diferentes formas, de maneira a exigir esforços diferentes de um mesmo grupo muscular ao longo de um determinado movimento (SANTOS et. al., 2007). O pico de exigência, ou a forma de variação dessa exigência, além da ênfase em determinadas porções musculares desse mesmo grupo, podem ser escolhidas de maneira mais conveniente, de acordo com os objetivos de treinamento de cada indivíduo.

Sendo assim, o objetivo desse estudo é comparar os torques de resistência externos de quatro exercícios de extensão de cotovelo (tríceps no pulley próximo e afastado da máquina, tríceps testa e tríceps coice) e comparar esses torques externos com a capacidade de gerar torque da musculatura extensora, fornecida pela literatura. Especificamente, busca-se quantificar os torques externos e a força muscular ao longo da amplitude de movimento e apontar os ângulos da amplitude de movimento em que ocorre pico de torque e de força.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Treinamento com Pesos**

As atividades que envolvem exercícios de força, seja em máquinas apropriadas ou com pesos livres, podem ser chamadas de treinamento com pesos (TP) e estão sendo cada vez mais procuradas por oferecer inúmeros benefícios a população, seja para melhora do desempenho esportivo, como para melhora das atividades de vida diária (AVD'S) (FLECK et. al.,2006). Essas atividades são desenvolvidas, prioritariamente, em salas de musculação e em aulas de ginástica localizada.

Segundo DIAS et. al.(2005), o TP, atualmente, é praticado por indivíduos de ambos os sexos, de diferentes faixas etárias e com níveis de aptidão física diferentes. Este fato pode ser explicado pelos inúmeros benefícios que esta prática proporciona, tais como modificações morfológicas, neuromusculares, fisiológicas, e, até mesmo, alterações sociais e comportamentais. O mesmo autor coloca ainda que uma das principais adaptações associadas ao TP é o aumento dos níveis de força muscular. Esse aumento de força muscular pode estar relacionado a adaptações neurais e a hipertrofia muscular, ocorrendo a primeira nas quatro primeiras semanas de treinamento, e a segunda a partir de quatro semanas de treinamento.

SANTOS et. al.(2002) complementa dizendo que o TP, além dos benefícios estéticos, proporciona melhora na qualidade de vida dos praticantes, uma vez que contribui para o desenvolvimento e manutenção da força e da massa muscular, e que pode, ainda, auxiliar na preservação da densidade mineral óssea. Ainda sobre os benefícios proporcionados pelo TP, PULCINELLI et. al. (2002) relata a importância desse tipo de treinamento no processo de emagrecimento corporal, uma vez que este aumenta o gasto calórico e impede a diminuição do metabolismo basal. E pode ainda melhorar a resposta da insulina à sobrecarga de glicose e a sensibilidade a insulina, e pode diminuir a probabilidade de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (OLIVEIRA et. al., 2006).

O TP pode ser praticado em salas de musculação e/ou em salas de ginástica localizada. Uma das principais diferenças entre essas duas modalidades é que a

musculação pode utilizar aparelhos e pesos livres, enquanto que a ginástica localizada utiliza apenas pesos livres. Segundo COSTA et. al. (2001), alguns aparelhos de musculação podem oferecer intensidade variável, através da combinação de polias que os mesmos possuem (roldanas de raio assimétrico). Nessas roldanas de raio assimétrico, a intensidade (carga) varia mesmo que a velocidade de execução seja constante. Já a ginástica localizada tem como padrão de resistência a força da gravidade, e, por conta disso, a intensidade não varia ao longo do movimento, desde que a velocidade de execução seja constante, pois a variação da velocidade de execução ou efeito inercial, altera a carga selecionada em qualquer exercício ou máquina de musculação. O autor cita alguns exemplos de aparelhos e implementos que apresentam a intensidade invariável ao longo do movimento e, entre eles estão os halteres (pesos livres) e os puxadores (pulleys) com roldana de raio simétrico.

O autor coloca ainda que os exercícios com intensidades invariáveis podem apresentar as cargas elevadas para determinados ângulos articulares, bem como insuficientes para outros e, em alguns momentos, adequadas, podendo acarretar a falta de um aproveitamento integral do trabalho muscular.

No que se refere ao TP, existe uma grande variedade de equipamentos de musculação e exercícios com pesos livres, mas pouco se sabe sobre a resistência que estes oferecem (BINI et. al., 2008; SANTOS et. al., 2007; CANTERGI et. al., 2007; ABECH et. al., 2007; BONEZI et. al., 2005), e essa resistência oferecida pode ser crescente, decrescente, mista ou constante ao longo da execução do exercício (BONEZI et. al., 2005). Tanto na musculação quanto na ginástica localizada, o mesmo grupamento muscular pode ser trabalhado de várias formas diferentes, ou seja, existe uma variedade de exercícios que visam trabalhar o mesmo grupamento muscular, porém, a escolha dos exercícios parece acontecer sem nenhum critério ou padrão (SANTOS et. al., 2007; BONEZI et. al., 2005).

## **2.2 Torque de Resistência**

Os exercícios e equipamentos utilizados para o TP oferecem diferentes tipos de resistência, ou seja, diferentes tipos de torques, inclusive para um mesmo

grupamento muscular. Como esta resistência é externa, leva-se em conta somente as forças externas, que são forças que atuam em um corpo/objeto como resultado de sua interação com o meio ambiente (MCGINNIS, 2002; ENOKA, 2000).

O torque, ou momento de força, é a capacidade que uma força tem de produzir rotação ou giro: o efeito ou tendência de rotação em relação a um eixo (MCGINNIS, 2002; ENOKA, 2000; THOMPSON et. al., 2002). Matematicamente, o torque é definido como a força que atua sobre um corpo/objeto multiplicada pela distância perpendicular ou braço de momento dessa força, que é a distância perpendicular entre a linha de ação da força e uma linha paralela a ela que passe através do eixo de rotação (MCGINNIS, 2002; ENOKA, 2000; THOMPSON et. al., 2002). Sendo assim, o torque é diretamente proporcional a intensidade da força, bem como a distância perpendicular da mesma, e é expresso pela equação  $T = F \times d^{\perp}$ , onde T é o torque, F é a força e  $d^{\perp}$  é a distância perpendicular.

Para melhor visualização das forças que estão atuando externamente em um corpo, utiliza-se o diagrama de corpo livre (DCL), que, segundo ENOKA (2000) é um desenho simplificado sobre o qual as forças externas que atuam no sistema são indicadas por setas. MCGINNIS (2000) coloca que essas forças podem ser de dois tipos: força de contato e força de não contato, e que para análise de movimentos esportivos, as forças que interessam são as forças de contato e a força da gravidade, sendo essa a única força de não contato utilizada. A força peso é a força de não contato utilizada, e essa força é representada no centro de gravidade do segmento corporal ou objeto analisado. Segundo ENOKA (2000), o centro de gravidade representa o ponto de equilíbrio de um corpo/objeto, e esse ponto se move à medida que os corpos/objetos se movem.

A carga produzida pelos implementos mecânicos atua externamente ao corpo humano através de um sistema de alavancas, onde uma força externa é aplicada por meio de um braço de alavanca ou braço de momento, em torno de um eixo, causando um torque (THOMPSON et. al., 2002; MCGINNIS, 2002; ENOKA, 2000). Esse torque é chamado de torque de resistência (TR) e pode ser quantificado, através do produto entre a carga externa (força externa) e sua respectiva distância perpendicular. A distância perpendicular (braço de momento) é definida como sendo a menor distância entre a linha de ação de uma força e uma linha paralela que

passa pelo eixo de rotação (MCGINNIS, 2002). A análise do comportamento do TR durante um exercício pode indicar se o estímulo externo produzido por determinado implemento está adequado para gerar resistência sobre determinado músculo ou articulação.

Considerando que os exercícios são executados com velocidade constante, o que indica que o somatório de todas as forças que atuam no sistema é zero ( $\sum F=0$ ), a força (carga) não varia, o que varia é a distância perpendicular dessa força, fazendo com que o torque seja variável durante o movimento, isso considerando pesos livres e máquinas com roldanas de raio simétrico (MCGINNIS, 2002).

Apesar de inúmeras publicações a respeito do TP, são raras as publicações a cerca do TR que estas máquinas e exercícios oferecem, e se esses TR condizem com as características mecânicas dos músculos envolvidos (BINI et. al., 2008; SANTOS et. al., 2007; ABECH et. al., 2007; BONEZI et. al., 2005). O comportamento do TR ao longo da amplitude de movimento (ADM) pode indicar se o equipamento/exercício é adequado para priorizar determinada porção muscular, otimizando o treinamento conforme objetivo estipulado (BINI et. al., 2008; SANTOS et. al., 2007; ABECH et. al., 2007; BONEZI et. al., 2005).

Estudos encontrados a respeito de TR utilizam, para sua análise, um sujeito, real ou fictício, ou nenhum sujeito, sendo os dados antropométricos e a característica mecânica do músculo analisado, retirados da literatura (CANTERGI et. al., 2007; ABECH et. al., 2007; BONEZI et. al., 2005; MELO et. al., 2007; BINI et. al., 2008). Esses mesmos estudos utilizam-se do DCL para ilustrar as forças que atuam no sistema analisado. Todos analisam, entre outras variáveis, o torque de resistência externo de exercícios e/ou aparelhos de musculação.

Acredita-se que o reduzido número da amostra ou a inexistência da mesma seja porque a variável analisada é externa ao sujeito, não necessitando de uma amostra real ou em grande número para obter os resultados esperados.

## **2.3 Exercícios de Extensão de Cotovelo**

Nos exercícios de extensão de cotovelo, o grupamento muscular tríceps braquial atua como agonista do movimento, sendo auxiliado pelo músculo ancônio.

O tríceps braquial é formado por três porções ou cabeças: a cabeça longa, que é biarticular e origina-se na região inferior à cavidade glenóide da escápula; a cabeça lateral, que se origina na face posterior do úmero, ao longo da margem lateral, na metade proximal; e a cabeça medial, que se origina na face posterior do úmero, na metade distal; as três porções unem-se em um tendão comum, largo e achatado, que se insere na face proximal do olécrano, fazendo, assim, a extensão do cotovelo (GERMAIN, 2002).

As figuras abaixo, retiradas de MARCHETTI et. al. (2007), ilustram alguns exemplos de exercícios de extensão de cotovelo, onde o tríceps atua como músculo agonista.

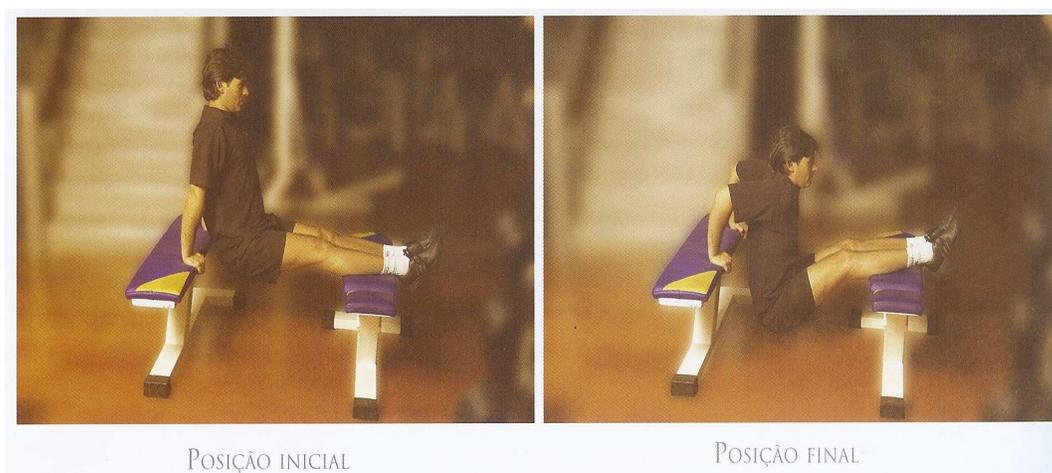


Figura 1. Fotos ilustrativas do “Tríceps Banco”. Fonte: MARCHETTI et. al. (2007)

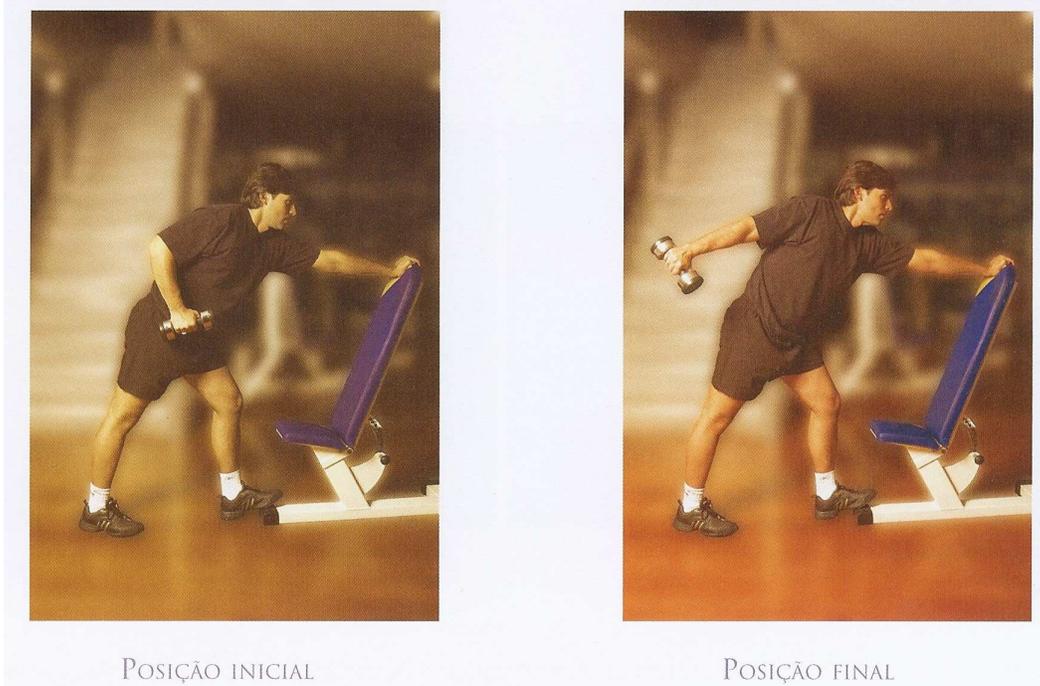


Figura 2. Fotos ilustrativas do “Tríceps Coice”. Fonte: MARCHETTI et. al. (2007)

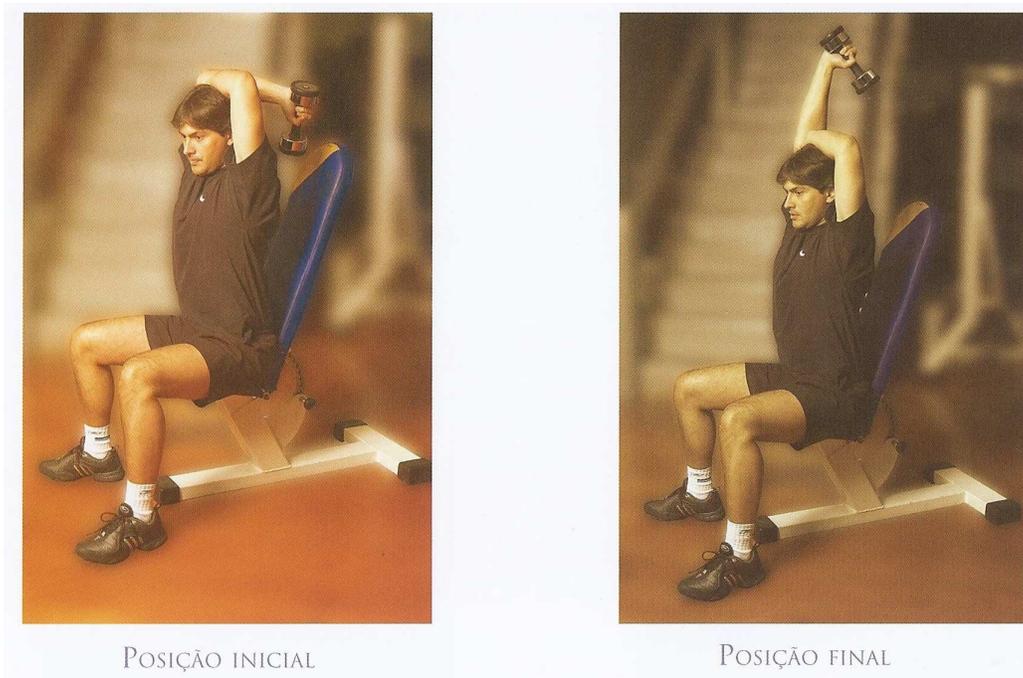


Figura 3. Fotos ilustrativas do “Tríceps Francês”. Fonte: MARCHETTI et. al. (2007)

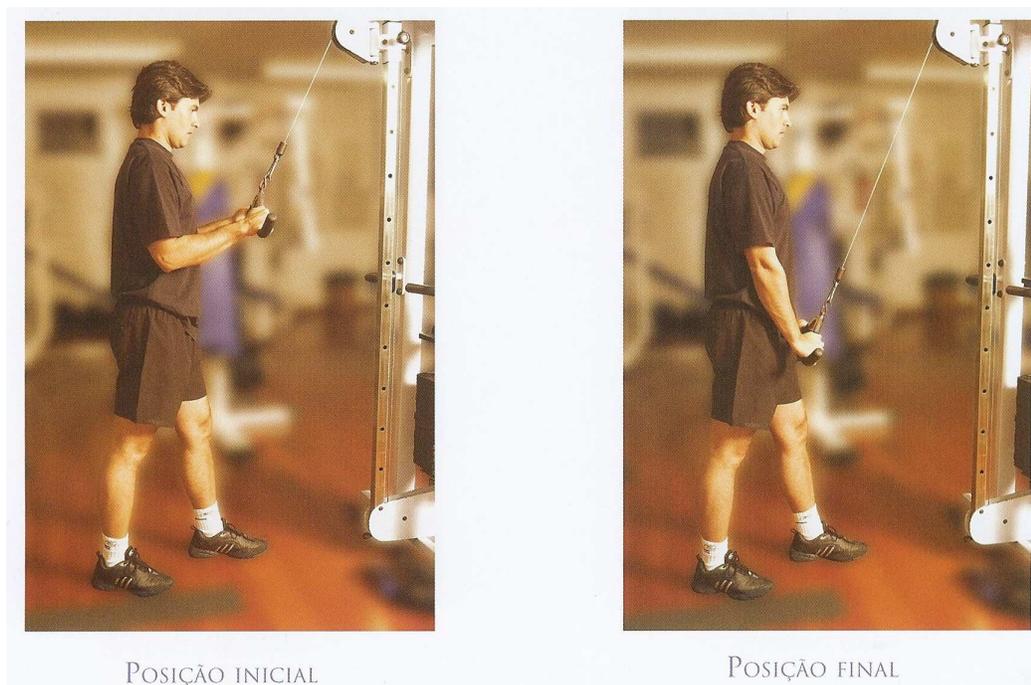


Figura 4. Fotos ilustrativas do “Tríceps no Pulley”. Fonte: MARCHETTI et. al. (2007)



Figura 5. Fotos ilustrativas do “Tríceps Testa”. Fonte: MARCHETTI et. al. (2007)

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Definição do Problema**

Há diferença no torque de resistência externo oferecido pelos exercícios tríceps pulley, próximo e afastado da máquina, tríceps testa e tríceps coice?

Algum dos torques de resistência externo apresentado pelos exercícios sugeridos se assemelha à capacidade de gerar torque apresentada pelo grupamento muscular tríceps?

#### **3.2 Hipóteses**

- Todos os exercícios são diferentes quanto ao torque de resistência.
- Pelo menos um exercício se assemelha a capacidade de gerar torque apresentada pelo grupamento muscular tríceps.

#### **3.3 Definição Operacional das Variáveis**

Variáveis independentes:

- Tríceps no pulley (próximo): indivíduo em pé, próximo a máquina (roldana alta), com os braços verticalmente junto ao tronco e sem movimentá-los. Exercício inicia com os antebraços em máxima flexão e termina com os mesmos em máxima extensão. A força transmitida pelo cabo da máquina ao executante é predominantemente vertical.
- Tríceps no pulley (afastado): indivíduo em pé, afastado da máquina (roldana alta), com os braços verticalmente junto ao tronco e sem movimentá-los. Exercício inicia com os antebraços em máxima flexão e termina com os mesmos em máxima extensão. A força transmitida pelo cabo da máquina ao executante é para cima e para frente.
- Tríceps testa: indivíduo em decúbito dorsal, joelhos e ombros flexionados (braços perpendiculares ao chão). Exercício inicia com os antebraços

flexionados e termina com a máxima extensão dos mesmos. Exercício realizado bilateralmente com o uso de halteres.

- Tríceps coice: indivíduo em pé, com uma perna à frente e essa com joelho flexionado, tronco inclinado à frente e ombro em hiperextensão. Exercício inicia com antebraço perpendicular ao chão e termina com a máxima extensão do mesmo. Exercício realizado unilateralmente com o uso de halter.
- Carga: valor do peso selecionado para execução dos exercícios. Serão utilizadas 3 cargas em todos os exercícios: 2, 5 e 8 kg.

Variável dependente:

- Torque de resistência externo: expresso pelo produto da força externa (carga selecionada) e sua respectiva distância perpendicular (distância medida perpendicularmente entre a linha de ação da força e uma linha paralela a ela que passe pelo eixo de rotação).

Variáveis de controle:

- Velocidade de execução dos exercícios: ritmo com que os exercícios serão executados. A velocidade de execução será considerada constante e igual para todos os exercícios analisados.
- Amplitude de movimento (ADM): percurso, em graus, que o antebraço percorre ao longo do exercício. Será verificada com a utilização de um goniômetro manual.

### **3.4 Abordagem Metodológica e Amostra**

Este foi um estudo ex-post-facto tipo descritivo-comparativo. A amostra foi composta por 1 indivíduo fictício com 1,70 metros de altura e pesando 70 kg. De acordo com BINI et. al. (2008), que também se utilizou desta abordagem para analisar um exercício de extensão do joelho, o torque de resistência é uma variável representativa das características mecânicas do exercício, mas dependente das características antropométricas do executante. Desta forma, o uso de características antropométricas específicas (indivíduo fictício) permite comparar exercícios a partir

de suas peculiaridades intrínsecas. Outros estudos relativos à análise do torque de resistência, também utilizaram apenas um ou mesmo nenhum indivíduo, sendo os dados antropométricos retirados da literatura (CANTERGI et. al., 2007; ABECH et. al., 2007; BONEZI et. al., 2005; MELO et. al., 2007).

### **3.5 Instrumentos de Coleta e Análise dos Dados**

Para a coleta de dados foram utilizados:

1fita métrica com resolução de 1 mm

1goniometro manual com resolução de 2 graus

1máquina de musculação (roldana alta), marca Sculptor, modelo *cross-over*

1computador portátil para análise dos dados

### **3.6 Cálculo das Variáveis**

Para a obtenção do torque externo foi necessário medir a carga (em quilogramas-força ou newtons) e a distância perpendicular (em centímetros ou metros). Com auxílio de um goniômetro manual, foi possível verificar os ângulos de flexão de ombro e cotovelo e o ângulo formado entre a linha de ação da força externa e o segmento (antebraço), nos diferentes exercícios. Assim, pode-se determinar, através de relações trigonométricas, a variação de distância perpendicular da força externa e, conseqüentemente, a característica de torque externo de cada exercício ao longo da amplitude do movimento.

Geralmente, em exercícios dinâmicos, há dificuldade em manter-se a velocidade de execução constante. Ao considerarmos essa velocidade constante, a distância perpendicular da força externa será o único fator causador de variação no torque externo, tendo em vista que a força externa, nesta condição, não sofrerá interferência da parcela inercial. Os dados foram estimados através de diagramas de corpo livre (DCL) além de planilhas de Excel®.

### **3.7 Protocolo de Coleta**

O DCL abaixo representa um momento específico representante da execução de tríceps coice, e será utilizado como exemplo na descrição do protocolo de coleta.

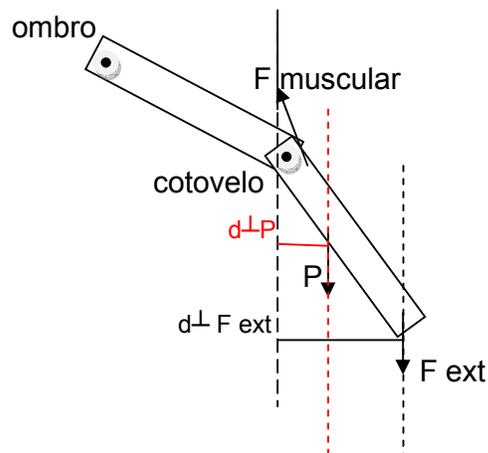


Figura 6. DCL ilustrativo

Onde:

Cotovelo é a articulação considerada como eixo de rotação fixo e único do movimento

$F_{ext}$  = força externa (carga)

$d_{\perp} F_{ext}$  = distância perpendicular da força externa

$P$  = peso do segmento

$d_{\perp} P$  = distância perpendicular da força peso

A velocidade de execução foi considerada constante e o torque externo foi quantificado através de equações de equilíbrio, que são:

$$\sum T = 0$$

$$\sum F = 0$$

Onde:

$\sum T$  = somatório dos torques

$\sum F$  = somatório das forças.

Sendo assim, podemos dizer que os torques no sentido horário são iguais aos torques no sentido anti-horário, ou seja (considerando o DCL do exemplo):

$$T_{musc} = T_p + T_{ext}$$

$$T_{musc} = P \times d_{\perp} p + F_{ext} \times d_{\perp} ext$$

Onde:

$T_{musc}$  = torque muscular

$T_p$  = torque da força peso

$T_{ext}$  = torque da força externa

O lado esquerdo da equação foi denominado torque de potência e o lado direito, torque de resistência. O ângulo de flexão do cotovelo e o ângulo formado entre a projeção do segmento proximal (braço) com o segmento distal (antebraço) e foi medido com um goniômetro manual. Esses ângulos serviram para quantificar as distâncias perpendiculares através de relações trigonométricas.

Os dados antropométricos, como peso do segmento e localização da força peso, foram retirados da literatura (ENOKA, 2000), bem como a característica mecânica do grupamento muscular tríceps (MURRAY et. al., 1995).

Com a ajuda de planilhas do Excel<sup>®</sup>, foi calculado o torque externo dos exercícios analisados em toda amplitude do movimento.

#### 4. RESULTADOS

A figura 7 mostra o torque de resistência do exercício tríceps realizado próximo à roldana ao longo do ângulo de flexão do cotovelo. Pode-se observar que o comportamento da curva é igual para as três cargas selecionadas, sendo o início da execução com torque crescente, o pico do torque no ângulo 93° de flexão e, do pico até o final da execução, o torque apresenta-se decrescente.

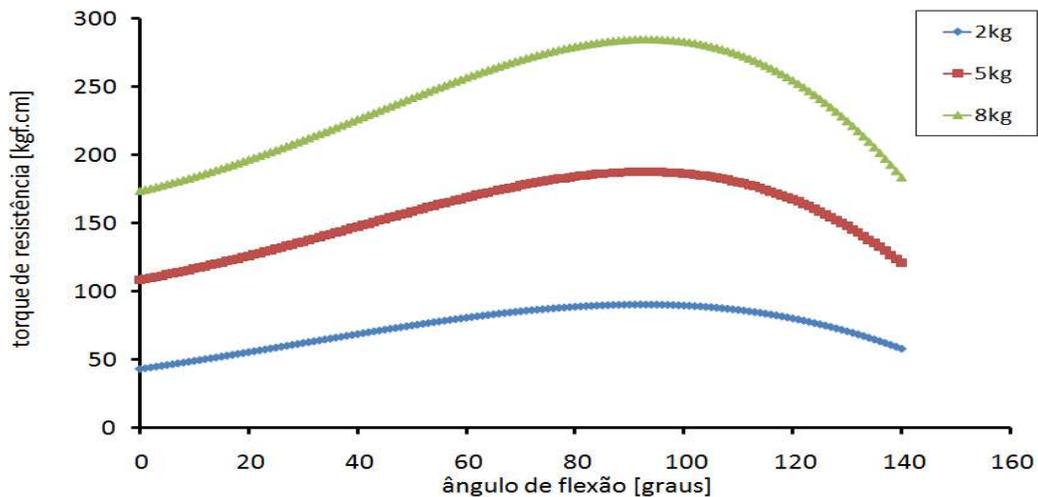


Figura 7. Torque de resistência do exercício tríceps próximo à roldana.

Já o exercício tríceps com o executante afastado da roldana, figura 8, o torque de resistência apresenta comportamento crescente até o seu pico, que ocorre entre 40° e 47° de flexão conforme a carga selecionada, seguindo decrescente até o final da execução.

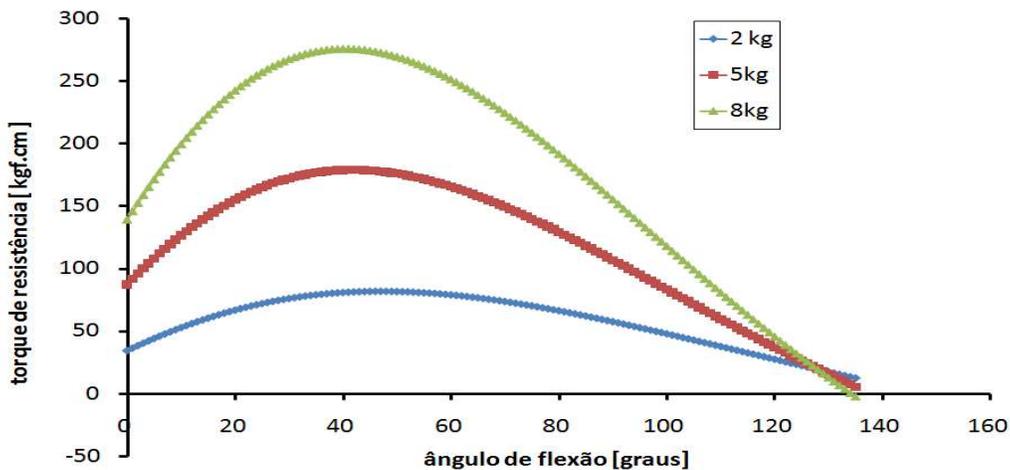


Figura 8. Torque de resistência do exercício tríceps afastado da roldana.

No exercício tríceps coice, figura 9, o torque de resistência apresenta comportamento crescente do início ao fim da execução, independente da carga escolhida. E o pico do torque ocorre no final da execução, 0° de flexão.

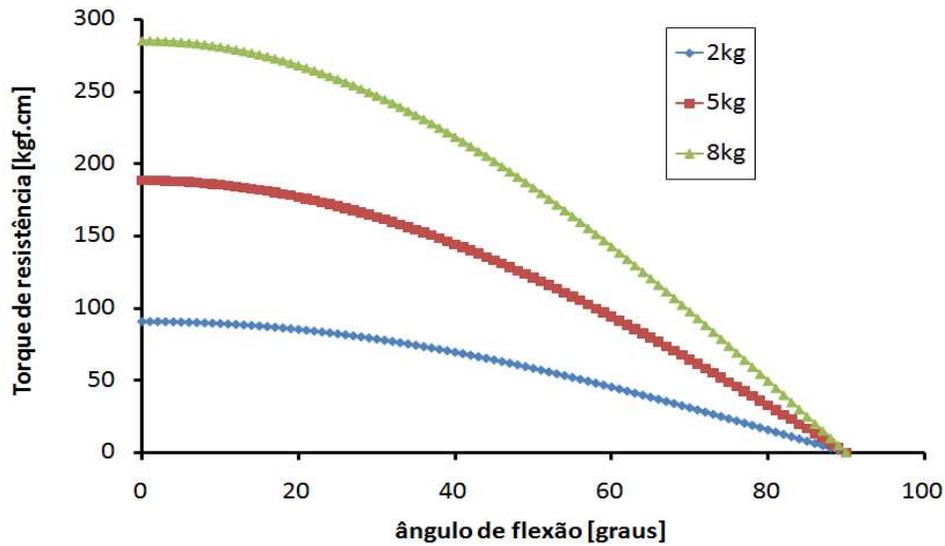


Figura 9. Torque de resistência do exercício tríceps coice.

Conforme a figura 10, o exercício tríceps testa apresenta o torque de resistência levemente crescente no início da execução, com o pico do torque ocorrendo aos 90° de flexão do cotovelo independente da carga escolhida. Do pico até o fim da execução, o torque de resistência apresenta comportamento decrescente.

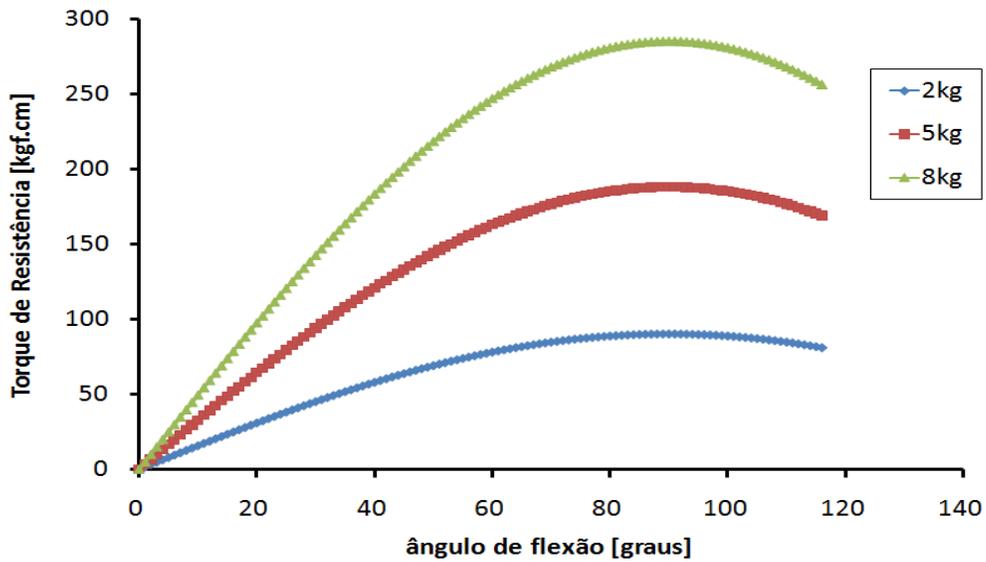


Figura 10. Torque de resistência do exercício tríceps testa.

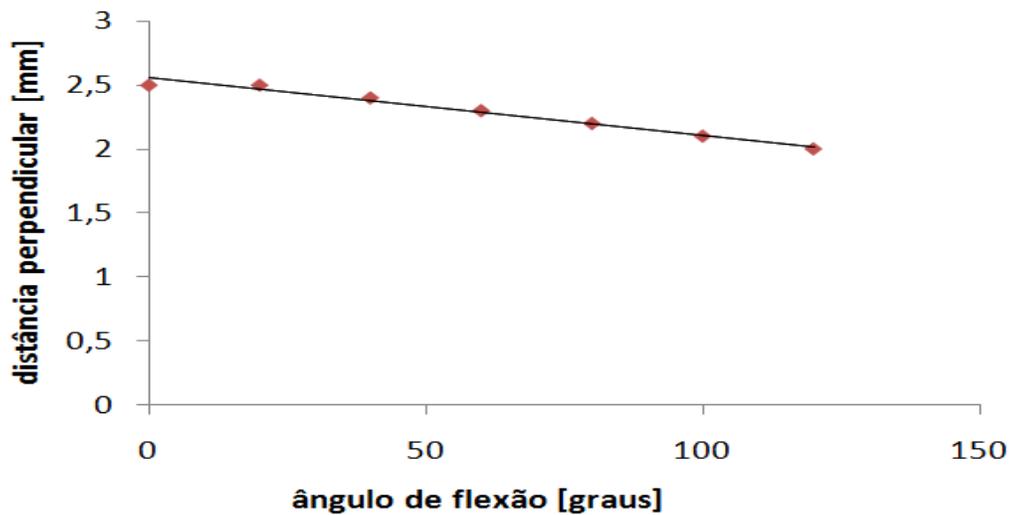


Figura 11. Característica mecânica do grupamento muscular tríceps (MURRAY et. al., 1995).

A característica mecânica do grupamento muscular tríceps, conforme figura 11, apresenta comportamento crescente a medida que o ângulo de flexão do cotovelo diminui, ou seja, a medida que é feita a extensão do cotovelo.

As figuras 12, 13 e 14 apresentam o torque de resistência dos quatro exercícios juntos, com a carga de 2, 5 e 8kgf, respectivamente, para fins de comparação entre os exercícios.

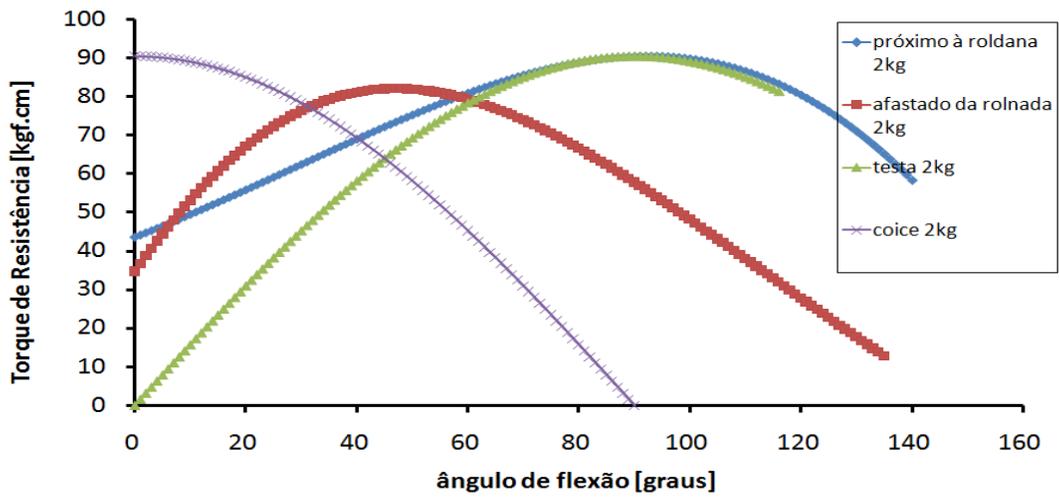


Figura 12. Torque de resistência dos 4 exercícios com a carga de 2kgf.

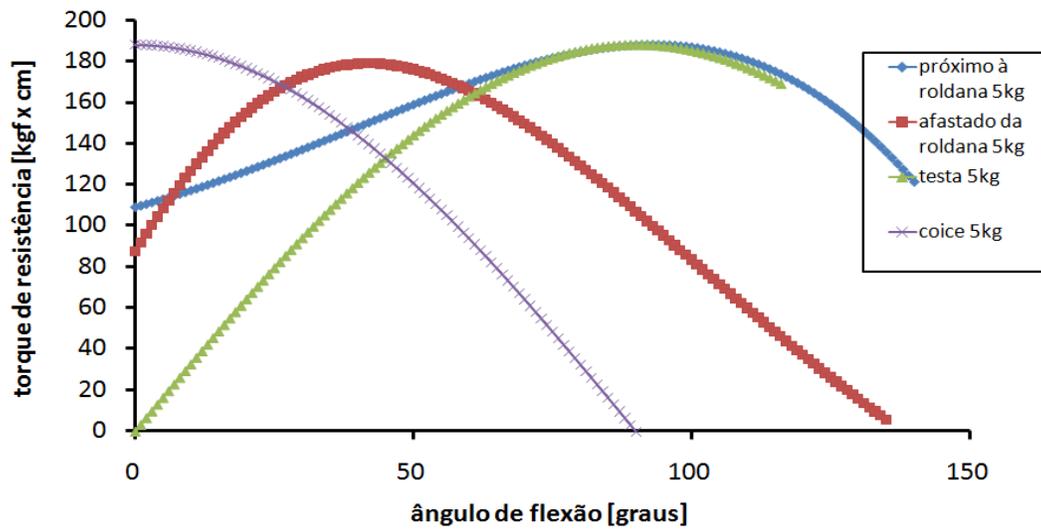


Figura 13. Torque de resistência dos 4 exercícios com a carga de 5kgf.

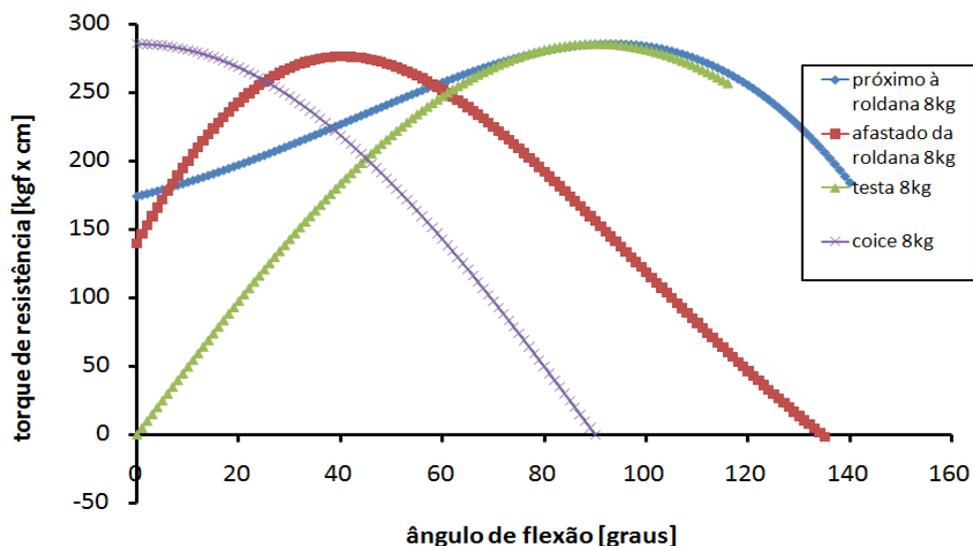


Figura 14. Torque de resistência dos 4 exercícios com a carga de 8kgf.

A figura 15 apresenta a força muscular do exercício tríceps próximo à roldana ao longo da flexão do cotovelo. Nota-se que as curvas são muito semelhantes para as três cargas selecionadas, sendo crescente no início, atingindo o pico por volta dos 100° de flexão e seguindo decrescente até o final do movimento.

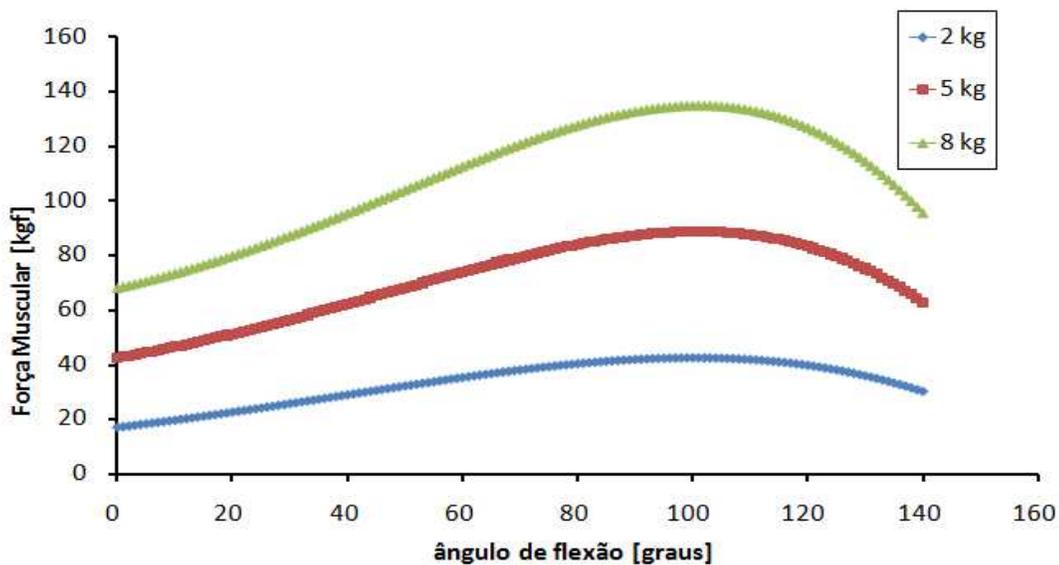


Figura 15. Tríceps próximo à roldana: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo.

Já no exercício tríceps com o executante afastado da roldana, a força muscular se apresenta crescente até o pico e, do pico ao fim da execução, decrescente. O pico ocorre em ponto diferente para cada carga, sendo aos 52°, 46° e 44° de flexão, para as cargas de 2, 5 e 8kgf, respectivamente.

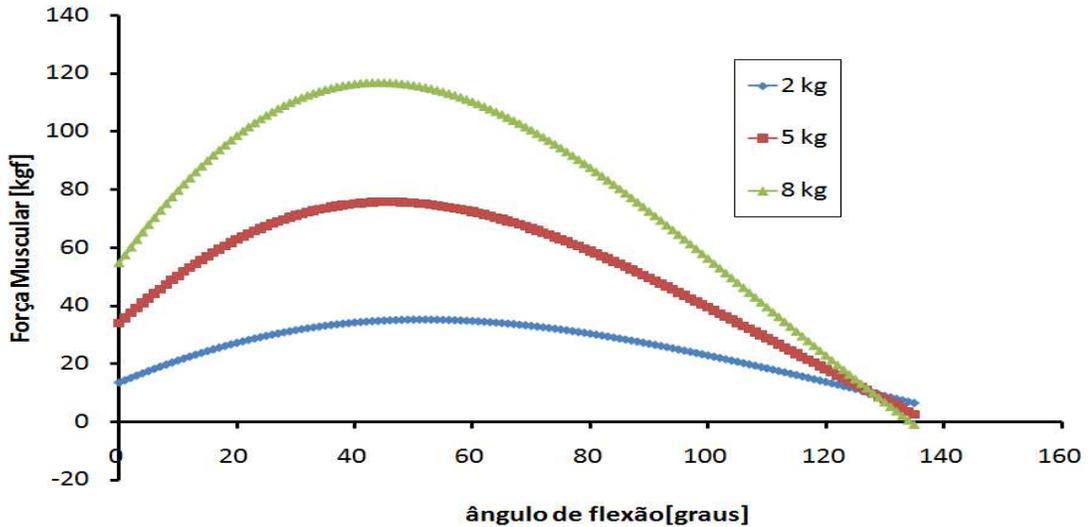


Figura 16. Tríceps afastado da roldana: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo.

No tríceps coice, a força muscular apresenta-se crescente do início ao fim, ocorrendo o pico no fim da execução (figura 17).

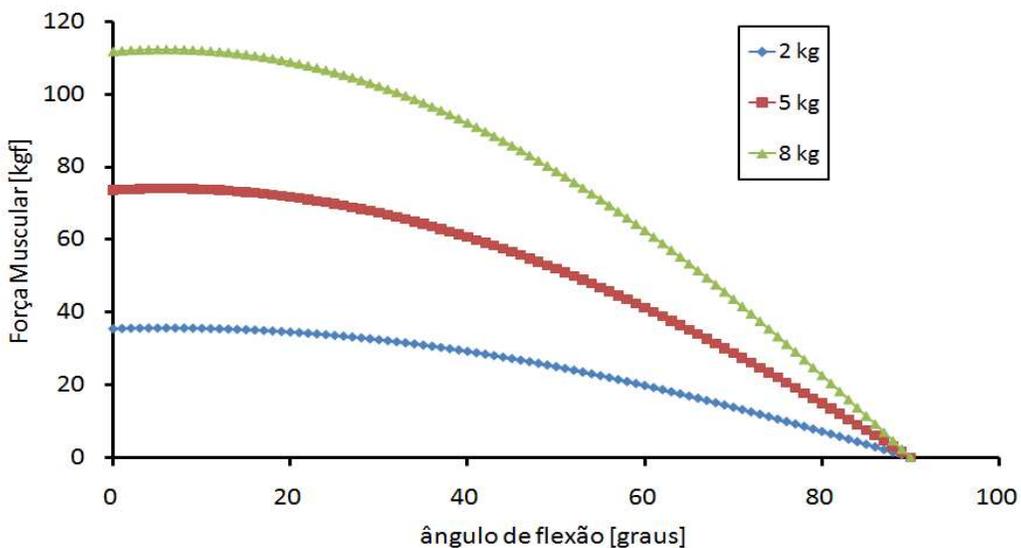


Figura 17. Tríceps coice: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo.

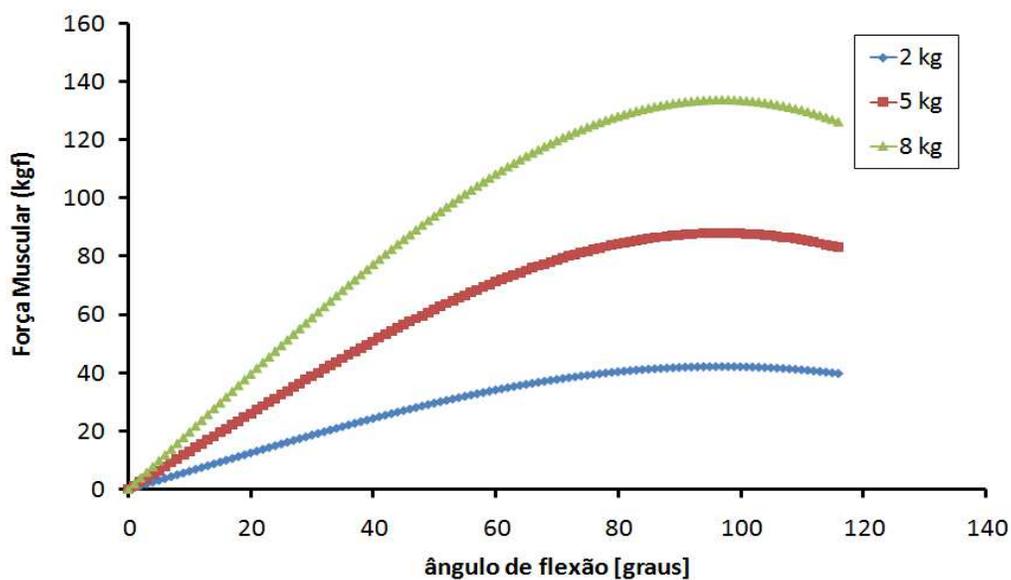


Figura 18. Tríceps testa: força muscular x ângulo de flexão do cotovelo.

A figura 18 apresenta a força muscular do exercício tríceps testa. A força é levemente crescente até o pico, que ocorre aos 97° de flexão para as três cargas selecionadas, e depois decresce até o fim do movimento.

## 5. DISCUSSÃO

Comparando o torque de resistência dos quatro exercícios sugeridos, o comportamento das curvas são semelhantes para três exercícios (tríceps próximo da roldana, tríceps afastado da roldana e tríceps testa), sendo que somente um deles, o tríceps coice, apresenta comportamento diferenciado. Ou seja, os três primeiros apresentam a curva de torque de resistência ascendente-descendente, enquanto que o último apresenta a mesma curva com comportamento somente ascendente.

Porém, o pico de torque de resistência não é igual para nenhum exercício. Cada exercício apresenta o pico de torque em ângulo diferente. Por outro lado, quando se varia a carga em um mesmo exercício, três dos quatro exercícios analisados, tem seu pico de torque no mesmo ângulo de flexão de cotovelo para as três cargas selecionadas (2, 5 e 8kgf), ou seja, independente da carga que foi escolhida em um mesmo exercício, o comportamento da curva de torque e o pico de torque são iguais. Isso acontece no tríceps com o indivíduo próximo à roldana, que apresenta as curvas de torque ascendente-descendente e tem seu pico ocorrendo no ângulo  $93^\circ$  de flexão para as três cargas testadas; com o tríceps testa, que também apresenta as curvas de torque ascendente-descendente e tem o pico no ângulo  $90^\circ$  de flexão nas três cargas selecionadas; e no tríceps coice, que apresenta as curvas de torque ascendente com pico ocorrendo sempre na extensão completa, ou seja, no ângulo  $0^\circ$  de flexão independente da carga escolhida.

Nos três exercícios descritos anteriormente, a única mudança que ocorre quando se seleciona cargas diferentes para o mesmo exercício é a magnitude do torque de resistência, ou seja, quanto maior for a carga escolhida maior será a magnitude do torque de resistência. O mesmo não ocorreu com o exercício tríceps realizado com o indivíduo afastado da roldana. Embora o comportamento das curvas de torque de resistência tenha sido semelhante para as três cargas selecionadas, curvas ascendente-descendentes, o pico variou conforme variou a carga. Para carga de 2kgf, o pico ocorreu no ângulo  $47^\circ$  de flexão do cotovelo; para a carga de 5kgf, o pico ocorreu no ângulo  $42^\circ$  de flexão; e para carga de 8kgf, o pico ocorreu no ângulo  $40^\circ$  de flexão. E, da mesma forma que nos outros exercícios, conforme se aumenta a carga, aumenta-se a magnitude do torque de resistência.

No tríceps próximo a roldana, tríceps testa e tríceps coice a linha de ação da força externa e a linha de ação da força peso (peso do segmento) são sempre verticais (ou muito próximas da vertical) ao longo de toda amplitude de movimento, fazendo com que o torque máximo de ambas as forças ocorra sempre que o antebraço estiver horizontal ao solo, independente da carga selecionada. Por isso o pico de torque de resistência ocorre sempre no mesmo ângulo de flexão do cotovelo, seja qual for a carga selecionada. Já no tríceps afastado da roldana, a linha de ação da força externa é um pouco horizontalizada e a linha de ação da força peso é vertical, isso faz com que cada uma dessas forças tenha pico de torque em ângulos de flexão diferentes, ou seja, o pico de torque da força peso é aos 90° de flexão (maior distância perpendicular) e o pico de torque da força externa é quando a linha de ação dessa força forma um ângulo de 90° com o segmento antebraço, e isso ocorre na metade final do movimento. Neste exercício quanto maior for a carga selecionada, maior será o torque gerado pela força externa, enquanto o torque do peso do segmento continua o mesmo. Assim, o pico de torque de resistência, que é a soma do torque da força externa e do torque da força peso será deslocado para mais próximo da extensão máxima do cotovelo (esquerda do gráfico), região onde ocorre o pico do torque da força externa.

Segundo KULIG et. al. (1984), a capacidade de gerar torque dos extensores de cotovelo é ascendente até mais ou menos 90° de flexão, e segue descendente até o fim do movimento.

Dos quatro exercícios testados, somente dois apresentam essas características: o tríceps próximo à roldana e o tríceps testa. Ambos têm as curvas de torque ascendente até mais ou menos 90° de flexão do cotovelo, e seguem descendentes até o término do movimento. Então, no que se refere a torque, podemos dizer que dos quatro exercícios que foram testados, somente dois estão de acordo com a capacidade fisiológica de gerar torque da musculatura extensora do cotovelo.

Todavia, a análise do torque de resistência configura o primeiro passo para o entendimento da sobrecarga sobre as estruturas músculo-esquelético. Durante a realização dos exercícios, para satisfazer a condição de equilíbrio rotacional, os músculos geram a rotação do segmento no sentido oposto aquele do torque de

resistência, gerando um torque ou momento muscular (RIBEIRO et. al., 2005). Operacionalmente, o torque muscular é influenciado pela distância perpendicular do músculo (característica mecânica) e pela capacidade de produção de força muscular (característica fisiológica).

A distância perpendicular muscular é a distância entre a linha de ação da força muscular (na inserção do tendão) e o centro de rotação da articulação e durante movimentos dinâmicos, à medida que o ângulo articular muda, a distância perpendicular do músculo até o eixo de rotação articular muda também (WINTER, 2005). No que se refere à musculatura extensora do cotovelo, MURRAY et. al. (1995), demonstra em seu estudo que a característica mecânica é levemente crescente ao longo da amplitude de movimento.

A capacidade de produção de força muscular está intimamente ligada a relação força-comprimento muscular. Segundo essa relação, a produção de força no músculo esquelético aumenta com o aumento do comprimento do sarcômero (fase ascendente da relação) até que a força máxima seja atingida (platô da relação) e diminui linearmente com o aumento do comprimento do sarcômero (fase descendente da relação) (GORDON et. al., 1966). KULIG et. al. (1984), demonstra que a capacidade de produção de força dos extensores de cotovelo é ascendente até mais ou menos 90° de flexão, e segue descendente até o término do movimento.

As curvas de força muscular ao longo da amplitude de movimento apresentam comportamento muito semelhante às respectivas curvas de torque de resistência, considerando a curva de torque e de força de um mesmo exercício. Em todos os exercícios testados, as curvas de força apresentam o mesmo comportamento de sua respectiva curva de torque (ascendente-descendente), porém com o pico deslocado para direita do gráfico, com exceção do tríceps coice, que, como no torque, a curva é ascendente do início ao fim do movimento, com o pico de força ocorrendo muito próximo da extensão máxima (6° de flexão independente da carga selecionada).

Assim como nas curvas de torque, as curvas de força apresentam o pico ocorrendo no mesmo ângulo de flexão para diferentes cargas de um mesmo exercício, com exceção do tríceps realizado afastado da roldana, onde o pico varia conforme a carga, quanto maior for a carga, mais deslocado para esquerda do

gráfico será o pico. O tríceps realizado próximo da roldana e o tríceps testa apresentam o local de pico igual independente da carga selecionada, 101° e 97° de flexão respectivamente.

Conforme a capacidade de produção de força dos extensores de cotovelo apresentada por KULIG et. al. (1984), dos quatro exercícios que foram testados, três deles apresentam comportamento de curva ascendente-descendente (tríceps próximo à roldana, afastado da roldana e testa), porém somente dois deles apresentam a curva ascendente até próximo dos 90° de flexão e depois descendente, que são o tríceps próximo à roldana e o tríceps testa. O tríceps coice apresenta uma melhor coincidência com a característica mecânica (distância perpendicular) da musculatura, visto que suas curvas são ascendentes do início ao fim do movimento, assim como a característica mecânica apresentada pelos extensores de cotovelo (MURRAY et. al., 1995). No entanto, a capacidade fisiológica (relação força-comprimento muscular) parece ser predominante à característica mecânica (distância perpendicular muscular), já que os extensores de cotovelo apresentam a capacidade de produção de força ascendente-descendente (KULIG, et. al., 1984).

Sendo assim, o tríceps coice seria indicado para pessoas e/ou atletas que necessitem desenvolver maior força de extensores de cotovelo na extensão completa, como por exemplo nadadores do nado crawl e jogadores de vôlei (atacantes, levantadores). Para pessoas que treinam musculação, por exemplo, o ideal seria alternar os quatro exercícios de extensão de cotovelo, objetivando exigir o máximo da musculatura extensora em diferentes pontos de sua amplitude.

## 6. CONCLUSÃO

Entre os quatro exercícios analisados, três deles apresentam as curvas de torque de resistência ascendente-descendentes (tríceps no pulley próximo e afastado da roldana e tríceps testa) e um deles, o tríceps coice, apresenta a curva de torque de resistência somente ascendente.

Entre os exercícios analisados somente dois apresentam comportamento do torque de resistência coincidente com as curvas apresentada pela literatura em relação a capacidade de gerar torque da musculatura extensora de cotovelo, tríceps testa e próximo da roldana, que apresentam as curvas ascendentes até próximo dos 90° de flexão e descendentes após 90° até o final do movimento.

O exercício tríceps coice é o único que apresenta a variação do torque de resistência coincidente com a característica mecânica da musculatura extensora do cotovelo (distância perpendicular muscular, fornecida pela literatura).

No exercício tríceps próximo a roldana o pico de torque de resistência ocorre no ângulo 93° de flexão do cotovelo para as três cargas testadas, e o pico de força muscular acontece no ângulo 101° de flexão para as três cargas testadas. No exercício tríceps afastado da roldana o pico de torque de resistência ocorre no ângulo 47° de flexão para a carga de 2kgf, no ângulo 42° de flexão para a carga de 5kgf e no ângulo 40° de flexão para a carga de 8kgf, e o pico de força muscular ocorre no ângulo 52° de flexão para a carga de 2kgf, no ângulo 46° de flexão para a carga de 5kgf e no ângulo 44° de flexão para a carga de 8kgf. No exercício tríceps testa o pico de torque de resistência ocorre no ângulo 90° de flexão para as três cargas testadas, e o pico de força muscular ocorre no ângulo 97° de flexão para as três cargas testadas. No exercício tríceps coice o pico de torque de resistência ocorre no ângulo 0° de flexão (extensão completa) para as três cargas testadas, e o pico de força muscular ocorre no ângulo 6° de flexão para as três cargas testadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECH E, LOSS JF. **Estimativa da força muscular resultante no aparelho “voador”**. Congresso Brasileiro de Biomecânica, Águas de São Pedro (SP), 2007.
- BINI RR, CARPES FP, TOLEDO JM, LOSS JF. **Estimativa das forças na articulação tibio-femoral no exercício de extensão dos joelhos em cadeia cinética aberta realizado em máquina de musculação**. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, 10(1):35-42, 2008.
- BONEZI A, ROCHA E, LOSS J. **Análise biomecânica do exercício de flexão plantar sentado**. Congresso Brasileiro de Biomecânica, João Pessoa (PE), 2005.
- CANTERGI D, ABECH E, LOSS JF. **Análise mecânica e estimativa da força muscular resultante no “aparelho flexor dorsal do pé”**. Congresso Brasileiro de Biomecânica, Águas de São Pedro (SP), 2007.
- COSTA MG. **Ginástica Localizada**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Sprint, 2001.
- DIAS RMR, CYRINO ES, SALVADOR EP, NAKAMURA FY, PINA FLC, OLIVEIRA AR. **Impacto de 8 semanas de treinamento com pesos sobre a força muscular de homens e mulheres**. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, vol. 11, nº 4, 2005.
- ENOKA RM. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. 2ª Ed. São Paulo: Manole, 2000.
- FLECK SJ, KRAEMER WJ. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artemed, 2006.
- GERMAIN BC. **Anatomia para o Movimento: introdução à análise das técnicas corporais**. 1ª Ed. São Paulo: Manole, 2002.
- GORDON AM, HUXLEY AF, JULIAN FJ. **The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres**. J. Physiol. 1966, 184:170-92.
- KULIG K, ANDREWS JG, HAY JG. **Human Strength Curves**. Exercise and Sports Science Reviews 1984; 12:417-66.
- MARCHETTI PH, CALHEIROS R, CHARRO M. **Biomecânica Aplicada: Uma**

**Abordagem para o Treinamento de Força.** São Paulo: Phorte, 2007.

MCGINNIS PM. **Biomecânica do Esporte e do Exercício.** Porto Alegre: Artemed, 2002.

MELO MO, LA TORRE M, PASINI M, VOGT EL, ARAÚJO LD, SILVA RE, LOSS JF, CANDOTTI CT. **Modelo de quantificação da força muscular do tríceps braquial utilizando a eletromiografia de superfície.** Congresso Brasileiro de Biomecânica, Águas de São Pedro (SP), 2007.

MURRAY WM, DELP SL, BUCHANA TS. **Variation of muscle moment arms with elbow and forearm position.** J Biomech 28(5):513-525, 1995.

OLIVEIRA PV, BAPTISTA L, MOREIRA F, LANCHÁ JUNIOR AH. **Correlação entre suplementação de proteína e carboidrato e variáveis antropométricas e de força em indivíduos submetidos a um programa de treinamento com pesos.** Revista Brasileira de Medicina do Esporte, vol. 12, nº 1, 2005.

PULCINELLI AJ, GENTIL P. **Treinamento com pesos: efeitos na composição corporal de mulheres jovens.** R. da Educação Física/UEM, vol. 13, nº 2, p. 41-45, 2002.

RIBEIRO DC, LOSS JF, CAÑEIRO JPT, LIMA CS, MARTINEZ FG. **Análise eletromiográfica do quadríceps durante a extensão do joelho em diferentes velocidades.** Acta Ortop Bras., 3(4): 189-193. 2005.

SANTOS AB, SILVA FC, LOSS JF. **Comparação do Torque de Resistência Externo de Exercícios de Flexão de Cotovelo.** Congresso Brasileiro de Biomecânica, Águas de São Pedro (SP), 2007.

SANTOS CF, CRESTAN TA, PICHETH DM, FELIX G, MATTANÓ RS, PORTO DB, SEGANTIN Q, CYRINO ES. **Efeito de 10 semanas de treinamento com pesos sobre indicadores da composição corporal.** Rev. Bras. Ciên. E Mov. Brasília vol. 10, nº 2, p. 79-84, 2002.

THOMPSON CW, FLOYD TR. **Manual de Cinesiologia Estrutural.** 14ª Ed. São Paulo: Manole, 2002.

WINTER DA. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement.** New York: Wiley, 2005.