

**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**LESLIE NATHAN PERSCH**

**EFEITO DO TREINAMENTO DA FORÇA MUSCULAR SOBRE  
PARÂMETROS DA MARCHA ASSOCIADOS AO RISCO DE QUEDAS EM  
IDOSAS**

Dissertação de Mestrado defendida como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.



**CURITIBA  
2008**

**LESLIE NATHAN PERSCH**

**EFEITO DO TREINAMENTO DA FORÇA MUSCULAR SOBRE PARÂMETROS DA  
MARCHA ASSOCIADOS AO RISCO DE QUEDAS EM IDOSAS**

Dissertação de Mestrado defendida como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

**Orientador: Prof. Dr. André Luiz Felix Rodacki**

Aos meus pais

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Valdomiro Persch e Sara Talita Persch, pelo apoio e amor incondicional, não apenas durante a realização deste trabalho, mas desde o inicio de minha existência. Seu suporte, carinho, dedicação e cobrança, me trouxeram até aqui. Por isso, e muito mais, muito obrigada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Luiz Félix Rodacki, pela orientação científica, por todo apoio e incentivo, por sua ajuda na compreensão do tema e pelas valiosas sugestões, críticas e distrações entre um parágrafo e outro, por sua dedicação e total disponibilidade sempre demonstradas ao longo deste trabalho. Sem tudo isso, não teria sido possível a realização do mesmo.

Aos meus colegas de mestrado, Clever Provensi, Eduardo Galina, Gustavo Rezende, Fabiano Cristopoliski e Tiago Sarraf, pelo conhecimento compartilhado, por suas sugestões, auxilio, companherismo, e até mesmo, por suas brincadeiras, que descontraíram meus intervalos no laboratório.

A todos os alunos e professores envolvidos, especialmente Daniela e Felipe, pela disponibilidade para participarem no estudo, bem como a sua colaboração.

## **SUMÁRIO**

### **LISTA DE FIGURAS**

### **LISTA DE QUADROS**

### **LISTA DE TABELAS**

### **RESUMO**

### **ABSTRACT**

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	13
1.1 Justificativa.....	13
1.2 Objetivo.....	15
1.2.1 Objetivos específicos.....	15
1.3 Hipóteses.....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	17
2.1 EPIDEMIOLOGIA.....	17
2.1.1 Envelhecimento da População.....	17
2.1.2 Determinantes demográficos do envelhecimento da população brasileira.....	18
2.1.3 Custos em saúde pública com o envelhecimento.....	18
2.2 QUEDAS.....	19
2.2.1 Prevalência.....	20
2.2.2 Custos públicos.....	21
2.2.3 Fatores de risco.....	22
2.2.3.1 Fatores de risco intrínsecos.....	22
2.2.3.2 Fatores de risco extrínsecos.....	24
2.2.4 Conseqüências.....	24
2.2.5 Prevenção das Quedas.....	25
2.3. A MARCHA HUMANA .....	27
2.3.1 Ciclo da marcha.....	28
2.3.2 Centro de massa na Marcha.....	31
2.3.3. Ações Musculares na Marcha.....	31
2.4 MARCHA EM IDOSOS.....	34

2.4.1 O Padrão Muscular e Cinemático do Idoso Durante o Ciclo da Marcha.....	34
2.5 INTERAÇÃO ENTRE FORÇA MUSCULAR, MARCHA NO IDOSO E QUEDAS.....	36
2.5.1 A força muscular e o processo de envelhecimento.....	36
2.5.2 Alterações na marcha decorrentes da redução de força muscular.....	37
2.5.3 Treinamento de força muscular em idosos.....	38
<b>3. MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
3.1 População.....	41
3.1.1 Seleção da amostra.....	41
3.1.2 Critérios de exclusão.....	42
3.2 PROCEDIMENTOS.....	43
	45
<b>3.3 ANÁLISE CINEMÁTICA.....</b>	<b>45</b>
3.3.1 Área de Coleta dos Dados.....	45
3.3.2 Calibragem do sistema.....	46
3.3.3 Preparação das participantes.....	46
3.3.4 Localização e Determinação dos Pontos Anatômicos.....	46
3.3.5 Coleta dos dados.....	47
3.3.6 Processamento e Tratamento dos Dados.....	49
3.4 VARIÁVEIS DO ESTUDO.....	49
3.4.1 Variáveis dependentes .....	49
3.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	55
<b>4.0 RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
4.1 Características gerais da amostra.....	56
4.2 Força muscular.....	57
4.3 Variáveis temporais.....	63
4.4 Variáveis espaciais lineares.....	64
4.5 Variáveis espaciais angulares.....	65
<b>5.0 DISCUSSÃO.....</b>	<b>73</b>
5.1 Força muscular.....	73
5.1.1 Evolução da carga de treinamento.....	74

5.2 Variáveis temporais e espaciais lineares.....	76
5.3 Variáveis espaciais angulares.....	79
5.4 Centro de massa corporal.....	83
5.5 Limitações do estudo.....	85
<b>6.0 CONCLUSÃO.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>108</b>
<b>APENDICE III.....</b>	<b>112</b>
<b>APENDICE IV.....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>130</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Divisões de um ciclo da marcha.....	28
FIGURA 2	- Seleção e amostragem dos grupos experimental e controle.....	41
FIGURA 3	- Desenho esquemático do estudo.....	44
FIGURA 4	- Área de coleta dos dados.....	45
FIGURA 5	- Modelo biomecânico utilizado na análise da marcha de sujeitos idosos.....	47
FIGURA 6	- Evolução percentual média da carga de treinamento do grupo experimental durante o período de treinamento de força muscular.....	58
FIGURA 7	- Evolução percentual média dos resultados do teste de uma repetição máxima (1 rm) do grupo experimental durante o período de treinamento de força muscular.....	59
FIGURA 8	- Deslocamento angular do quadril antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.....	67
FIGURA 9	- Deslocamento angular do joelho antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.....	68
FIGURA10	- Deslocamento angular do tornozelo antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.....	69
FIGURA 11	- Amplitude de elevação e depressão da pelve no plano coronal antes (PRE) e após (POS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.....	70
FIGURA 12	- Amplitude de rotação do segmento anterior da pelve em relação a um eixo paralelo ao solo e transversal ao sentido de deslocamento do sujeito antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.....	71

FIGURA 13	- Ponto de maior inclinação anterior da pelve com relação ao plano vertical antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.....	71
FIGURA 14	- Teste de força músculo flexor do quadril.....	113
FIGURA 15	- Teste de força músculo extensor do quadril.....	113
FIGURA 16	- Teste de força músculo abdutor do quadril.....	114
FIGURA 17	- Teste de força músculo adutor do quadril.....	114
FIGURA 18	- Teste de força músculo flexor do joelho.....	115
FIGURA 19	- Teste de força músculo extensor do joelho.....	115
FIGURA 20	- Teste de força músculo flexor do tornozelo.....	116
FIGURA 21	- Teste de força músculo extensor do tornozelo.....	116

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1	- Divisão e função das fases da marcha.....	30
QUADRO 2	- Convenção dos movimentos articulares.....	48
QUADRO 3	- Variáveis temporais.....	51
QUADRO 4	- Variáveis espaciais lineares.....	51
QUADRO 5	- Variáveis espaciais angulares.....	52
QUADRO 6	- Variáveis de força.....	53
QUADRO 7	- Variáveis de taxa de desenvolvimento de força.....	54

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Características gerais da amostra.....	56
TABELA 2	- Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de flexibilidade, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento .....	57
TABELA 3	- Valores médios e desvio padrão das variáveis do teste de uma repetição máxima (1RM), antes (PRE) e após (PÓS) o período de treinamento.....	58
TABELA 4	- Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de contração voluntária isométrica máxima (MIVC), antes (PRE) e após (PÓS) o período de treinamento.....	61
TABELA 5	- Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de taxa de desenvolvimento de força (coeficiente angular da reta) e R (coeficiente de determinação da reta), antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.....	62
TABELA 6	- Valores médios e desvio padrão das variáveis temporais, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.....	63
TABELA 7	- Valores médios e desvio padrão das variáveis espaciais lineares, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.....	65
TABELA 8	- Valores médios e desvio padrão das variáveis espaciais angulares, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.....	66
TABELA 9	- Comparação entre os componentes da marcha observados no grupo experimental antes e após o período de treinamento com os reportados pela literatura científica.....	72

## RESUMO

O estudo objetivou verificar o efeito do treinamento de força muscular de membros inferiores sobre a marcha de mulheres idosas. Vinte e sete idosas participaram como voluntárias do estudo e foram divididas em um grupo experimental ( $n=14$ ;  $61.11 \pm 4.37$  anos; IMC =  $26.46 \pm 2.80$  kg/m $^2$ ) e um grupo controle ( $n=13$ ;  $61.67 \pm 6.62$  anos; IMC =  $25.96 \pm 3.02$  kg/m $^2$ ), intencionalmente, para obter grupos homogêneos. Os grupos foram analisados antes e após um programa designado para fortalecer os músculos dos membros inferiores. As participantes compareceram ao laboratório para duas sessões experimentais, nas quais a marcha, amplitude articular, força isométrica máxima e taxa de desenvolvimento de força muscular foram analisadas. As participantes do grupo experimental foram submetidas a 12 semanas de treinamento de força muscular, constituídas por 3 sessões semanais de aproximadamente uma hora de duração. Foram empregadas duas séries de 10 a 12 repetições composta por oito exercícios para os seguintes grupos musculares: flexores do quadril, glúteos, isquiotibiais, quadríceps, adutores e abdutores do quadril, flexores e extensores do tornozelo. A intensidade do treinamento foi de 60% da RM. As participantes do grupo controle apenas participaram das avaliações. A análise estatística foi realizada através de testes MANOVA, e post-hoc de SHEFFÉ, com  $p<0.05$ . Após o treinamento de força muscular, a marcha das participantes do grupo experimental apresentou um pico menor de inclinação anterior e maior amplitude de rotação e obliquidade pélvica ( $p<0.05$ ). Houve também alterações significativas no quadril, joelho e tornozelo. Essas mudanças propiciaram um maior comprimento da passada, cadência, velocidade da marcha e tempo do ciclo da marcha. Um maior tempo na fase de oscilação e menor tempo na fase de duplo apoio também foram encontrados. Nenhuma alteração foi encontrada no grupo controle, o qual todas as variáveis permaneceram inalteradas. Os resultados mostram que após o treinamento de força muscular dos membros inferiores as mulheres idosas apresentaram mudanças na marcha que reduzem o risco de quedas. Os efeitos da idade sobre a marcha foram revertidos e as participantes apresentaram um padrão similar aos adultos jovens após o programa de treinamento de força muscular.

**Palavras-Chave:** idosos; treinamento de força; marcha e risco de quedas.

## ABSTRACT

The study aimed to determine the effect of muscular strength training in the lower limbs during the gait of elder women. Twenty seven elderly women volunteered to participate in the study and were divided in one experimental (GE; n = 14; 61.11 ± 4.37 years-old; BMI = 26.46 ± 2.80 kg/m<sup>2</sup>) and a control group (GC; n = 13; 61.67 ± 6.62 years-old; BMI = 25.96 ± 3.02 kg / m<sup>2</sup>), intentionally, to get homogeneous groups. The groups were analyzed before and after a program designed to strengthen muscles of the lower limbs. Participants attended the laboratory for two experimental assessment sessions, in which gait, range of motion, maximum isometric voluntary contraction (MIVC), one maximum exertion (1RM) and rate of force development were assessed. The participants of the experimental group underwent to 12 weeks of muscular strength training, consisting of 3 sessions per week for approximately one hour long. They were employed two sets of 10 to 12 repetitions composed of eight exercises for the following muscle groups: the hip flexor and extensor, hamstrings, knee extensor, hip adductor and abductores, flexor and extensor of the ankle. The intensity of training was 60% of RM, while the control group only participate of the assessment sessions. The statistical analysis was performed by MANOVA tests, and post-hoc, SHEFFÉ, p <0.05. After training, the gait of participants of the experimental group showed a shorter peak of anterior pelvic tilt, greater rotation and pelvic obliquity (p<0.05). There were also significant changes in the hip, knee and ankle. These changes provided a greater step length, cadence, gait velocity and shorter gait cycle duration. A longer phase of the oscillation and shorter double support duration at stance were also found. No changes were found in the control group, which remained unaltered in all variables. The results showed that after the training, muscular strength of the lower limbs in elderly women induced changes in the gait that reduced the risk of fall. The effects of age on the gait were reversed and the participants exhibited a pattern similar to that observed young healthy adults after the muscular strength training.

**Keywords:** elderly; muscular strength training; gait and risk of falls.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A senescência é um processo dinâmico e progressivo, no qual ocorrem modificações morfológicas, funcionais, bioquímicas e psicológicas (SOCIEDADE BRASILEIRA DE GERIATRIA E GERONTOLOGIA, 2004), pela interação de uma série de variáveis como fatores genéticos, estilo de vida e doenças (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 1998). O maior problema associado ao envelhecimento é o declínio da capacidade funcional que aparenta ser fortemente influenciado pelo nível de atividade física (HUBERT et al., 2002).

A diminuição de massa e força muscular decorrentes do processo de envelhecimento influencia a capacidade do sistema músculo-esquelético durante o desempenho de atividades da vida diária (FIATORONE et al., 1994) que não afetam apenas a habilidade em realizar tarefas quotidianas, mas também aumentam o risco de acidentes. Dentre os acidentes mais comuns na terceira idade, as quedas são os mais freqüentes e possuem graves consequências, que podem resultar em isolamento social, perda da independência, necessidade prematura de cuidados mais intensivos e óbito (HONEYCUTT e RAMSEY, 2002).

Aproximadamente 45% das quedas ocorrem durante a marcha (ROSE e GAMBLE, 2006). No Brasil, 30% dos idosos caem ao menos uma vez ao ano. Cerca de 5% destas quedas resultam em fraturas e entre 5 a 10% envolvem ferimentos importantes, necessitando de cuidados médicos. As quedas têm relação causal de 12% com todos os óbitos na população geriátrica mundial e constituem a sexta causa de óbito em pessoas com mais de 65 anos (PEREIRA et al., 2001). Estima-se que o governo Norte Americano gaste cerca de 10 bilhões de dólares anualmente para o tratamento de idosos que sofreram lesões em decorrência de quedas. Deste modo, o estudo de estratégias preventivas para a redução do risco de quedas durante a marcha é fundamental (WINTER, 1991).

Com o decréscimo de força muscular, os idosos alteram o padrão da marcha, o qual está intimamente relacionado às quedas (ROSE e GAMBLE, 2006). Dentre as alterações mais comuns que caracterizam a marcha do idoso, a redução da elevação da perna de balanço em relação ao solo e o aumento da velocidade de contato do pé têm sido apontados como fatores associados às quedas durante a

locomoção (KERRIGAN et al., 2001). A diminuição na altura de elevação da perna de balanço incrementa o risco de tropeços em objetos ou em irregularidades do piso (KERRIGAN et al., 2003) enquanto que o acréscimo na velocidade de contato do pé com o solo pode aumentar o risco de escorregões e desequilíbrios (WINTER, 1991). Estas alterações podem estar relacionadas à redução das capacidades contráteis, como por exemplo a redução na capacidade de produção de força dos grupos musculares extensores das articulações dos membros inferiores. Estudos têm demonstrado que idosos que sofrem quedas apresentam apenas 37% da força da musculatura extensora do joelho, e 10% da força da musculatura flexora plantar do tornozelo (WHIPPLE, WOLFSON e AMERMAN, 1987).

Alguns estudos têm apontado que o treinamento de força, além de aumentar a massa e força muscular, a densidade mineral óssea, o equilíbrio dinâmico e os níveis totais de atividade física, também diminui os riscos de quedas e fraturas ósseas (ACSM, 2002). Apesar da maioria dos estudos ter demonstrado que exercícios de fortalecimento resultam em melhorias significativas na função músculo-esquelética (FRONTERA e XAVIER, 2002) e serem um componente crítico da habilidade da caminhada (BASSEY et al., 1992; FIATARONE, O'NEILL e DOYLE, 1994), poucos verificaram o efeito de um treinamento de fortalecimento muscular sobre os parâmetros cinemáticos relacionados às quedas em idosos.

Zhen-Bo et al. (2007), verificaram que após um programa de treinamento combinado, com ênfase sobre fortalecimento de membros inferiores, equilíbrio e marcha com obstáculos em idosas, houve um aumento na velocidade da marcha, na flexão do tornozelo na fase de pré-balanço, os quais foram acompanhados por incrementos na flexão do quadril e joelho na fase de balanço. Entretanto, os autores não puderam inferir sobre os efeitos dos protocolos de treinamento utilizados, visto a falta de controle criterioso sobre tais alterações. Além disso, outras variáveis cinemáticas relacionadas ao risco de quedas em idosos não foram quantificadas.

A compreensão dos mecanismos pelos quais a força muscular influencia a marcha na terceira idade é relevante para que os profissionais envolvidos na elaboração e na condução dos programas de atividade física e reabilitação possam intervir de forma mais efetiva. Desta forma, este estudo objetiva determinar os efeitos da melhoria da capacidade funcional dos grupos musculares dos membros inferiores sobre os parâmetros da marcha associados ao risco de quedas em idosos.

## 1.2 OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo analisar e quantificar as alterações decorrentes de um programa de doze semanas de treinamento de força muscular de membros inferiores sobre características cinemáticas da marcha de individuos idosas saudáveis, associadas ao risco de quedas.

### 1.2.1 Objetivos específicos

- a) Descrever as características cinemáticas da pelve, quadril, joelho, tornozelo e do pé, relacionadas com o risco de quedas em idosas, antes (PRÉ) e após (PÓS) um programa de fortalecimento muscular de membros inferiores em relação ao grupo controle;
- b) Analisar a influência do treinamento de força muscular (pico e taxa de desenvolvimento de força) sobre as variáveis descritivas da marcha associadas ao risco de quedas.

## 1.3 HIPÓTESES

$H_1$ : O grupo controle não apresentará alterações biomecânicas nas variáveis estudadas, visto a ausência de um procedimento experimental que possa induzir a modificações na marcha.

$H_2$ : Ocorrerão adaptações que conduzirão a aumentos na força muscular após o período de treinamento de força aplicado ao grupo experimental.

$H_3$ : Haverá adaptações neuromusculares que conduzirão a aumentos na taxa de desenvolvimento de força muscular após o período de treinamento de força aplicado ao grupo experimental.

$H_4$ : Após o treinamento de força de membros inferiores haverá um aumento das variáveis temporais analisadas no presente estudo em função das alterações impostas pelo treinamento.

H<sub>5</sub>: O comprimento da passada e a velocidade da marcha das participantes aumentarão após o programa de treinamento de força muscular.

H<sub>6</sub>: Após o treinamento de força de membros inferiores haverá um aumento da elevação do pé em relação ao solo.

H<sub>7</sub>: A velocidade de contato do calcanhar com o solo diminuirá após o treinamento de força muscular.

H<sub>8</sub>: Após o treinamento de força de membros inferiores haverá uma redução na máxima inclinação anterior e um aumento da amplitude de obliquidade e da rotação da pelve.

H<sub>9</sub>: Após o treinamento de força de membros inferiores haverá um aumento do deslocamento angular máximo de flexão do joelho e de flexão do tornozelo, além de um aumento na amplitude de movimentação do quadril.

H<sub>10</sub>: O treinamento de força muscular aumentará a taxa de desenvolvimento de força no grupo experimental, porém tais alterações não serão refletidas sobre os parâmetros da marcha.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 EPIDEMIOLOGIA

#### 2.1.1 Envelhecimento da População

O envelhecimento populacional foi inicialmente observado em países desenvolvidos, e mais recentemente, nos países em desenvolvimento. De acordo com as projeções das Nações Unidas (UNITED NATIONS, 1999), a população brasileira, no período 1950-2050, apresentará um dos processos mais rápidos de envelhecimento demográficos. Entre 1960 e 2025, passará da 16<sup>a</sup> para a 6<sup>a</sup> posição mundial em termos de número absoluto de indivíduos com 60 anos ou mais (KALACHE, VERAS e RAMOS, 1987). De acordo com essas projeções, estima-se que, em 2020, a população brasileira com mais de 60 anos represente 13% da população total e, em 2050, chegue a 22% (CENSO, 2000).

Na Europa, estima-se que a porcentagem de pessoas com mais de 65 anos passará de 14,4% do total, em 1990, para 20,2% em 2020 (TSAKLOGLOU, 1996). Nos Estados Unidos, as projeções indicam que em 2040, cerca de 12.834.000 de pessoas terão idade igual ou superior a 85 anos de idade (VERAS, 1991).

Como em outros países do mundo, no Brasil há um número maior de mulheres na faixa etária idosa (55%). Essa diferença se acentua com o aumento da idade: a razão de gênero é de 118 mulheres para cada 100 homens na faixa etária de 65-69 anos e de 141 para cada 100 no grupo de 80 anos ou mais. A expectativa de vida ao atingir 60 anos também acompanha o gênero, com mais 19,3 anos de vida, em média, para as mulheres contra 16,8 anos para os homens (MOREIRA, 1998).

As projeções das Nações Unidas apontam que o Brasil teria, em 2000, uma população de 170 milhões de habitantes, dos quais 8,7 milhões estariam acima de 65 anos (UNITED NATIONS, 1999). Projeções para 2020 sugerem que o Brasil atingiria 209 milhões de habitantes, 17,8 milhões com pelo menos 65 anos de idade (8,5%). Para 2050, as projeções indicam que a população nacional ascenderia a 244 milhões de pessoas, 42,2 milhões acima de 65 anos (IBGE, 1997; CENSO, 2002).

Isso significa que, entre 1980 e 2050 a população jovem tenderá a reduzir para a metade a sua participação na população brasileira, enquanto a população

idosa mais do que quadruplicará sua proporção no contingente demográfico nacional (VERAS, 1991).

### 2.1.2 Determinantes demográficos do envelhecimento da população brasileira

O aumento do contingente de idosos deve-se basicamente a dois fatores: a diminuição da taxa de natalidade e o acréscimo da expectativa de vida. Ao primeiro fenômeno, atribuem-se em geral os aspectos socioculturais, como a revisão de valores sociais relacionados à família e o crescimento da escolaridade feminina; os aspectos científicos, como o desenvolvimento de métodos contraceptivos; e os aspectos econômicos, como o incremento da participação da mulher no mercado de trabalho. Ao aumento da expectativa de vida, relacionam-se claramente os avanços na área de saúde e os investimentos em saneamento e educação (CENSO, 2002).

O Brasil passou por transformações demográficas importantes nos últimos anos afetando os índices de fecundidade e mortalidade. Embora a queda da fecundidade tenha iniciado nos anos 60, o processo de envelhecimento da população brasileira tornou-se visível apenas na década de 80, em decorrência da “inéria populacional”, que faz com que as taxas de crescimento populacional sejam ainda altas por um período relativamente longo após o início da queda da fecundidade (MOREIRA, 1999; RAMOS et al., 1987).

Em termos relativos a fecundidade responde por quase 70% do movimento de envelhecimento demográfico nacional, enquanto a mortalidade, a inéria populacional e a interação destes fatores respondem em torno de 10%, cada um, respectivamente (MOREIRA, 1998 e 1999).

### 2.1.3 Custos em saúde pública com o envelhecimento

O crescimento populacional de pessoas com mais de 65 anos vêm proporcionando grande impacto na sociedade, sobretudo no que se refere ao suporte destinado a elas, sejam em programas sociais como a previdência social ou mesmo políticas públicas que atendam as suas demandas por saúde (HURD, 1990). Nos Estados Unidos o consumo *per capita* com cuidados médicos das pessoas com idade superior a 65 anos é de três a quatro vezes maior do que aquele com pessoas

que possuem idade inferior a 65 anos (FUCHS, 2001), o que significa em torno de 4.000 dólares ao ano por idoso (BRODY, 1988).

Sabe-se que para o idoso, em função das doenças crônico-degenerativas, há aumento de demanda por bens e serviços de saúde e, com maior contingente, desafios para os governos, sociedade e familiares (SAAD, 2000).

O sistema de saúde não está estruturado para atender à demanda crescente desse segmento etário. Os idosos consomem mais dos serviços de saúde porque suas taxas de internação são bem mais elevadas e o tempo médio de ocupação do leito é muito maior quando comparados a qualquer outro grupo etário (GORDILHO et al., 2000). A falta de serviços domiciliares e/ou ambulatoriais faz com que o primeiro atendimento ocorra em estágio avançado, no hospital, aumentando os custos e diminuindo as chances de prognóstico favorável. Em outras palavras, consomem-se mais recursos do que seria preciso, elevam-se os custos, sem que necessariamente se obtenham os resultados esperados em termos de recuperação da saúde e melhoria da qualidade de vida (SILVESTRE et al., 1998).

Em média, os custos com saúde de um idoso são iguais ao custo de três pessoas de outra faixa etária (VERAS, 1991). Segundo dados fornecidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS), em 2002, 18,6% do total de internações apuradas pelas Autorizações de Internação Hospitalar (AIHs) foram registradas na faixa etária de 60 anos ou mais de idade, para uma população de idosos de apenas 8,5%, em comparação com 20,9% de internações na faixa de zero a 14 anos para uma população de 29,6% e 60,5% de internações na faixa de 15 a 59 anos (61,8% da população total). Os demais indicadores também mostram a mesma tendência, isto é, maior pressão desse segmento etário sobre vários aspectos dos custos das internações hospitalares (LOURENÇO et al., 2005).

## 2.2 QUEDAS

As quedas representam um dos problemas de saúde pública mais comum enfrentado por idosos, e está associado à mortalidade, morbidade, redução da capacidade funcional e institucionalização precoce (BROWN, 1999; CUMMINGS et al., 1995; RUBENSTEIN, JOSEPHSON e ROBBINS, 1994; TINETTI, WILLIAMS e MAYEWSKI, 1986).

Queda é denominada como o deslocamento não-intencional do corpo para um nível inferior à posição inicial com incapacidade de correção em tempo hábil, determinado por circunstâncias multi-fatoriais comprometendo a estabilidade (PEREIRA, 1994; PEREIRA et al., 2001; BARAFF, DELLA PENNA e WILLIANS, 1997).

As quedas geralmente resultam de uma interação de múltiplos e diversos fatores de risco e situações (FLEMING e PENDERGAST, 1993) como alterações físicas decorrentes do processo de envelhecimento, doenças, estilo de vida, meio-ambiente e fatores sociais (NYBERG et al., 1996; GREENSPAN et al., 1994; SVENSSON et al., 1991; CUMMINGS et al., 1995; FARAHMAD et al., 2000; IVERS et al., 2000; SADIGH et al., 2004).

### 2.2.1 Prevalência

Nos Estados Unidos, entre 35-40% da população idosa com idade igual ou superior a 65 anos cai anualmente e 5% destas necessitam de hospitalização. Após os 75 anos de idade, as taxas de quedas são ainda maiores (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001).

A taxa de queda de idosos com 65 anos de idade ou mais, em instituições e hospitais são quase três vezes maior do que aqueles que vivem na comunidade. As taxas de ferimentos também são consideradas maiores, cerca de 10-25% das quedas em instituições resultam em fraturas, lacerações e necessidade de cuidados hospitalares. Aproximadamente 75% das mortes relacionadas com as quedas ocorrem em idosos nessa faixa etária. Tanto a incidência quanto a severidade das complicações relacionadas com as quedas aumentam após os 60 anos de idade. (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001).

Na Austrália, a freqüência anual de quedas é de um em cada três australianos com essa faixa etária (LORD et al., 1993; DOLINIS, HARRISON e ANDREWS, 1997; HILL e SCHWARZ, 2004), e 45.000 idosos são hospitalizados por ferimentos decorrentes de quedas, ou seja, quatro porcento de todas as admissões hospitalares

são decorrentes das quedas (HILL e SCHWARZ, 2004). Na Europa, a porcentagem de idosos que teve pelo menos uma queda em um ano varia de 17% a 57% (STALENHOEF et al., 1997), enquanto no Brasil a porcentagem é de 30% (PERRACINE, 2000).

Idosos de 75 a 84 anos que necessitam de ajuda nas atividades de vida diária (comer, tomar banho, higiene íntima, vestir-se, sair da cama, continência urinária e fecal) têm uma probabilidade de cair 14 vezes maior que pessoas da mesma idade independentes (PERRACINE, 2000). A freqüência das quedas é maior em mulheres do que em homens da mesma faixa etária (GRAZIANO e MAIA, 1999). E quando hospitalizados, os idosos que sofreram quedas permanecem internados o dobro do tempo se comparados aos que são admitidos por outra razão (FULLER, 2000).

As quedas são responsáveis por 70% das mortes acidentais em pessoas com 75 anos ou mais (FULLER, 2000); Constituem a 6<sup>a</sup> causa de óbito em pacientes com mais de 65 anos. Naqueles que são hospitalizados em decorrência de uma queda, o risco de morte no ano seguinte à hospitalização varia entre 15% e 50% (BARAFF, DELLA PENNA e WILLIANS, 1997).

## 2.2.2 Custos públicos

O US Health Care Financing Administration e o Connecticut Long-Term Care Registry, verificaram que após uma queda, os gastos médicos com internações, serviços de assistência, emergências e cuidados especiais em casa fornecem uma média de 19.440 dólares por idoso. Os ferimentos decorrentes das quedas representam 6% de todos os gastos médicos para pessoas nessa faixa etária nos Estados Unidos (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001).

Já os custos australianos com quedas em idosos com mais de 65 anos de idade estão estimados em 498 milhões dólares australianos, e tende a aumentar nos próximos anos (MOLLER, 2004; HILL e SCHWARZ, 2004).

No Brasil não existe uma estimativa específica dos gastos com quedas em idosos.

## 2.2.3 Fatores de risco

A estabilidade do corpo depende da recepção adequada de informações de componentes sensoriais, cognitivos (orientação têmperoespacial; memória; capacidade de cálculo; capacidade de planejamento e decisão; linguagem - expressão e compreensão), integrativos centrais (principalmente cerebelo) e músculo-esquelético, de forma altamente integrada (BIRGE, 1999; PEREIRA, 1994). O efeito cumulativo de alterações relacionadas à idade, doenças, e meio-ambiente inadequado parecem predispor à queda (PEREIRA et al., 2001).

### 2.2.3.1 Fatores de risco intrínsecos

Vários estudos (PEREIRA et al., 2001; NYBERG et al., 1996; GREENSPAN et al., 1994; SVENSSON et al., 1991; CUMMINGS et al., 1995; FARAHMAD et al., 2000; IVERS et al., 2000; SADIGH et al., 2004) descrevem que em geral, os fatores de risco são classificados como:

a) Alterações fisiológicas do processo de envelhecimento:

- Diminuição da visão: redução da percepção de distância e visão periférica e adaptação ao escuro.
- Diminuição da audição.
- Distúrbios vestibulares (infecção ou cirurgia prévia do ouvido, vertigem posicional benigna).
- Distúrbios proprioceptivos: há diminuição das informações sobre a base de sustentação, os mais comuns são a neuropatia periférica e as patologias degenerativas da coluna cervical.
- Aumento do tempo de reação à situações de perigo;
- Diminuição da sensibilidade dos baroreceptores à hipotensão postural;
- Distúrbios músculo-esqueléticos: degenerações articulares (com limitação da amplitude dos movimentos), fraqueza muscular (diminuição da massa muscular);
- Sedentarismo;
- Deformidades dos pés.

b) Patologias específicas

- Cardiovasculares: hipotensão postural, crise hipertensiva, arritmias cardíacas, doença arterial coronariana, insuficiência cardíaca congestiva, síncope vaso-vagal (calor, estresse, micção) e insuficiência vértebro-basilar;
- Neurológicas: hematoma sub-dural, demência, neuropatia periférica, AVC e seqüela de AVC, acidente vascular cerebral isquêmico transitório, parkinsonismo, delirium, labirintopatias e disritmia cerebral.
- Endócrino-metabólicas: hipo e hiperglicemias, hipo e hipertireoidismo e distúrbios hidro-eletrolíticos;
- Pulmonares: DPOC e embolia pulmonar;
- Miscelânia: Distúrbios psiquiátricos (exemplo: depressão), anemia sangramento digestivo oculto), hipotermia e infecções graves (respiratória, urinária, colangite, sepse).

c) Medicamentos

- Ansiolíticos, hipnóticos e antipsicóticos;
- Antidepressivos;
- Anti-hipertensivos;
- Anticolinérgicos;
- Diuréticos;
- Anti-arritmicos;
- Hipoglicemiantes;
- Antiinflamatórios não-hormonais;
- Polifarmácia (uso de 5 ou mais drogas associadas).

#### 2.2.3.2 Fatores de risco extrínsecos.

Mais de 70% das quedas ocorrem em casa, sendo que as pessoas que vivem sozinhas apresentam risco aumentado. Os principais fatores de risco ambiental são: iluminação inadequada; superfícies escorregadias; tapetes soltos ou com dobras; degraus altos ou estreitos; obstáculos no caminho (móveis baixos, pequenos objetos, fios); ausência de corrimãos em corredores e banheiros (PEREIRA et al. 2001; AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND

AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001):

Os fatores ambientais são apontados como responsáveis por até 50% de todas as quedas (LACH et al., 1991; HILL e SCHWARZ, 2004), porém outros estudos consideram que essa estimativa subestime os fatores intrínsecos (CAMPBELL et al., 1997).

Além dos fatores de risco descritos acima, consideram-se como alto risco para as quedas, idosos do gênero feminino, com 80 anos ou mais, com equilíbrio diminuído, marcha lenta com passos curtos, baixa aptidão física, fraqueza muscular dos membros inferiores, deficiência cognitiva, uso de sedativos e/ou polifarmácia (BAZIRE, 1999; PEREIRA et al., 2001).

A identificação dos fatores de risco é de grande importância, visto que Tinetti e Williams (1998) verificaram que a taxa de quedas em idosos com nenhum ou um fator de risco é de 27%, enquanto que para aqueles que possuem quatro ou mais fatores de risco apresentam 78% de taxa de queda. Cummings e Nevitt (1989) reportaram que as taxas de quedas aumentam de 10% para 69% conforme o número de fatores de risco aumenta de um para quatro ou mais.

#### 2.2.4 Conseqüências

Aqueles que sofrem quedas apresentam um grande declínio funcional nas atividades de vida diária e nas atividades sociais, com aumento do risco de institucionalização (FULLER, 2000). A queda pode assumir significados de decadência e fracasso gerados pela percepção da perda de capacidades do corpo potencializando sentimentos de vulnerabilidade, humilhação e culpa. A resposta depressiva subsequente é um resultado esperado (SATHLER, 1994).

Dentre os problemas físicos decorrentes das quedas, destacam-se as fraturas de quadril. As fraturas de quadril constituem uma das conseqüências das quedas com o maior número de fatalidades e também levam a severos problemas de saúde e gastos consideráveis para a sociedade (ZETHREUS e JÖNSSON, 1997; SADIGH et al., 2004).

As fraturas de quadril são responsáveis por mais de 250.000 admissões hospitalares anuais nos Estados Unidos (SCHWARTZ et al., 1998).

As projeções indicam que o número de fraturas de quadril por quedas irá triplicar em 2030. Globalmente, o total de casos poderia subir de 1.7 milhões em 1990 para 6.3 milhões em 2050, tornando as fraturas de quadril no maior problema de saúde pública em idosos do século XXI (WEI et al., 2001).

Cummings e Nevitt (1989) propuseram que as características das quedas são fatores fundamentais para o risco de fratura de quadril. Eles sugerem que os idosos com maior mobilidade e atividade estão mais inclinados a cair de frente, evitando assim, o impacto sobre o quadril.

Pessoas com dificuldades na marcha e/ou no equilíbrio estariam mais propensas a cair em uma posição com impacto no quadril. Além disso, idosos com menor força muscular e reação de proteção diminuída, também estariam mais propensos, pela menor habilidade de amortecer uma queda com o braço (CUMMINGS e NEVITT, 1989).

## 2.2.5 Prevenção das Quedas

A prevenção das quedas tem sido foco de vários estudos devido a sua grande importância, e para evitar as quedas, os estudos têm realizado abordagens diferenciadas, analisando diferentes fatores de risco.

Em um estudo, foram realizadas adaptações ambientais nas casas de idosos logo após hospitalização. Esse estudo verificou uma redução na freqüência das quedas, quando comparado ao histórico anterior, tornando a adaptação ambiental neste caso, efetiva. Entretanto, a modificação ambiental isolada de outras abordagens não foi benéfica (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001).

A redução de medicamentos foi um componente proeminente na redução das quedas em vários estudos. Os medicamentos para fortalecimento ósseo são vastamente utilizados para prevenir ou tratar osteoporose. Eles reduzem as taxas de fraturas, porém, não as taxas de quedas (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001)

Em um estudo com um grupo estruturado de idosos que passaram por um programa de informações, não houve redução do número das quedas, porém foram

verificados benefícios em curto prazo em atitudes e auto-eficácia. Portanto, programas educativos não devem ser utilizados isoladamente na prevenção de quedas em idosos (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001).

Vários estudos têm demonstrado que programas de exercícios, sozinhos ou em combinação com outras intervenções, podem prevenir quedas (ROBERTSON et al., 2002), bem como reduzir os riscos de fraturas de quadril (SCHWARTZ et al., 1998).

Os programas de exercícios utilizados em estudos com intervenções multifatoriais foram associados em todos, à redução de quedas. Embora os exercícios promovam benefícios, a melhor modalidade, intensidade e duração dos exercícios para prevenir quedas permanecem incertas (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001).

O treinamento de equilíbrio associado a um programa de fortalecimento muscular em casa, demonstrou reduzir as quedas entre mulheres com 80 anos de idade (CAMPBELL et al., 1997), e esses benefícios foram mantidos por pelo menos dois anos (CAMPBELL et al., 1999).

Em uma comunidade de idosos relativamente saudáveis, um programa intensivo de força e resistência muscular reduziu os riscos subsequentes de quedas (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY AND AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION, 2001). Em outro estudo com idosas, um programa de exercícios individuais em casa, composto por treinamento de força muscular e equilíbrio, verificou que houve redução tanto do número de quedas quanto dos ferimentos associados, e para aquelas que continuaram com os exercícios, os benefícios permaneceram evidentes após dois anos (CAMPBELL et al., 1999).

É consenso que a queda é um evento de causa multifatorial de alta complexidade terapêutica e de difícil prevenção, exigindo dessa forma uma abordagem multidisciplinar (STUDENSKI, 1997; PEREIRA, 1994; CONI e WEBSTER, 1998; RUBENSTEIN, 1998). O objetivo é manter a capacidade funcional da pessoa, entendendo esse novo conceito de saúde particularmente relevante para

os idosos como a manutenção plena das habilidades físicas e mentais, prosseguindo com uma vida independente e autônoma (VIEIRA, 1996).

A marcha também é um importante fator a ser estudado para prevenção das quedas, porque 45% das quedas ocorrem durante a marcha (ROSE e GAMBLE, 2006). Por isso, torna-se fundamental a compreensão das alterações na marcha com o envelhecimento, para que as intervenções para prevenir as quedas tornem-se eficazes.

### 2.3. A MARCHA HUMANA.

Andar é um dos movimentos humanos mais naturais, existindo com a finalidade de transportar o corpo com segurança e eficiência através do terreno desejado. Aprende-se a caminhar nos primeiros anos de vida, e mantém-se o padrão maduro aproximadamente dos sete aos sessenta anos, sendo que com o envelhecimento existe um declínio gradativo da performance (PRINCE et al., 1997).

A marcha humana é uma seqüência repetida de movimentos dos membros inferiores para mover o corpo à frente enquanto mantém simultaneamente sua estabilidade (PERRY, 1992). Conforme o corpo passa sobre uma perna de suporte, a outra perna balança à frente em preparação para a próxima fase de suporte, e depois os papéis invertem-se (ROSE E GAMBLE, 2006). A transferência do peso corporal de uma perna para a outra ocorre quando os dois pés estão em contato com o solo (PERRY, 1992). Essas alternâncias cíclicas da função de suporte e da transferência de peso corporal são essenciais ao processo de locomoção, associado a continua reação de força do solo, que suportam o corpo (ROSE E GAMBLE, 2006). Uma seqüência simples dessas funções por uma perna é denominada ciclo da marcha (PERRY, 1992).

#### 2.3.1 Ciclo da marcha

O ciclo da marcha (FIGURA 1) é dividido em dois períodos, apoio e balanço. O apoio ocorre no período em que o pé está em contato com o solo. O período de balanço ocorre no tempo do ciclo da marcha no qual o pé não está em contato com o solo, ou seja, encontra-se no ar para o avanço do membro inferior (PERRY, 1992; ROSE E GAMBLE, 2006).

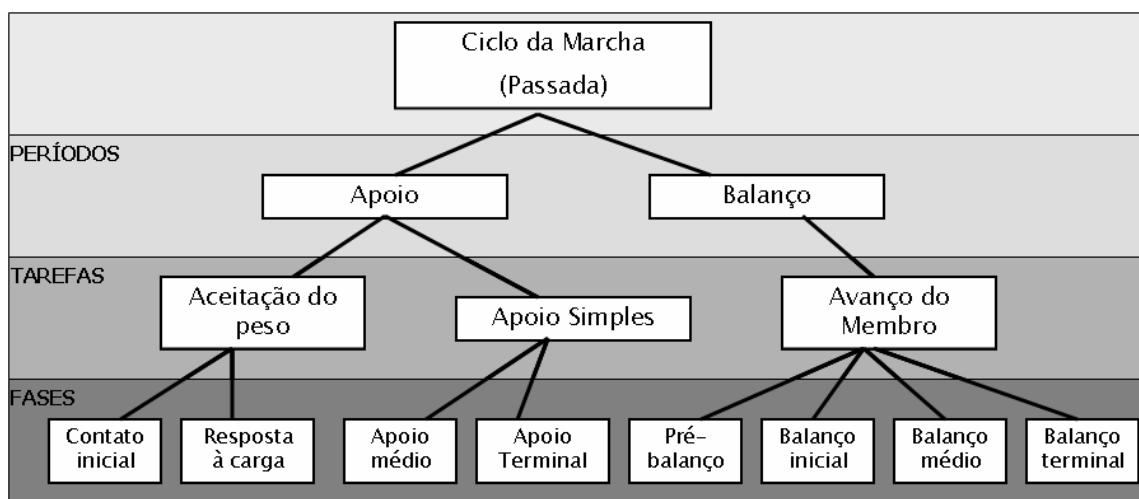


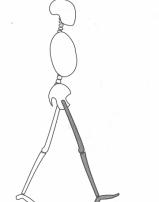
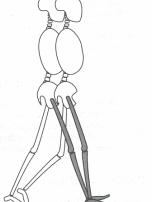
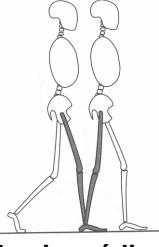
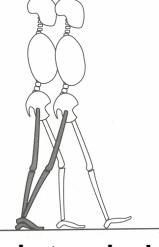
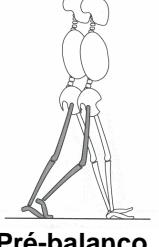
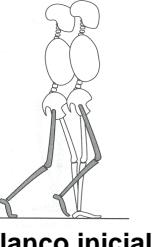
FIGURA 1 – Divisões de um ciclo da marcha. Modificado de PERRY, 1992.

Esses períodos dividem-se em tarefas. A aceitação do peso é a tarefa mais demandante do ciclo da marcha, nela ocorre a absorção do choque do calcanhar com o solo, estabilidade inicial do membro e preservação da progressão. Durante o apoio simples, um membro tem responsabilidade total de suportar o peso corporal tanto no plano sagital quanto no coronal enquanto a progressão do movimento continua. A terceira tarefa do ciclo da marcha é o avanço do membro, quando o membro balança através de três posturas enquanto o membro avança (PERRY, 1992).

Durante 80% de um ciclo completo da marcha, o indivíduo encontra-se em uma condição de simples apoio, tendo o seu centro de gravidade lançado à frente, gerando assim uma instabilidade. Principalmente entre os idosos, aumenta-se muito a probabilidade de que interferências externas nessa fase – como a colisão do pé com um objeto, ou alterações da superfície do solo – criem momentos que não possam ser corrigidos a tempo de se evitar a queda. Como fator agravante, a velocidade com que o sujeito idoso toca o pé no solo, no início do ciclo da marcha, é maior do que a do adulto jovem, aumentando ainda mais a probabilidade de acidentes neste instante do passo (WINTER, 1991).

Para que as tarefas e os períodos do ciclo da marcha ocorram, são necessárias oito fases (QUADRO 1), cada uma com um objetivo funcional e um padrão de coordenação do movimento.

### QUADRO 01 - DIVISÃO E FUNÇÃO DAS FASES DA MARCHA

 <p><b>Contato inicial</b></p> <p>Intervalo: 0-2% do ciclo da marcha. Início do ciclo da marcha. O contato com o solo é feito pelo calcanhar. O quadril está fletido, o joelho estendido, e o tornozelo em dorsiflexão a posição neutra.</p>	 <p><b>Resposta à carga</b></p> <p>Intervalo: 0-20% do ciclo da marcha. O peso corporal é transferido à frente. O joelho é fletido para absorção do choque, o tornozelo em planti-flexão para o apoio do ante-pé ao solo.</p>
 <p><b>Apoio médio</b></p> <p>Intervalo: 10-30% do ciclo da marcha. Início do apoio unipodal, o MMII avança sobre o pé de apoio através da dorsiflexão do tornozelo, enquanto o joelho e o quadril estão em extensão.</p>	 <p><b>Apoio terminal</b></p> <p>Intervalo: 30-50% do ciclo da marcha Ainda em apoio unipodal, o calcâncar perde contato com o solo e o MMII avança sobre o ante-pé. O joelho aumenta sua extensão e logo após inicia a flexionar-se. O quadril aumenta sua extensão.</p>
 <p><b>Pré-balanco</b></p> <p>Intervalo: 50-60% do ciclo da marcha. Contato com o solo do MMII oposto inicia o duplo apoio. Aumento da planti-flexão e da flexão do joelho e redução da extensão do quadril.</p>	 <p><b>Balanço inicial</b></p> <p>Intervalo: 60-73% do ciclo da marcha. O pé perde contato com o solo e o MMII avança pela flexão do quadril e pelo aumento da flexão do joelho.</p>
 <p><b>Balanço médio</b></p> <p>Intervalo: 73-87% do ciclo da marcha. Avanço anterior do MMII pela flexão do quadril. O joelho estende em resposta à gravidade enquanto o tornozelo permanece em dorsiflexão.</p>	 <p><b>Balanço final</b></p> <p>Intervalo: 87-100% do ciclo da marcha. O avanço do MMII é completado pela extensão do joelho. O quadril mantém sua flexão anterior e o tornozelo permanece de dorsiflexão à posição neutra.</p>

NOTA: Membro inferior cinza analizado.

FONTE: Modificado de: Perry (1992).

### 2.3.2 O centro de massa na marcha

Durante a marcha, o centro de massa corporal (COM), apesar de não permanecer em uma posição fixa constantemente, tende a permanecer na pelve. O centro de massa descreve uma curva senoidal suave quando projetada no plano de progressão. O deslocamento vertical do COM é de aproximadamente 5 cm (ROSE E GAMBLE, 2006).

O COM também se desloca lateralmente no plano horizontal. Neste também descreve uma curva senoidal, com valores máximos alternando entre o lado direito e o esquerdo, decorrente do suporte do peso no membro de apoio (ROSE E GAMBLE, 2006).

Para obter eficiência e conservação de energia na marcha, o deslocamento vertical do COM deve ser minimizado. Seis padrões de movimento, denominados determinantes da marcha, reduzem a magnitude dos deslocamentos do COM (PERRY, 1992). O movimento de rotação pélvica, inclinação lateral da pelve e flexão do joelho no período de apoio, são considerados os principais mecanismos para redução do deslocamento vertical do COM. Os três determinantes restantes, interação entre joelho, tornozelo e pé e deslocamentos laterais da pelve pela ação dos adutores do quadril, quadríceps e isquiotibiais, são responsáveis pela minimização da oscilação horizontal do COM (SAUNDERS et al., 1953) A interação destes determinantes representam uma melhora de 50% na eficiência da marcha (PERRY, 1992).

### 2.3.3 Ações musculares na marcha

Os músculos desempenham papel fundamental para o correto desencadeamento da marcha. A musculatura dos membros inferiores desempenha três funções distintas durante a locomoção: a frenagem dos segmentos movimentados pela energia cinética, o amortecimento dos choques e das vibrações e a aceleração dos segmentos em uma medida bastante fraca (VIEL, 2001).

Durante a fase de apoio ou sustentação percebe-se uma pronunciada atividade muscular com o intuito de equilibrar todo o peso do corpo que repousa sobre um pé, absorver o choque do calcanhar com o solo e promover a progressão sobre o pé de suporte para conservar energia (PERRY, 1992). A estabilidade lateral da pelve deve-se basicamente aos músculos do glúteo mínimo, glúteo médio e tensor da fáscia lata, que ficam ativos durante a primeira parte do ciclo. A tensão

dura até 30% do ciclo para o glúteo médio e até 40% do ciclo para o tensor da fáscia lata. Também a musculatura adutora é contraída no momento do contato com o solo para aumentar esta estabilidade da pelve (VIEL, 1991).

No contato inicial, o membro inicia a desacelerar sua velocidade conforme ele se aproxima do solo. Essa frenagem é feita pela atividade simultânea da musculatura extensora e flexora do joelho. A contração excêntrica dos extensores do quadril desacelera a coxa e auxilia a extensão do joelho e posicionamento do pé. No mesmo momento, o músculo tibial anterior inicia uma contração excêntrica para gradualmente posicionar o pé no chão (ROSE E GAMBLE, 2006).

No inicio da resposta à carga, o joelho realiza uma leve flexão e inicia a extender com uma curta contração concêntrica dos extensores do joelho. A extensão do joelho é auxiliada pela planti-flexão do tornozelo por contração excêntrica. O glúteo médio contrai isometricamente e estabiliza a pelve no plano frontal (ROSE E GAMBLE, 2006). Com o contato com o solo, ocorre o pico de ativação do músculo adutor magno e músculo glúteo máximo, exercendo um efeito extensor sobre o quadril e joelho. A musculatura abdutora do quadril realiza a estabilidade femoral em resposta a queda contra-lateral da pelve. A ação dos músculos tibial anterior e extensor longo dos dedos alcançam seu pico de intensidade no início dessa fase para restringir a taxa de planti-flexão passiva do tornozelo. Com isso, inicia a flexão do joelho para a absorção do choque do calcanhar com o solo na fase de aceitação da carga. O grupo muscular quadríceps aumenta sua ação até o pico de intensidade, sua função é limitar a flexão do joelho que foi iniciada para assegurar a estabilidade na aceitação da carga (PERRY, 1992).

No apoio médio, o centro de gravidade corporal alcança seu pico e é deslocado à frente momentaneamente (ROSE E GAMBLE, 2006). A progressão sobre o pé de apoio é transferida para a musculatura extensora do tornozelo. O músculo sóleo é o primeiro a ser ativado. A ação do músculo sóleo gera uma força de flexão plantar para restringir o avanço da tíbia. A extensão passiva do joelho é induzida pelo deslocamento anterior da tíbia mais lento que o do fêmur, que também assiste a extensão do quadril (PERRY, 1992).

No apoio final, a extensão do joelho e a planti-flexão do tornozelo mantém o joelho extendido cerca de 3º a 5º de flexão (VIEL, 1991), e uma pequena contração dos planti-flexores aceleram o corpo à frente (ROSE E GAMBLE, 2006). O pico da ativação muscular do sóleo ocorre no final do apoio terminal. Isso ocorre para

restringir o torque dorsi-flexor do tornozelo para preservar a estabilidade no ante-pé; e para gerar um torque de flexão plantar suficiente para a saída do calcanhar do solo. A ativação do músculo gastrocnemio ocorre após a do músculo sóleo. Esse atraso na ativação relaciona-se com a ação flexora do joelho do músculo gastrocnemio (PERRY, 1992).

Durante a fase de balanço do ciclo, o trabalho muscular é pouco marcado, consistindo de uma regulagem da rigidez ativa com o objetivo de frear o segmento oscilante, e de uma contração antecipatória, garantindo dessa forma o amortecimento do choque que vem a seguir (VIEL, 2001).

No pré-balanço os flexores do quadril iniciam a levantar o membro e balançar à frente, geralmente por contração concêntrica (ROSE E GAMBLE, 2006). O músculo adutor longo torna-se ativo nessa fase para restringir o torque de abdução no quadril criado pela transferência do peso corporal de um membro para o outro. O alinhamento antero-medial também produz uma flexão do quadril, o resultado é um movimento inverso do quadril de hiperextensão para flexão. A ativação do músculo reto femoral ocorre ao final do pré-balanço. Seu papel é desacelerar a flexão excessiva do joelho. A capacidade flexora do quadril do músculo reto femoral também assiste o avanço do membro. Os músculos tibial anterior e extensor longo dos dedos tornam-se ativos no meio desta fase e rapidamente aumentam sua intensidade próxima ao pico. Essa dorsi-flexão do tornozelo contém a flexão plantar residual do tornozelo (PERRY, 1992).

No balanço inicial termina a ação muscular do músculo iliopsoas e reto femoral. O tornozelo inicia uma dorsi-flexão para retirar o pé do solo. O balanço médio continua com a ação do pendulo passivo da perna (ROSE E GAMBLE, 2006). A ativação praticamente simultânea do músculo sartorio, ilíaco e grátil, avançam a coxa. Complementado pela contração da cabeça curta do músculo bíceps femoral, aumentam o componente de flexão do joelho na sinergia do quadril e joelho para levantar o pé para o avanço do membro no balanço inicial (PERRY, 1992). Os adutores entram em ação no momento em que o calcanhar deixa o solo, empurrando à frente o segmento da coxa, fazendo-o passar de rotação interna relativa à rotação externa relativa (VIEL, 1991). O aumento da intensidade dos músculos tibial anterior, extensor do hálux e extensor longo dos dedos levanta o pé da sua posição de flexão plantar anterior (PERRY, 1992).

Balanço médio: a ação do músculo grátil é a única que ocorre neste momento no quadril. O controle do tornozelo também é variável, geralmente não há ativação muscular nesta fase (PERRY, 1992).

No balanço terminal, o membro inicia a desaceleração pela contração excêntrica ou isométrica do isquiotibial, que reduz a flexão do quadril e a extensão do joelho. O tibial anterior mantém sua contração, porém de forma isométrica (ROSE E GAMBLE, 2006). O quadril flexiona para desacelerar o movimento enquanto o joelho permanece estendido, preparando o membro para o apoio limitando a perna em 30° de flexão e prevenindo uma hiper-extensão do joelho. Ao final da fase de balanço terminal, o músculo adutor magno e músculo glúteo máximo iniciam sua ativação conforme os isquiotibiais regressão. A ativação da musculatura do quadríceps assegura da extensão completa para o contato inicial (PERRY, 1992).

## 2.4 MARCHA EM IDOSOS

O sujeito idoso geralmente adota um padrão de marcha mais conservativo (seguro) que os jovens. O decréscimo da velocidade da marcha nos idosos decorre do maior tempo gasto na fase de duplo apoio e do decréscimo do comprimento da passada. O aumento do tempo de duplo apoio pode refletir sobre o controle motor corporal durante o apoio simples (ROSE E GAMBLE, 2006).

### 2.4.1 O Padrão Muscular e Cinemático do Idoso Durante o Ciclo da Marcha

A contração muscular do idoso durante a marcha pouco difere do sujeito mais jovem em relação à cronometria muscular (VIEL, 2001). As maiores diferenças são em razão das capacidades de gerar tensão em razão de processos degenerativos naturais ao envelhecimento (MCARDLE, KATCH e KATCH, 1996).

O aumento da rigidez articular e a redução da amplitude de movimento decorrentes do processo de envelhecimento podem limitar a habilidade dos músculos em gerar força que determinadas variáveis requerem em diferentes terrenos. O decréscimo da impulsão do tornozelo e a redução da altura de vôo do pé no período de balanço suportam essa possibilidade. Os idosos também podem apresentar redução na altura máxima do pé em relação ao solo, balanço dos membros superiores, e redução da rotação da pelve e joelhos; porém essas

alterações são decorrentes da redução na velocidade da marcha e do tamanho da passada (ROSE E GAMBLE, 2006).

No sujeito idoso as articulações do quadril, joelho e tornozelo comportam-se com padrão similar ao do adulto jovem, porém com menores amplitudes de movimentação (MURRAY, CORY e CLARKSON, 1969).

Idosos saudáveis apresentam uma redução do pico de extensão do quadril no período de apoio e decréscimo do pico de plantiflexão do tornozelo no período de balanço, independente da velocidade da marcha (ROSE E GAMBLE, 2006; KERRIGAN et al., 2001). Isso se deve parcialmente a diminuição das capacidades contráteis da musculatura responsável por gerar e frear os movimentos (WINTER, 1991; MURRAY, CORY e CLARKSON, 1969) e a diminuição da complacência muscular ao estiramento (KERRIGAN et al., 2003; KERRIGAN et al., 2001).

Além da diminuição das amplitudes de rotação e inclinação da pelve, o idoso apresenta um aumento da inclinação anterior desse segmento. Essa alteração é o mecanismo primário para a redução da amplitude do passo e da velocidade da marcha no sujeito idoso (KERRIGAN et al., 2001).

A amplitude de movimento do tornozelo na marcha nos idosos é de 24.9°, 4.4° menores que jovens. A partir dos 30 anos, o ângulo de extensão do joelho no apoio médio aumenta cerca de 0.5° por década, enquanto ocorre um decréscimo de 0.5°-0.8° por década na fase de balanço (PRINCE et al., 1997).

A amplitude de movimento na marcha do joelho reduz aproximadamente 4° nos idosos. No final da fase de balanço, os idosos mantêm uma leve flexão do joelho de aproximadamente 5.3°, enquanto os jovens realizam praticamente a extensão completa 0.5° (WINTER, 1991).

A velocidade de contato do calcanhar com o solo também é maior em idosos (1.15 m/s) do que em jovens (0.87 m/s). Essa velocidade de contato dos idosos aumenta as chances de escorregões e quedas nos idosos (PRINCE et al., 1997).

A velocidade máxima da marcha e a potência da perna declina com o aumento da idade. O decréscimo da força muscular geral requer um maior percentual de ativação muscular durante a marcha que pode levar ao uso de músculos alternativos para propulsão; como a musculatura do quadril e da lombar, e também sugere um mecanismo mais proximal do controle motor durante a marcha de idosos (ROSE E GAMBLE, 2006).

## 2.5 INTERAÇÃO ENTRE FORÇA MUSCULAR, MARCHA NO IDOSO E QUEDAS.

### 2.5.1 A força muscular e o processo de envelhecimento

Um dos maiores problemas associados ao envelhecimento é a diminuição da capacidade funcional e independência. Um dos fatores mais importantes para essa diminuição são a sarcopenia e diminuição da força muscular em idosos de ambos os gêneros (FRONTERA e XAVIER, 2002).

No geral, idosos (tanto os que vivem na comunidade quanto em instituições) com histórico de quedas possuem uma fraqueza muscular significativamente maior que os que não caem (PAVOL et al., 2002).

Após os 50 anos de idade, a força muscular decresce cerca de 30%. Uma grande proporção desse declínio ocorre devido à redução do tamanho ou do número de fibras musculares do tipo II (LAMBERT e EVANS, 2002). Nas mulheres, a perda da capacidade funcional dos músculos começa mais precocemente. Dados transversais indicam perdas na contração voluntária máxima e na velocidade de contração aos 40 anos de idade, enquanto a velocidade de relaxamento é diminuída aos 50 anos (PAASUKE et al., 2000).

Hughes et al., 2001, verificou que a diminuição da força de preensão manual é de 3% ao ano para homens e de 5% ao ano para mulheres. Além disso, ocorre um declínio da força isocinética dos extensores do joelho em torno de 14% e dos flexores do joelho é de aproximadamente 16% por década, em ambos os gêneros. Entretanto, a taxa de declínio na força muscular de flexores e extensores do cotovelo foi menor nas mulheres (2% por década) que nos homens (12% por década).

A diminuição da força muscular nos membros inferiores tem sido demonstrada, em ambos os gêneros, como maior que a nos membros superiores (HÄKKINEN et al., 1994; LYNCH et al., 1999). Esse fato é explicado pela redução da ativação da musculatura agonista, aumento da co-ativação da musculatura antagonista, decréscimo da tensão específica da fibra muscular, alterações na arquitetura muscular e no aumento da proporção de material não-contrátil na fibra muscular (MORSE et al., 2005). Essa diminuição da força muscular pode chegar a um estágio no qual um idoso não consiga realizar suas atividades de vida diária (exemplo: levantar-se de uma cadeira) e as habilidades funcionais, que podem levá-lo à institucionalização, por isso, o declínio da força muscular tem sido apontado

como um dos fatores de risco mais importantes associados a quedas (LAMOUREUX et al., 2002; MORELAND et al., 2004; LAMBERT e EVANS, 2002).

### 2.5.2 Alterações na marcha decorrentes da redução de força muscular

Idosos geralmente apresentam um padrão diferente da marcha quando comparado a adultos jovens (PRINCE et al., 1997). As alterações normalmente observadas na marcha dos idosos estão associadas à redução da força muscular decorrente do processo de envelhecimento (FIATORONE et al., 1993; FRONTERA e XAVIER, 2002). O decréscimo da força muscular leva os idosos a utilizarem um percentual maior de contração muscular durante a marcha. Isso pode levar ao uso de músculos alternativos para propulsão do pé, que pode alterar os parâmetros temporo-espaciais, como o tamanho da passada e a velocidade da passada (ROSE E GAMBLE, 2006).

Dentre as alterações mais comuns que acompanham o envelhecimento, a redução da elevação da perna de balanço em relação ao solo e o aumento da velocidade de contato do pé são apontados como fatores de quedas durante a locomoção do idoso (KERRIGAN et al., 2001). A redução da capacidade funcional da musculatura flexora das articulações do membro inferior pode causar uma diminuição na altura de elevação da perna de balanço e aumentar o risco de tropeços em objetos ou em irregularidades do piso (KERRIGAN et al., 2003). As alterações na capacidade funcional também podem afetar o controle do segmento inferior que acarretam um aumento na velocidade de contato do pé com o solo e podem aumentar o risco de escorregões e desequilíbrios (WINTER, 1991).

Geralmente os efeitos do envelhecimento sobre a marcha de idosos que não sofrem quedas são exagerados nos que caem muito. Existe a tendência à queda em idosos com a redução da velocidade na marcha e períodos de duplo apoio longos, apesar dessas alterações estarem relacionadas com o medo de cair. O aumento da variabilidade das características da passada como: comprimento, velocidade e tempo de duplo apoio também aumentam as chances de quedas (ROSE E GAMBLE, 2006).

A força muscular do quadril, joelho e tornozelo reduzem cerca de 3% por ano após os 50 anos de idade, acompanhados por uma diminuição da taxa de gerar força (PAVOL et al., 2002), essas alterações têm sido associadas à reduções nas amplitudes angulares durante a marcha (KERRIGAN et al, 1998; 2001). No quadril, o

aumento da inclinação anterior da pelve é atribuído à necessidade de colocar a musculatura extensora do quadril em um comprimento muscular mais favorável para atingir a demanda do movimento, ou seja, compensar a fraqueza muscular decorrente do processo de envelhecimento (PRINCE et al., 1997).

O aumento da flexão do joelho no final do período de balanço é atribuído ao decréscimo da demanda do grupo muscular quadríceps durante a fase de resposta à carga e também se relaciona com a redução do tamanho da passada observada em idosos (WINTER, 1991).

A redução da amplitude de movimento do tornozelo na marcha está associada à diminuição da força da musculatura planti e dorsi-flexora do tornozelo (PRINCE et al., 1997).

### 2.5.3 Treinamento de força muscular em idosos

A redução da força muscular nos idosos promove alterações no padrão normal da marcha, aumentando o risco dos idosos sofrerem quedas. De fato, em um estudo, Lamoureux et al. (2002) verificaram que a força muscular é um requisito crítico para locomoção com obstáculos e que programas de fortalecimento muscular seriam efetivos em ajudar os idosos a superar desafios ambientais durante a marcha.

Desde 1988, pelo menos 50 estudos foram publicados na literatura científica sobre os efeitos do treinamento de força muscular em idosos. Apesar de algumas diferenças na magnitude do efeito, a maioria dos dados demonstra que os exercícios de fortalecimento muscular resultam em melhorias significativas na função músculo-esquelética (FRONTERA e XAVIER, 2002).

O envolvimento com o treinamento de força muscular em longo prazo parece compensar a magnitude da perda de força e aumenta a capacidade de força absoluta de um indivíduo (KRAEMER, 1992<sup>a</sup>; MELTZER, 1994).

Harder, 2000, demonstrou que os idosos podem manter força substancial como treinamento. Fiatorone et al. (1990), têm demonstrado que indivíduos acima dos 90 anos de idade podem atingir ganhos de força em um período de apenas 8 semanas de treinamento. Ochala et al. (2005) verificaram que um treinamento de força muscular em idosos é efetivo na melhora das propriedades contráteis da musculatura, bem como a força e a velocidade de contração.

O treinamento de força muscular também pode beneficiar a densidade óssea em idosos, porém essa compreensão é difícil, porque qualquer efeito envolve múltiplos fatores, incluindo a quantidade de atividade diária, o tipo e a duração do programa de treinamento de força, o nível de condicionamento e a genética (FLECK e KRAEMER, 2004).

Nelson et al. (1994) demonstraram que o treinamento de força de alta intensidade teve efeitos significativos sobre a saúde óssea, com aumentos reportados na densidade do fêmur e da coluna lombar após um ano de treinamento. Além disso, o grupo de treinamento de força muscular demonstrou uma melhoria no equilíbrio, no nível total e atividade física e na massa muscular. Dessa forma, o treinamento de força muscular pode ter um efeito sobre a maioria dos principais fatores de risco para uma fratura óssea de origem osteoporótica (FLECK e KRAEMER, 2004).

A síntese protéica também parece ser afetada positivamente com o treinamento de força muscular. Campbell et al.(1995) examinaram o balanço de nitrogênio antes e após 12 semanas de treinamento de força muscular de alta intensidade em homens e mulheres idosos. Eles verificaram que o treinamento de força aumentou a retenção de nitrogênio, e também que a constante infusão de 13C-leucina revelou um aumento significativo na síntese protéica de todo o corpo. Outro estudo similar verificou que o treinamento de força muscular em idosos resultou em aumento significativo na síntese protéica muscular tanto em jovens quanto em idosos (YARASHESKI, ZACHWIESA e BIER, 1993).

Suzuki et al. (2004) verificaram uma melhora da funcionalidade em idosos após um programa de seis meses composto por exercícios de fortalecimento de membros inferiores, equilíbrio e treino da marcha.

Apesar da marcha ser um fator de grande importância na prevenção das quedas nos idosos, poucos estudos analisaram o efeito de um programa de exercícios sobre a cinemática da marcha de idosos (ZEN-BO et al.,2007).

Alguns pesquisadores (BUCHNER et al., 1997; SAUVAGE et al., 1992; BROWN e HOLLOSZY, 1991) reportaram uma melhora mínima ou imensurável na velocidade da marcha após um programa de fortalecimento muscular em idosos. Judge et al. (1993) e Lorde et al. (1996) reportaram melhorias na velocidade após o período de treinamento.

Zen-Bo et al.(2007) verificaram após um programa combinado de fortalecimento de membros inferiores, equilíbrio e treino da marcha com obstáculos um aumento na amplitude do tornozelo na fase de pré-balânco. Também reportaram uma redução da flexão do tornozelo e um aumento da flexão do joelho e do quadril na fase de oscilação.

Apesar dos achados importantes, o estudo de Zen-Bo et al (2007) não avaliou outras variáveis cinemáticas de grande relevância na marcha como os componentes do passo pélvico (VIEL, 2001), o centro de massa (PERRY, 1992) e as demais variáveis temporais que geralmente encontram-se alteradas na marcha dos idosos (WINTER, 2001).

Em resumo, em uma comparação ao padrão normal da marcha, os idosos apresentam características marcantes na maneira de caminhar com componentes e parâmetros diferentes do adulto jovem (MURRAY, CORY e CLARKSON, 1969). Muitas destas alterações são decorrentes de alterações musculares de membros inferiores, as quais envolvem a força muscular. Apesar dos estudos realizados sobre treinamento de força em idosos apontar para benefícios para essa população, estudos específicos sobre o efeito do treinamento de força muscular sobre os parâmetros da marcha associados ao risco de quedas ainda são necessários.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1 População

##### 3.1.1 Seleção da amostra

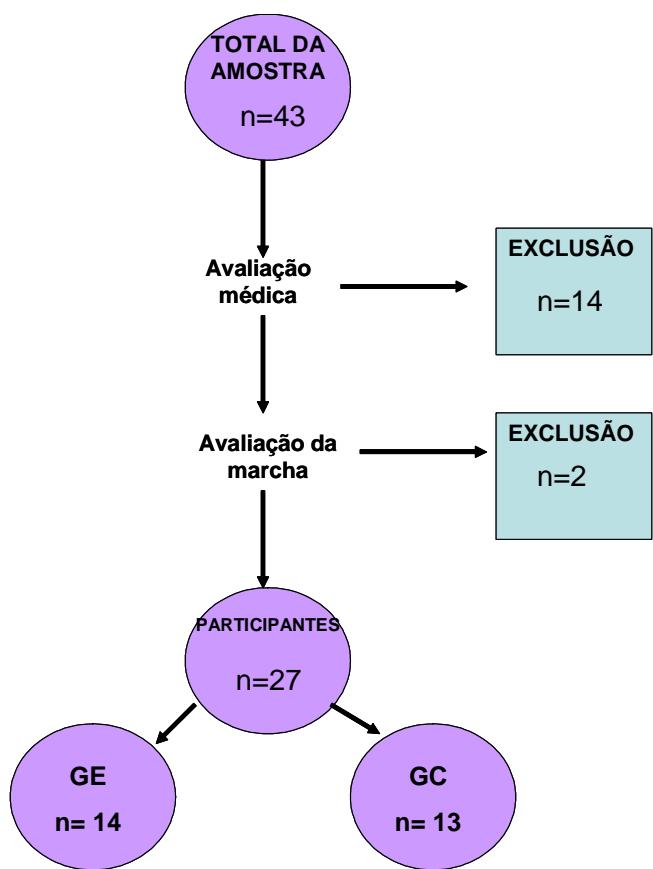


FIGURA 2 - Seleção e amostragem dos grupos experimental e controle.

Um convite verbal em reuniões da comunidade e em centros comunitários foi feito aos idosos (idade igual ou superior a 60 anos) moradores de comunidades próximas ao campus Politécnico de Universidade Federal do Paraná (local do treinamento de força muscular), em reuniões da comunidade. Aos interessados, foi feita uma reunião para melhor explicar os procedimentos do estudo, 43 idosos mantiveram seu interesse em participar do estudo. Destes, 16 foram excluídos do presente estudo por não se encaixarem no perfil do estudo. Os demais foram divididos em dois grupos, experimental (GE; n=14) e controle (GC; n=13) de forma

intencional. Ao grupo controle foi oferecida a possibilidade de participar do treinamento após o final do estudo. As características da amostra do estudo encontram-se na tabela 01. Os sujeitos poderiam participar de atividades físicas que não visassem o desenvolvimento específico de força muscular. Para quantificar o nível de atividade física, foi utilizado o International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) para idosos e o Questionário de Beache (BENEDETTI, MAZO e BARROS, 2004 - ANEXO I; VOORRIPS et al, 1997 – ANEXO II). Como controle do efeito da flexibilidade sobre os resultados, foi realizado o teste de flexibilidade (SARRAF, DEZAN e RODACKI, 2005). O detalhamento do procedimento adotado encontra-se em detalhes no APÊNDICE I.

### 3.1.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo, indivíduos do gênero masculino (n=4) em função de diferenças morfo-esqueléticas entre os gêneros (KUBO, KANEHISA, FUKUNAGA, 2003) que poderiam mascarar os resultados. Um exame clínico foi realizado por um médico para diagnosticar a existência ou não de problemas de saúde. Foram excluídos do estudo os participantes que apresentarem contraindicações absolutas ou relativas (ANEXO III), para as quais o protocolo de treinamento proposto não é recomendável (n=5), de acordo com o questionário PARmed-X (2005), como por exemplo, usuárias de dispositivos de auxílio para o desempenho de suas atividades diárias, sem histórico de fraturas, cirurgias articulares, lombalgias ou qualquer outro tipo de problema clínico que possa interferir no padrão da marcha durante os seis meses que precederam o início do presente estudo. O questionário PARmed-X foi utilizado por ser um questionário de referência e validação internacional, e por ainda não ter sido traduzido para o português. O questionário PARmed-X encontra-se no anexo III. Também foram excluídas idosas (n=5), que apresentaram um índice de massa corporal (IMC) superiores a 29.0 kg/m<sup>2</sup>. KUBO et al., verificaram que IMC acima deste valor representam um padrão diferenciado da marcha (padrão obeso). Os participantes (n=2) que apresentaram valores médios inferiores a um desvio padrão e superiores a dois desvios padrão da média populacional de idosos nas variáveis cinemáticas de tempo de duplo apoio,

cadência, velocidade de deslocamento e comprimento da passada (WINTER, 1991) também não foram incluídos no estudo.

### 3.2 PROCEDIMENTOS

Antes do início do experimento, todos os participantes foram informados sobre os procedimentos experimentais e questões legais, de acordo com o consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE II). Os procedimentos experimentais deste estudo tiveram a aprovação do conselho de ética de pesquisa da UFPR sob o documento de número CEP/SD 361.041.07.06; CAAE 0024.0.091.000-07, em 02 de julho de 2007.

O estudo visou determinar as alterações decorrentes de um treinamento de força de membros inferiores sobre a marcha de sujeitos idosos associadas ao risco de quedas. Desta forma, a marcha foi analisada antes e após o término de um programa específico para o desenvolvimento de força muscular para membros inferiores.

Para a homogeneização do grupo experimental e controle, três critérios foram aplicados. O primeiro foi o nível de força muscular médio dos membros inferiores, os quais foram medidos por meio de testes isométricos e de uma repetição máxima (1RM). A força muscular foi determinada com o auxílio de um sistema de medição de força (detalhes ver apêndice III) e seguiu os procedimentos fixados no apêndice II. O segundo critério foi obtido através do nível de atividade física, o qual foi determinado pelo IPAQ para idosos (BENEDETTI, MAZO e BARROS, 2004 - ANEXO II) e pelo Questionário de Baecke (VOORRIPS et al, 1997 – ANEXO III). Finalmente, um critério associado ao desempenho dos sujeitos para a realização da marcha foi aplicado, para garantir um padrão de marcha típico de idosos.

O grupo experimental foi submetido a 12 semanas de atividades específicas para o desenvolvimento de força muscular de membros inferiores supervisionado. As rotinas de treinamento e o detalhamento das atividades desenvolvidas no programa encontram-se descritas no APÊNDICE IV. O programa de atividades foi baseado nas recomendações do ACSM (2002) e outros estudos sobre treinamento de força em idosos (EVANS, 1999; FLECK e KRAEMER, 2004; FRY, 2004). Foram empregadas duas séries de oito exercícios para os seguintes grupos musculares: flexores do quadril, glúeto máximo, isquiotibiais, quadríceps, adutores e abdutores da coxa,

tríceps sural e extensores do tornozelo. O treinamento teve uma duração de 12 semanas, realizado com uma freqüência de três sessões semanais. O intervalo entre as séries foi de 2 minutos. A intensidade do treinamento foi determinada em relação ao número de repetições máximas (RM), onde a participante foi sempre estimulada a utilizar uma carga que possibilite a realização de no mínimo 10 e no máximo 12 repetições. Dessa forma, quando a participante conseguiu realizar um número maior que 12 repetições a resistência foi aumentada, para que o número máximo de repetições não excedesse a 12 repetições. As participantes deveriam ter uma freqüência mínima de 80% das sessões de treinamento de força, sendo que as mesmas não poderiam faltar a mais de duas sessões sucessivas de treinamento.

Os efeitos do programa de treinamento de força foram determinados pela diferença entre os valores obtidos no teste de força isométrica máxima e 1 repetição máxima obtida para a alocação dos sujeitos nos grupos experimentais e controle (PRE) e após (POS) o período de treinamento. A marcha foi avaliada antes (PRE) e após (POS) a avaliação da força muscular. A Figura 3 apresenta a representação esquemática dos procedimentos do estudo.

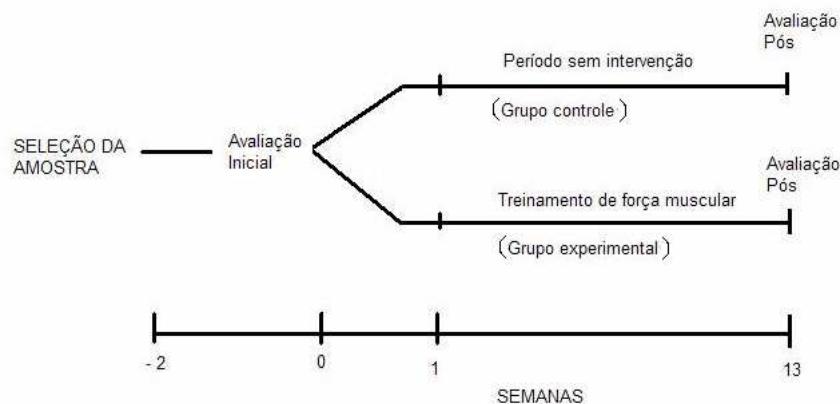


FIGURA 3 - Desenho esquemático do estudo.

### 3.3 ANÁLISE CINEMÁTICA

A análise cinemática teve por objetivo a determinação das características espaciais e temporais da marcha, antes e após o treinamento de força muscular.

#### 3.3.1 Área de Coleta dos Dados

A área de coleta dos dados foi constituída em um espaço plano de 9,0m x 7,0m. No centro da área de coleta foi posicionado um carpete embrorrachado de 6,0m x 1,2 m, sobre o qual as participantes caminharão. A utilização do carpete embrorrachado foi para evitar qualquer tipo de escorregão que as idosas poderiam sofrer. Dentro da área de coleta de dados, foram posicionadas seis câmeras de captura óptica (MX-13, Vicon), amostrando em uma freqüência de 200Hz, posicionadas de modo que pelo menos duas câmeras capturem cada marcador, para que fosse possível a captura de todos os pontos para reproduzir a marcha em três dimensões (3D) para posterior análise. A sincronização das imagens coletadas foi realizada automaticamente pelo equipamento (MX Control, Vicon). Os erros de medida nesse tipo de análise têm sido descritos como mínimos ( $< 0.1$  mm). A Figura 4 apresenta esquematicamente a organização da área de coleta de dados.

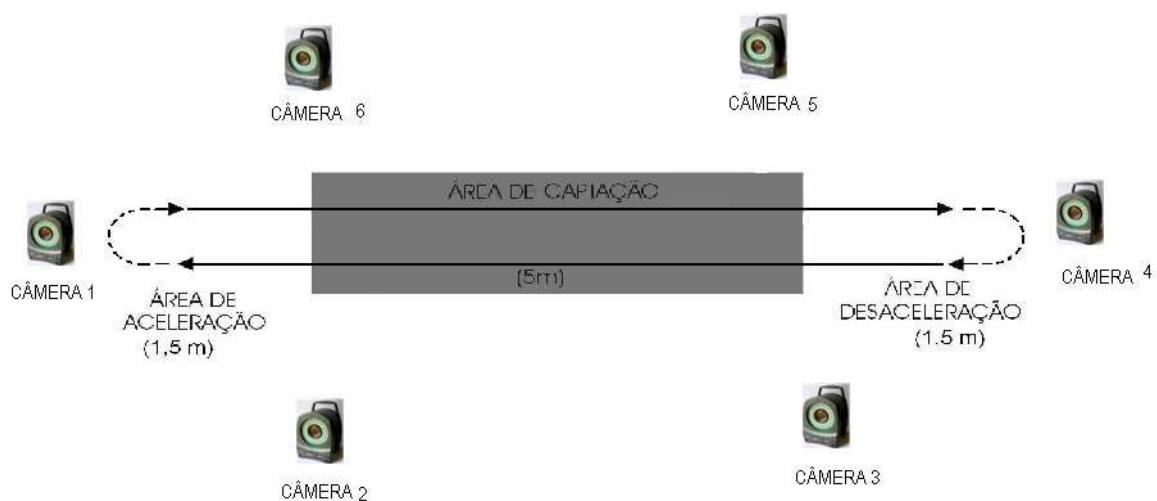


FIGURA 4 - Área de coleta de dados.

### 3.3.2 Calibragem do sistema

Antes do início de cada avaliação, a área da marcha foi calibrada, utilizando um objeto de referência conforme determinado pelo fabricante (VICON MOTUS).

### 3.3.3 Preparação das participantes

As participantes foram vestidas com roupas aderentes ao corpo para melhor visualização dos marcadores. Elas foram demarcadas (ver itens 3.2.4, sobre localização e determinação dos pontos anatômicos) e submetidas a um período de adaptação onde realizaram uma caminhada sobre o carpete emborrachado para familiarização, evitando assim, alterações na marcha decorrentes da presença dos marcadores e vestimentas durante a coleta dos dados.

### 3.3.4 Localização e Determinação dos Pontos Anatômicos

Para reconstruir um modelo em escala reduzida e realizar a análise das variáveis do estudo, um conjunto de marcadores reflexivos (diâmetro 1cm) foi previamente fixado à pele e vestimenta, bilateralmente, das participantes sobre os seguintes pontos anatômicos: vértebra (1), sétima vértebra cervical (2), acrônio (3), epicôndilo lateral do úmero (4), processo estilóide da ulna (5), falange distal do dedo médio (6), espinhas ilíacas ântero-superiores (7), primeira vértebra do sacro (8), centro articular do quadril (9), maior circunferência do fêmur (10), epicôndilo lateral do fêmur (11), maior circunferência tibial (12), maléolo lateral da tíbia (13), calcâneo (14) e cabeça da 2 articulação metatarso-falangeal do pé (15). Estes conjuntos de marcadores foram utilizados para definir os seguintes segmentos corporais: cabeça (1 e 2), tronco (2 e 9), braço (3 e 4), antebraço (4 e 5), mão (5 e 6), pelve (7 e 8), coxa (8 e 11), perna (11 e 13) e pé (13, 14 e 15). O número 10 e 12 foram utilizados para determinar o plano do segmento da coxa e da perna respectivamente. Os marcadores foram posicionados sempre pelo mesmo pesquisador, e obteve um erro percentual médio de 0.005 entre as avaliações PRE e PÓS, que em termos absolutos implicou em um erro médio de 0.0022 cm. A figura 5 ilustra a localização dos marcadores.

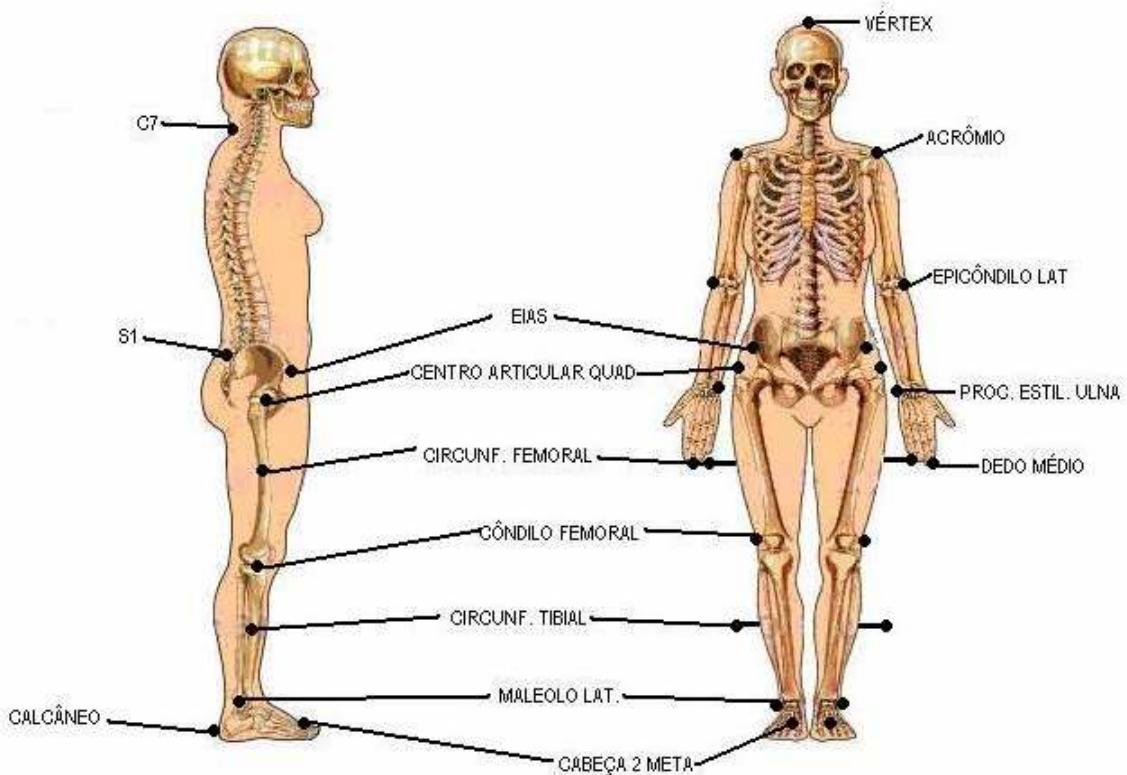


FIGURA 5 – Modelo biomecânico utilizado na analise da marcha de sujeitos idosos.

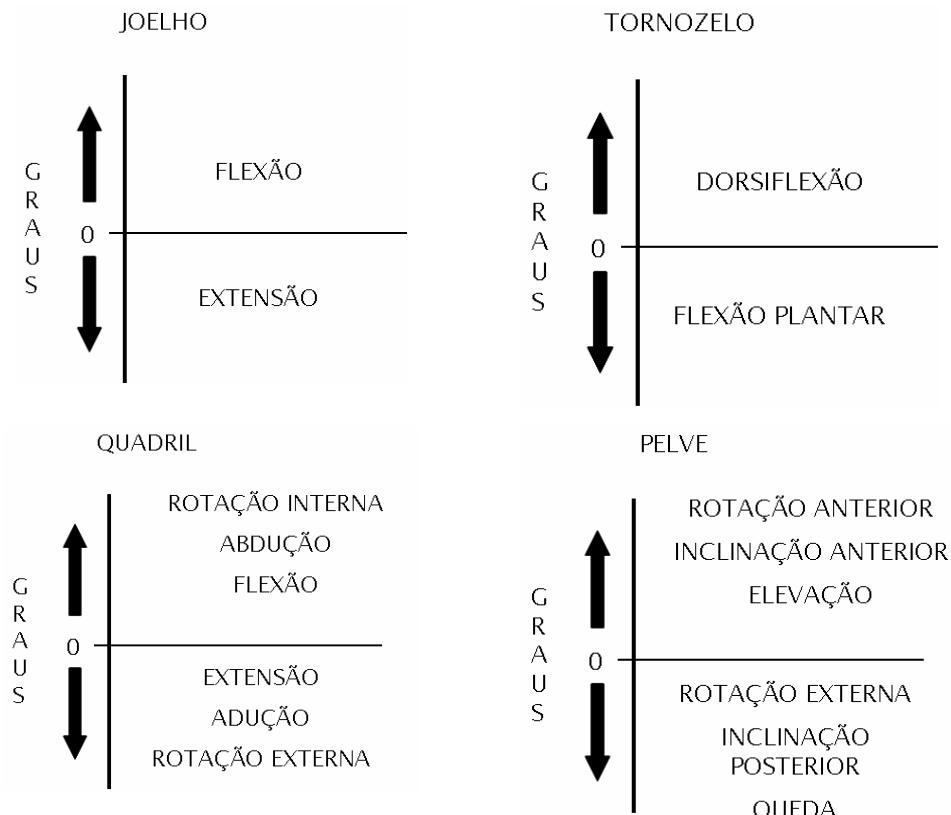
A = pontos anatômicos; B = segmentos adotados no modelo; C = articulações e convenções adotadas. Todos os pontos foram demarcados no lado direito e esquerdo do corpo do sujeito. EIAS – Espinha Ilíaca Antero Superior, TROC – Trocânter Maior do Fêmur, JOEL – Joelho, TORN – Maléolo Lateral da Tíbia, METATARSO – Articulação Metatarso-Falangeal do 5º Dedo, CALCANHAR – Tuberossidade do calcâneo. MODELO MODIFICADO HELEN HAYES (KABADO et al., 1990).

### 3.3.5 Coleta dos dados

Foram filmados 10 (dez) ciclos da marcha de cada participante, em cada uma das condições (PRÉ e PÓS) num total de 20 ciclos por participante. O ciclo da marcha foi definido como o intervalo entre dois toques consecutivos do mesmo calcanhar no solo. Utilizando os dados da condição PRÉ foi realizado um processo de seleção dos ciclos considerados como válidos, para a obtenção do padrão em tal condição. Para tanto foi necessário que dois requisitos fossem atendidos: 1) que os sujeitos se deslocassem em uma trajetória reta, paralela ao sentido de deslocamento indicado e 2) todo o ciclo fosse executado dentro da área calibrada. Foram selecionados os três primeiros ciclos válidos para a digitalização no software de

análise cinemática. Os valores obtidos foram normalizados (0 – 100%) e o padrão compreendeu a média agrupada das três tentativas validadas e digitalizadas nas condições PRÉ e PÓS.

#### QUADRO 3- CONVENÇÃO DOS MOVIMENTOS ARTICULARES.



FONTE: PERRY, 1992.

NOTA: Escalas de referência. A direção dos gráficos para cada movimento articular individual está identificado. "0" representa a posição neutra do movimento. O eixo vertical indica a magnitude do movimento. O eixo horizontal representa a escala de tempo do ciclo da marcha.

A partir do modelo biomecânico (ver figura 5), uma análise tridimensional (3D) da marcha foi realizada. Para efeitos de análise, a convenção do movimento das articulações utilizado foi de Perry (1992).

### 3.3.6 Processamento e Tratamento dos Dados

Os movimentos foram registrados automaticamente em um computador, onde as imagens foram processadas a partir de um software específico para análise tridimensional do movimento (VICON MOTUS, 9.0<sup>®</sup>). Desta forma as coordenadas dos vinte e seis pontos anatômicos foram obtidas. As coordenadas que foram ocultadas durante o transcurso do movimento foram interpoladas pelo software do sistema através de uma rotina do tipo Spline. O software foi ajustado para que tais procedimentos fossem aplicados sobre intervalos máximos de 10 quadros. As coordenadas dos pontos anatômicos foram filtradas através de um filtro com funções do tipo Spline.

Depois de filtrados os dados foram normalizados em função do tempo e expressos em termos percentuais do ciclo da marcha a partir de uma função específica do software utilizado no estudo, ou seja, cada conjunto de dados foi expresso de modo que todos os movimentos contenham 100 pontos. Deste modo, o início do movimento será considerado como instante 0% (toque do calcanhar no solo) e o fim do ciclo com 100% (toque do mesmo calcanhar no solo). O efeito deste tipo de procedimento tem sido considerado como mínimo, pois apenas o tempo de duração do movimento é manipulado. Depois de normalizados, a média agrupada das três tentativas foi calculada e utilizada para representar a performance de cada sujeito.

## 3.4 VARIÁVEIS DO ESTUDO

### 3.4.1 Variáveis dependentes

As variáveis do estudo foram determinadas, antes (PRE) e após (POS) o período de treinamento de força. Elas dividem-se em variáveis temporais, espaciais lineares e espaciais angulares do movimento, e encontram-se descritas nos quadros 3, 4 e 5. As variáveis relativas à força muscular encontram-se descritas nos quadros 6 e 7. A força muscular foi analisada em relação ao pico máximo de força e em relação à taxa de desenvolvimento de força. O pico de força muscular foi definido como a contração isométrica voluntária máxima. A taxa de desenvolvimento de

força, taxa de aumento da força contrátil muscular durante uma única contração muscular (AAGARD et al., 2002), foi determinada pelo coeficiente de inclinação da relação de desenvolvimento de força em função do tempo. Para o processamento dos dados da taxa de desenvolvimento de força foram desprezados 20% dos valores mínimos e 20% dos valores superiores da curva obtida, a fim de evitar valores extremos.

Para o pico de força muscular assim como para a taxa de desenvolvimento de força foram realizadas três medidas. Foi utilizada a maior medida dessas repetições.

QUADRO 03 - VARIAVEIS TEMPORAIS

Variável	Definição da variável
Tempo da fase de oscilação	Tempo total em que o membro analisado não se encontra em contato com o solo (s).
Tempo da fase de apoio	Tempo total em que o membro analisado se encontra em contato com o solo (s).
Tempo total do ciclo	Tempo de dois contatos consecutivos do mesmo calcanhar do ciclo da marcha (s).
Tempo da fase de apoio unipodal	Tempo em que só um dos pés está em contato com o solo. Inicia no contato inicial do calcanhar até a retirada deste mesmo pé do solo (s).
Tempo da fase de duplo apoio	Tempo em que os dois pés estão em contato com o solo durante um ciclo da marcha. Inicia no contato inicial do calcanhar de um dos pés até a retirada do pé contralateral (s).

QUADRO 04 - VARIAVEIS ESPACIAIS LINEARES

Comprimento da passada	Distância entre o contato inicial do pé direito e o segundo contato do pé direito projetada no eixo de deslocamento do sujeito (m).
Velocidade da marcha	Velocidade do sujeito no sentido de seu deslocamento ( $m.s^{-1}$ ).
Cadênciada marcha	Número de passos por unidade de tempo (passos. $s^{-1}$ ).
Largura entre os pés na marcha	Distância no eixo horizontal, entre os pés direito e esquerdo no momento do duplo apoio (m).
Velocidade de Contato do calcanhar	Velocidade que o calcanhar no momento do contato do mesmo ao solo ( $m.s^{-1}$ ).
Elevação do pé	Altura mínima de distância do metatarso em relação ao solo (m).
COM vertical	Deslocamento do centro de massa corporal no plano vertical determinado pela distância vertical formada pela posição do COM no instante do toque do calcanhar direito no solo e o maior deslocamento vertical na fase de apoio simples do segmento direito (cm).
COM lateral	Deslocamento do centro de massa corporal determinado pela distância horizontal formada pela posição do COM no instante do toque do calcanhar direito no solo e o maior deslocamento lateral na fase de apoio simples do segmento direito (cm)

#### QUADRO 05 - VARIAVEIS ESPACIAIS ANGULARES

Inclinação anterior da pelve	Ponto de maior inclinação anterior da pelve com relação ao plano vertical (º).
Rotação da pelve	Amplitude de rotação do segmento anterior da pelve em relação a um eixo paralelo ao solo e transversal ao sentido de deslocamento do sujeito (º).
Obliquidade pélvica	Amplitude de elevação e depressão da pelve no plano coronal (º).
Pico de extensão do quadril	Pico máximo de extensão da articulação formada pelos segmentos da pelve lateral e coxa a partir de um valor considerado como zero – posição ortostática (º).
Pico de flexão do quadril	Pico máximo de flexão da articulação formada pelos segmentos da pelve lateral e coxa a partir de um valor considerado como zero – posição ortostática (º).
Amplitude articular do quadril	Diferença entre o pico de flexão e extensão do quadril (º).
Pico de extensão do joelho	Pico máximo de extensão durante a movimentação da articulação formada pelos segmentos da coxa e da perna a partir de um valor considerado como zero – posição ortostática (º).
Pico de flexão do joelho	Pico máximo de flexão durante a movimentação da articulação formada pelos segmentos da coxa e da perna a partir de um valor considerado como zero – posição ortostática (º).
Amplitude articular do joelho	Diferença entre o pico de flexão e extensão do joelho (º).
Pico de extensão do tornozelo	Pico máximo de extensão (dorsi-flexão) durante a movimentação da articulação formada pelos segmentos da perna e do pé a partir de um valor considerado como zero – posição ortostática (º).
Pico de flexão do tornozelo	Pico máximo de flexão (plantiflexão) durante a movimentação da articulação formada pelos segmentos da perna e do pé a partir de um valor considerado como zero – posição ortostática (º).
Amplitude articular do tornozelo	Diferença entre o pico de flexão e extensão do tornozelo (º).

## QUADRO 06 - VARIÁVEIS DE FORÇA

Variável	Definição da variável
MVC dos músculos flexores do quadril	Torque dos músculos flexores do quadril (N.m).
MIVC dos músculos extensores do quadril	Torque dos músculos extensores do quadril (N.m).
MIVC dos músculos abdutores do quadril	Torque dos músculos abdutores do quadril (N.m).
MIVC dos músculos adutores do quadril	Torque dos músculos adutores do quadril (N.m).
MIVC dos músculos flexores do joelho	Torque dos músculos flexores do joelho (N.m).
MIVC dos músculos extensores do joelho	Torque dos músculos extensores do joelho (N.m).
MIVC dos músculos flexores do tornozelo	Torque dos músculos planti-flexores do tornozelo (N.m).
MIVC dos músculos extensores do tornozelo	Torque dos músculos dorsi-flexores do tornozelo (N.m).

**QUADRO 07 - VARIÁVEIS DA TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA**

Taxa de desenvolvimento de força dos músculos flexores do quadril	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos flexores do quadril (N.m/s).
Taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores do quadril	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos extensores do quadril (N.m/s).
Taxa de desenvolvimento de força dos músculos abdutores do quadril	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos abdutores do quadril (N.m/s).
Taxa de desenvolvimento de força dos músculos adutores do quadril	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos adutores do quadril (N.m/s).
Taxa de desenvolvimento de força dos músculos flexores do joelho	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos flexores do joelho (N.m/s).
Taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores do joelho	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos extensores do joelho (N.m/s).
Taxa de desenvolvimento de força dos músculos flexores do tornozelo	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos planti-flexores do tornozelo (N.m/s).
Taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores do tornozelo	Coeficiente de inclinação da curva do pico de força isométrico dos músculos dorsi-flexores do tornozelo (N.m/s).

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente os dados foram tratados através da estatística descritiva padrão (média e desvio padrão). Todas as variáveis foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk para confirmar a normalidade dos dados, e teste de Levene para confirmar a homogeneidade dos grupos.

Para fins de análise, três ciclos da marcha de cada participante nas condições pré e pós treinamento foram calculadas através de médias agrupadas. Os dados das características gerais da amostra (idade e IMC) foram comparados através do teste-t. Para comparar o efeito do treinamento de força muscular de membros inferiores sobre um número de variáveis da marcha antes e após o treinamento e sobre os grupos experimentais (experimental e controle), foi aplicada a análise de multivariância (MANOVA) com medidas repetidas (PRE e POS). A MANOVA também foi aplicada no teste de contração isométrica voluntária máxima, no teste de 1 RM, no teste de flexibilidade e na taxa de desenvolvimento de força para determinar o ganho de força muscular em função do treinamento proposto. Em seguida foi aplicado o teste de SCHEFFÉ para verificar em quais condições experimentais ocorreram as diferenças. Os testes estatísticos foram aplicados através do software STATISTICA® (STATSOFT Inc., versão 7.0) tendo o nível de significância aceito em  $p < 0.05$ .

## 4. RESULTADOS

A descrição dos resultados do presente estudo foi dividida em características gerais da amostra, treinamento de força, variáveis temporais, variáveis espaciais lineares e angulares. Os valores são apresentados na forma de média ± desvio padrão. Não houve diferença ( $p<0.05$ ) nas condições antes (PRÉ) e após (PÓS) em nenhuma das variáveis do estudo no grupo controle.

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA

As características das participantes do presente estudo encontram-se nas TABELA 01 e TABELA 02. Os grupos foram homogêneos (LEVENE), indicando a similaridade entre os grupos no início do treinamento e, portanto, não houve influência na distribuição dos grupos.

TABELA 01- CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA DO ESTUDO

	GRUPO CONTROLE	GRUPO EXPERIMENTAL
n	13	14
IDADE	$61.67 \pm 6.62$	$61.11 \pm 4.37$
IMC	$25.96 \pm 3.02$	$26.46 \pm 2.80$
IPAQ	ATIVO	ATIVO
BAECKE	MODERADAMENTE ATIVO	MODERADAMENTE ATIVO

NOTA: (IMC) Índice de massa corporal; (IPAQ) International Physical Activity Questionnaire; (BAECKE) Questionário de Baecke.

As alterações sobre flexibilidade foram avaliadas por meio de testes específicos, que permitiram determinar a amplitude de movimento das articulações do quadril e tornozelo. Não houve diferença ( $p<0.05$ ) na flexibilidade do grupo experimental quando comparado ao grupo controle antes e após o período de treinamento (TABELA 02), portanto os resultados deste estudo não foram influenciados pela flexibilidade das participantes.

TABELA 02 – Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de flexibilidade, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento.

Variável	PRÉ	PÓS	Variação (%)
MEQ experimental (º)	64.97 ±3.43	67.66±7.75	4.14
MEQ controle (º)	64.65 ± 3.28	67.68 ± 3.06	4.99
MFUQ experimental (º)	1.16±0.89	1.25±0.94	7.75
MFUQ controle (º)	2.47 ±1.61	1.92 ± 1.33	- 22.26
MFBQ experimental (º)	7.92±3.22	5.78±3.92	- 27.02
MFBQ controle (º)	4.88 ± 1.07	3.70 ± 2.00	- 24.18
MFPT experimental (º)	26.13±10.01	25.24±5.87	- 3.40
MFPT controle (º)	23.06 ± 3.26	20.38 ± 3.92	- 11.62

NOTA: Musculatura extensora do quadril (MEQ); Musculatura flexora uni-articular do quadril (MFUQ); musculatura flexora bi-articular do quadril (MFBQ); Musculatura flexora plantar do tornozelo (MFPT).

#### 4.2 FORÇA MUSCULAR

Durante o período de treinamento de força muscular do grupo experimental, houve um reajuste mínimo semanal de 5% da carga. Ao final deste período houve um aumento de 71,93% (leg-press) e 105.33% (máquina extensora de joelho) na musculatura extensora do joelho, 71% na musculatura flexora de joelho (máquina flexora de joelho), 103% na musculatura abdutora do quadril (máquina abdutora do quadril), 66% na musculatura adutora do quadril (máquina adutora do quadril), 84% na musculatura extensora do quadril (máquina para glúteo), 71% na musculatura flexora do tornozelo (legg-press para tríceps sural) e 200% na musculatura flexora do quadril (cross-over). A evolução média das cargas por aparelho encontra-se na FIGURA 06.

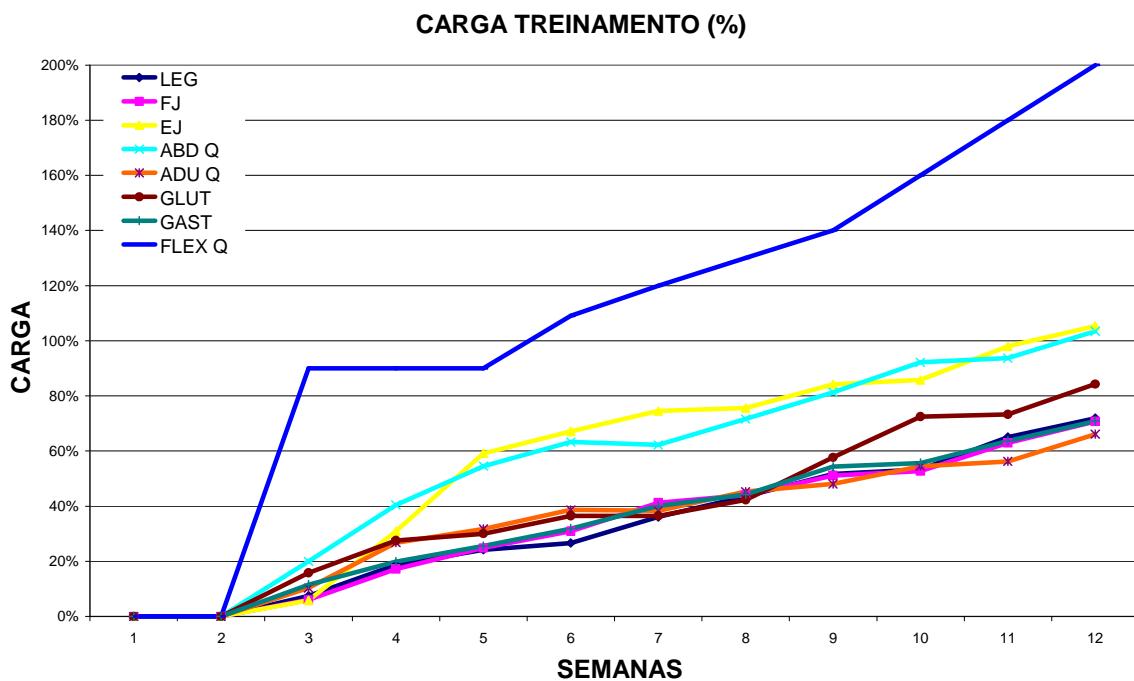


FIGURA 06 – Evolução percentual média da carga de treinamento do grupo experimental durante o período de treinamento de força muscular. A legenda representa os seguintes grupos musculares: extensores do joelho (LEG); flexores do joelho (FJ); extensores do joelho (EJ); abdutores do quadril (ABD Q); adutores do quadril (ADU Q); extensores do quadril (GLUT); tríceps sural (GAST); flexores do quadril (FQ).

O teste de uma repetição máxima aumentou significativamente ( $p<0.05$ ) no grupo experimental após o período de treinamento de força muscular. Apesar desses aumentos terem ocorrido em menor escala do que aqueles observados na quilagem do treinamento (FIGURA 6), o aumento no teste de repetição máxima da musculatura extensora do joelho (leg-press) foi de 48.54% e 104.29% (máquina extensora de joelho), de 51.34% na musculatura flexora de joelho (máquina flexora de joelho), 32% na musculatura abdutora do quadril (máquina abdutora do quadril), 47% na musculatura adutora do quadril (máquina adutora do quadril), 40% na musculatura extensora do quadril (máquina para glúteo), 46 % na musculatura flexora do tornozelo (leg-press para tríceps sural) e 81% na musculatura flexora do quadril (cross-over). A evolução percentual média do teste de repetição máxima encontra-se no figura 07 e tabela 03.

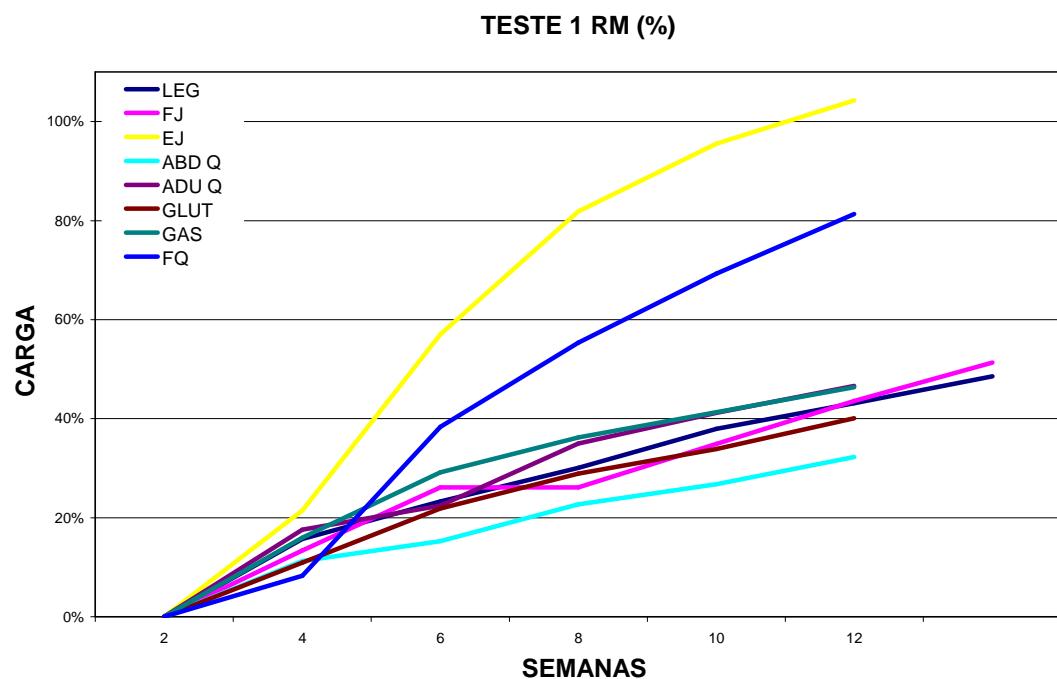


FIGURA 07 - Evolução percentual média dos resultados do teste de uma repetição máxima (1 RM) do grupo experimental durante o período de treinamento de força muscular. A legenda representa os seguintes grupos musculares: extensores do joelho (LEG); flexores do joelho (FJ); extensores do joelho (EJ); abdutores do quadril (ABD Q); adutores do quadril (ADU Q); extensores do quadril (GLUT); tríceps sural (GAST); flexores do quadril (FQ).

TABELA 03 - Valores médios e desvio padrão das variáveis do teste de uma repetição máxima (1RM), antes (PRE) e após (PÓS) o período de treinamento.

Variável	PRÉ	PÓS	Variação (%)
ADUQ experimental (kg)	35.50±8.31	51.15±9.50	+44.08 <sup>α β</sup>
ADUQ controle (kg)	34.60±8.20	35.10±8.22	+1.44
ABDQ experimental (kg)	42.50±5.89	55.9±7.95	+31.53 <sup>α β</sup>
ABDQ controle (kg)	42.40 ± 5.73	41.80±4.95	-1.41
FQ experimental (kg)	17.00±2.58	30.70±5.83	+80.59 <sup>α β</sup>
FQ controle (kg)	17.00±2.35	17.10±2.41	+ 0.59
GLUT experimental (kg)	38.00±5.37	52.80±8.51	+38.94 <sup>α β</sup>
GLUT controle (kg)	38.10±5.83	37.90±5.63	-0.52
FJ experimental (kg)	34.50±7.97	51.40±9.95	+48.98 <sup>α β</sup>
FJ controle (kg)	35.30±6.94	34.60±7.12	-1.98
EJ experimental (kg)	27.00±6.75	53.20±9.90	+97.04 <sup>α β</sup>
EJ controle (kg)	27.30±6.88	27.20±6.98	-0.36
LEG experimental (kg)	40.50±10.39	64.20±10.83	+58.52 <sup>α β</sup>
LEG controle (kg)	39.70±10.12	39.50±10.41	-1.97
GAST experimental (kg)	45.50±11.65	64.60±9.76	+41.97 <sup>α β</sup>
GAST controle (kg)	44.80±11.87	44.90±11.73	+0.22

NOTA: Músculos adutores do quadril (ADUQ); Músculos abdutores do quadril (ABDQ); Músculos flexores do quadril (FQ); Músculos extensores do quadril (EQ); Músculos flexores do joelho (FJ); Músculos extensores do joelho (EJ); músculos flexores do tornozelo (GAST); músculos extensores do joelho (LEG).

<sup>α</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre as condições (PRE e POS) no grupo experimental.

<sup>β</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre os grupos (experimental e controle) na condição POS.

O grupo experimental apresentou um aumento ( $p<0.05$ ) em todas as variáveis mensuradas no teste de contração voluntária isométrica máxima (MIVC), quando comparado aos valores encontrados antes do treinamento e em relação ao grupo controle ( $p<0.05$ ). Os resultados encontrados no presente estudo referentes ao MIVC encontram-se na tabela 04.

TABELA 04 – Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de contração voluntária isométrica máxima (MIVC), antes (PRE) e após (PÓS) o período de treinamento.

Variável	PRÉ	PÓS	Variação (%)
ADUQ experimental (N.m)	9.09 ± 2.49	14.72±3.45	+61.93 <sup>α β</sup>
ADUQ controle (N.m)	9.54 ± 1.82	9.22±1.55	-3.35
ABDQ experimental (N.m)	8.02 ±1.88	15.03±5.55	+87.40 <sup>α β</sup>
ABDQ controle (N.m)	7.88 ± 1.36	7.74±2.02	-1.77
FQ experimental (N.m)	3.17 ±0.85	5.83±1.59	+83.91 <sup>α β</sup>
FQ controle (N.m)	3.18± 0.66	2.93±0.88	-7.86
EQ experimental (N.m)	5.16 ±1.27	8.29±2.56	+60.65 <sup>α β</sup>
EQ controle (N.m)	4.71±1.05	4.74±1.18	+0.63
FJ experimental (N.m)	3.79±0.72	6.39±2.15	+68.12 <sup>α β</sup>
FJ controle (N.m)	3.76±0.68	3.79±0.53	+0.85
EJ experimental (N.m)	6.02±1.25	9.30±3.01	+54.48 <sup>α β</sup>
EJ controle (N.m)	5.65±0.69	5.37±1.31	-4.95
FT experimental (N.m)	1.66±0.74	3.46±1.09	+108.43 <sup>α β</sup>
FT controle (N.m)	1.82±0.86	1.68±0.66	-7.69
ET experimental (N.m)	1.54±0.46	3.34±1.34	+116.88 <sup>α β</sup>
ET controle (N.m)	1.53±0.68	1.54±0.79	+0.65

NOTA: Músculos adutores do quadril (ADUQ); Músculos abdutores do quadril (ABDQ); Músculos flexores do quadril (FQ); Músculos extensores do quadril (EQ); Músculos flexores do joelho (FJ); Músculos extensores do joelho (EJ); músculos flexores do tornozelo (FT); músculos extensores do tornozelo (ET).

α diferenças ( $p<0.05$ ) entre as condições (PRE e POS) no grupo experimental.

β diferenças ( $p<0.05$ ) entre os grupos (experimental e controle) na condição POS.

Não houve diferença ( $p<0.05$ ) na taxa de desenvolvimento de força tanto no grupo experimental quanto no grupo controle nas condições PRE e PÓS em todos os grupos musculares analisados no presente estudo. Os resultados desta análise encontram-se na tabela 05.

TABELA 05 - Valores médios e desvio padrão das variáveis dos testes de taxa de desenvolvimento de força (coeficiente angular da reta) e R (coeficiente de determinação da reta), antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.

Variável	PRÉ	R	PÓS	R
ADUQ experimental (N.m/s)	3.75E-04 ± 3.59E-04	0.971	2.30E-04 ± 5.17E-04	0.986
ADUQ controle (N.m/s)	3.74E-05 ± 2.67E-05	0.957	3.33E-05 ± 2.31E-05	0.959
ABDQ experimental (N.m/s)	2.40E-05 ± 8.94E-06	0.963	2.43E-05 ± 1.27E-05	0.931
ABDQ controle (N.m/s)	3.60E-05 ± 2.70E-05	0.935	2.33E-05 ± 1.53E-05	0.957
FQ experimental (N.m/s)	2.33E-05 ± 1.15E-05	0.968	3.17E-04 ± 7.43E-04	0.911
FQ controle (N.m/s)	1.75E-05 ± 5.00E-06	0.950	2.67E-05 ± 2.08E-05	0.989
EQ experimental (N.m/s)	2.86E-05 ± 3.18E-05	0.977	3.43E-05 ± 2.30E-05	0.935
EQ controle (N.m/s)	3.40E-05 ± 3.71E-05	0.958	2.60E-05 ± 1.64E-05	0.988
FJ experimental (N.m/s)	2.50E-05 ± 3.00E-05	0.977	1.13E-04 ± 2.39E-04	0.928
FJ controle (N.m/s)	5.20E-05 ± 4.55E-05	0.925	8.67E-05 ± 1.00E-04 ±	0.944
EJ experimental (N.m/s)	2.25E-05 ± 1.89E-05	0.917	1.89E-04 ± 3.30E-04	0.945
EJ controle (N.m/s)	4.60E-05 ± 3.91E-05	0.942	1.00E-04 ± 8.66E-05	0.908
FT experimental (N.m/s)	1.67E-04 ± 1.15E-04	0.911	1.71E-05 ± 1.11E-05	0.927
FT controle (N.m/s)	8.40E-05 ± 3.58E-05	0.940	9.93E-05 ± 9.63E-05	0.943
ET experimental (N.m/s)	4.00E-05 ± 3.37E-05	0.917	1.86E-05 ± 1.21E-05	0.930
ET controle (N.m/s)	3.00E-05 ± 2.74E-05	0.954	8.90E-05 ± 9.97E-05	0.943

NOTA: Músculos adutores do quadril (ADUQ); Músculos abdutores do quadril (ABDQ); Músculos flexores do quadril (FQ); Músculos extensores do quadril (EQ); Músculos flexores do joelho (FJ); Músculos extensores do joelho (EJ); músculos flexores do tornozelo (FT); músculos extensores do tornozelo (ET).

#### 4.3 VARIÁVEIS TEMPORAIS

O grupo experimental apresentou uma redução ( $p<0.05$ ) no tempo do ciclo da marcha em relação ao grupo controle em resposta ao período de treinamento de força muscular. Houve uma diminuição do tempo da fase de apoio (TFA) do grupo experimental em relação ao grupo controle e um aumento ( $p<0.05$ ) no tempo da fase de balanço (TFB) na condição POS do grupo experimental. O tempo de duplo apoio (TDA) do grupo experimental após o período de treinamento foi menor ( $p<0.05$ ), quando comparado aos valores encontrados antes do treinamento e em relação ao grupo controle ( $p<0.05$ ). O tempo de apoio simples (TSA) não sofreu alterações ( $p>0.05$ ). Os resultados encontrados no presente estudo referente às variáveis temporais da marcha encontram-se na Tabela 06.

TABELA 06- Valores médios e desvio padrão das variáveis temporais, antes (PRÉ) e depois (PÓS) o período de treinamento de força muscular.

Variável	PRÉ	PÓS	Variação (%)
TCM experimental (s)	1.18±0.04	1.02±0.04	-13.55 <sup>a b</sup>
TCM controle (s)	1.17±0.13	1.18±0.12	+0.85
TFA experimental (s)	0.66±0.03	0.61±0.03	-7.57 <sup>b</sup>
TFA controle (s)	0.72±0.10	0.73±0.11	+1.38
TFB experimental (s)	0.36±0.005	0.40±0.01	+11.12 <sup>a</sup>
TFB controle (s)	0.37±0.04	0.38±0.04	-2.22
TDA experimental (s)	0.13±0.02	0.10±0.01	-23.08 <sup>a b</sup>
TDA controle (s)	0.13±0.05	0.14±0.05	+7.69
TAS experimental (s)	0.39±0.01	0.40±0.01	+2.56
TAS controle (s)	0.40±0.05	0.39±0.03	-2.50

NOTA: Tempo do ciclo da marcha (TCM); Tempo da fase de apoio (TFA); Tempo da fase de balanço (TFB); Tempo de duplo apoio (TDA); Tempo de apoio simples (TAS).

<sup>a</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre as condições (PRE e POS) no grupo experimental.

<sup>b</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre os grupos (experimental e controle) na condição POS.

#### 4.4 VARIÁVEIS ESPACIAIS LINEARES

O grupo experimental apresentou um aumento médio de 0.15 m no comprimento da passada (CP) após o período de treinamento de força muscular em relação aos valores encontrados no pré-teste ( $p<0.05$ ). O grupo controle permaneceu sem alterações ( $p>0.05$ ). As participantes do grupo experimental apresentaram um aumento ( $p<0.05$ ) na velocidade de deslocamento da marcha (VM) após o treinamento de força muscular, que não foi observado no grupo controle ( $p>0.05$ ). Houve um aumento ( $p<0.05$ ) na altura de elevação do pé em relação ao solo e na cadência do grupo experimental quando comparado a condição PRÉ e ao grupo controle. As demais variáveis espaciais lineares não apresentaram modificações significativas após o período de treinamento em ambos os grupos.

Não houve diferença ( $p<0.05$ ) entre o grupo experimental e controle nas duas condições do estudo, antes (PRÉ) e após (PÓS) no deslocamento horizontal do centro de massa. O grupo experimental apresentou uma redução ( $p<0.05$ ) no deslocamento vertical do centro de massa corporal, quando comparado ao grupo controle e aos valores prévios ao treinamento do grupo experimental. A Tabela 07 ilustra os valores encontrados para as variáveis espaciais lineares e centro de massa corporal nas antes (PRE) e após (POS) o período de treinamento.

TABELA 07 - Valores médios e desvio padrão das variáveis espaciais lineares, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.

Variável	PRÉ	PÓS	Variação (%)
CP experimental (m)	1.10 ± 0.08	1.25 ± 0.06	+ 13.63 <sup>a b</sup>
CP controle (m)	1.11 ± 0.09	1.12 ± 0.08	+ 0.9
VM experimental (m/s)	1.10 ± 0.16	1.25 ± 0.11	+13.63 <sup>a b</sup>
VM controle (m/s)	1.09 ± 0.13	1.08 ± 0.14	- 0.92
VCC experimental (m/s)	1.10 ± 0.24	0.89 ± 0.18	- 19.09
VCC controle (m/s)	1.09 ± 0.12	1.10 ± 0.21	+ 0.91
EP experimental (m)	0.04±0.01	0.08±0.02	+100 <sup>a b</sup>
EP controle (m)	0.04±0.01	0.043±0.01	+ 7.5
LP experimental (cm)	6.79 ±4.91	7.28 ± 5.94	+ 7.21
LP controle (cm)	7.25 ± 4.52	6.89 ± 3.41	- 4.96
CAD experimental (passos/min)	108.77±3.67	119.79±3.77	+10.13 <sup>a b</sup>
CAD controle (passos/min)	108.45±3.23	106.76±2.28	-1.56
COM vertical experimental (cm)	1.95±0.43	1.06±0.32	-45.64 <sup>a b</sup>
COM vertical controle (cm)	2.03±0.37	1.96±0.41	-3.44
COM lateral experimental (cm)	5.12±1.72	5.48±1.23	+7.03
COM lateral controle (cm)	5.08±1.84	4.85±1.83	-4.52

NOTA: Comprimento da passada (CP); Velocidade da Marcha (VM); Velocidade de contato do calcanhar (VCC); Elevação do pé (EP); Largura do passo (LP); Cadência (CAD). Centro de massa corporal (COM).

<sup>a</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre as condições (PRE e POS) no grupo experimental.

<sup>b</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre os grupos (experimental e controle) na condição POS.

#### 4.5 VARIAVEIS ESPACIAIS ANGULARES

A tabela 08 apresenta os valores médios encontrados nas variáveis espaciais angulares na marcha dos grupos experimental e controle antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.

TABELA 08- Valores médios e desvio padrão das variáveis espaciais angulares, antes (PRÉ) e após (PÓS) o período de treinamento de força muscular.

Variável	PRÉ	PÓS	Variação (%)
PFQ experimental	22.18 ± 0.72	25.90 ± 1.77	+16.77 <sup>a β</sup>
PFQ controle	22.87 ± 0.70	22.99 ± 0.81	+0.45
PEQ experimental	-3.47 ± 0.12	-6.42 ± 0.85	+85.01 <sup>a β</sup>
PEQ controle	-3.29 ± 0.63	-3.97 ± 0.75	+ 18.36
AQ experimental	28.65 ± 0.61	32.33 ± 0.52	+12.84 <sup>a β</sup>
AQ controle	27.86 ± 1.03	28.06 ± 0.55	+ 4.30
PFJ experimental	71.25 ± 0.76	73.69 ± 0.92	+3.42 <sup>a β</sup>
PFJ controle	70.82 ± 0.49	71.28 ± 0.65	+ 0.64
PEJ experimental	14.97 ± 0.76	16.61 ± 1.36	+ 10.95 <sup>a</sup>
PEJ controle	15.70 ± 0.74	16.64 ± 0.54	+ 5.98
AJ experimental	56.28 ± 1.13	57.07 ± 1.98	+ 1.40 <sup>β</sup>
AJ controle	54.62 ± 1.34	54.64 ± 1.02	+0.03
PFT experimental	9.09 ± 0.58	10.26 ± 1.22	+ 12.87 <sup>a</sup>
PFT controle	9.91 ± 0.54	10.17 ± 0.96	+ 2.62
PET experimental	-11.62 ± 0.69	-14.55 ± 0.84	+25.21 <sup>a β</sup>
PET controle	-11.60 ± 0.59	-11.41 ± 0.59	- 1.63
AT experimental	20.72 ± 1.24	24.82 ± 2.03	+19.78 <sup>a β</sup>
AT controle	21.52 ± 0.57	21.58 ± 1.28	+ 0.27
PIAP experimental	7.56 ± 0.63	6.59 ± 0.60	-12.83 <sup>a</sup>
PIAP controle	7.36 ± 0.70	7.47 ± 0.62	+ 1.49
AOP experimental	5.93 ± 0.76	8.37 ± 1.05	+ 41.14 <sup>a β</sup>
AOP controle	5.64 ± 0.89	6.47 ± 0.73	+ 14.71
ARP experimental	5.14 ± 0.68	8.15 ± 1.95	+58.56 <sup>a β</sup>
ARP controle	4.27 ± 0.90	4.28 ± 1.03	+0.23

NOTA: Pico de flexão do quadril (PFQ); Pico de extensão do quadril (PEQ); Amplitude do quadril (AQ); Pico de flexão do joelho (PFJ); Pico de extensão do joelho (PEJ); Amplitude do joelho (AJ); Pico de flexão do tornozelo (PFT); Pico de extensão do tornozelo (PET); Amplitude do tornozelo (AT); Pico de inclinação anterior da pelve (PIAP); Amplitude de obliquidade pélvica (AOP); Amplitude de rotação pélvica (ARP).

<sup>a</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre as condições (PRE e POS) no grupo experimental.

<sup>β</sup> diferenças ( $p<0.05$ ) entre os grupos (experimental e controle) na condição POS.

O grupo experimental apresentou um aumento ( $p<0.05$ ) no pico de flexão e extensão do quadril e consequentemente na amplitude de movimento do quadril em relação aos valores encontrados antes do treinamento e do grupo controle. A figura 08 demonstra as alterações angulares do quadril no plano sagital antes e após o período de treinamento de força muscular.

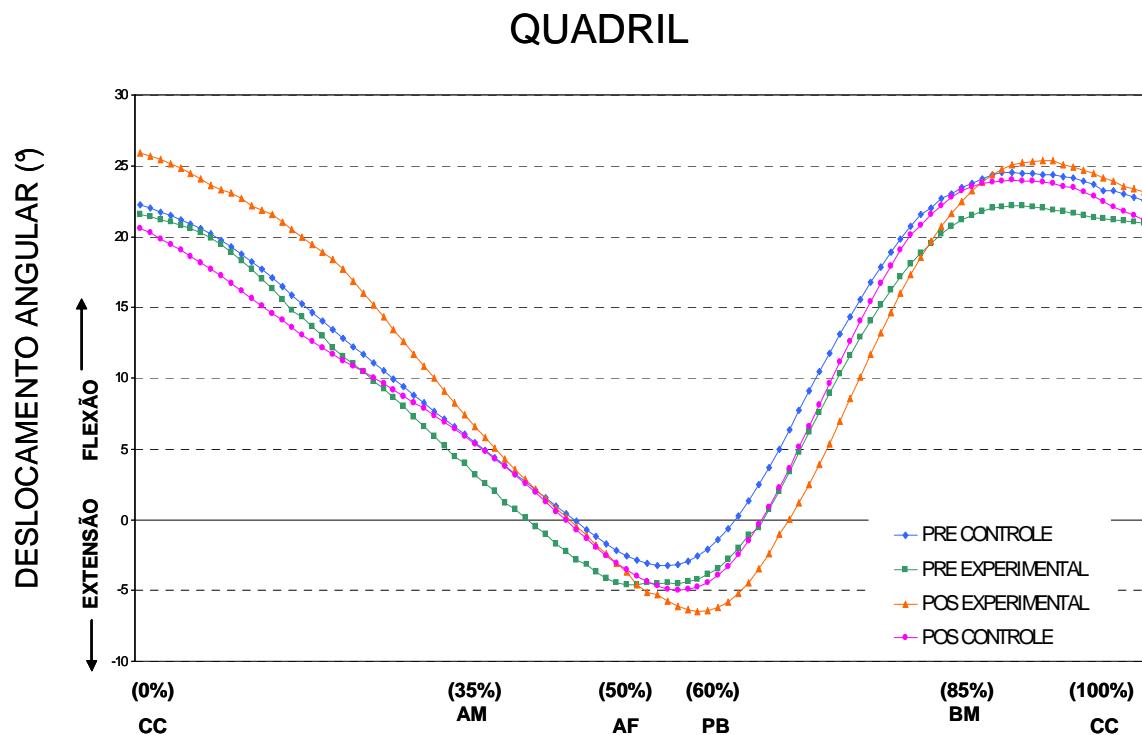


FIGURA 08 – Deslocamento angular do quadril antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.

O grupo experimental apresentou um aumento ( $p<0.05$ ) no pico de flexão e extensão do joelho e consequentemente na amplitude de movimento do joelho em relação aos valores encontrados antes do treinamento e do grupo controle. A figura 09 demonstra as alterações angulares do joelho no plano sagital antes e após o período de treinamento de força muscular.

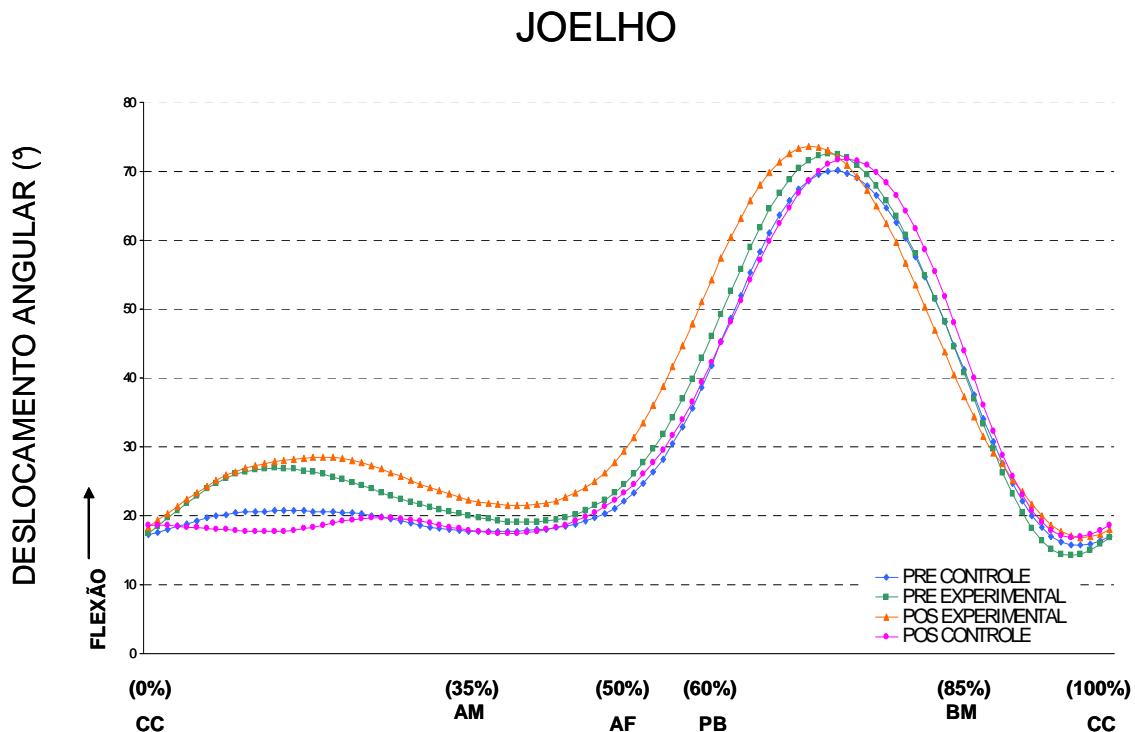


FIGURA 09 - Deslocamento angular do joelho antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.

O grupo experimental apresentou um aumento ( $p<0.05$ ) no pico de flexão do tornozelo quando comparado aos valores prévios ao período de treinamento do grupo. Houve um aumento ( $p<0.05$ ) no pico de extensão e na amplitude do movimento do tornozelo em relação aos valores encontrados antes do treinamento e do grupo controle. A figura 10 demonstra as alterações angulares do joelho no plano sagital antes e após o período de treinamento de força muscular.

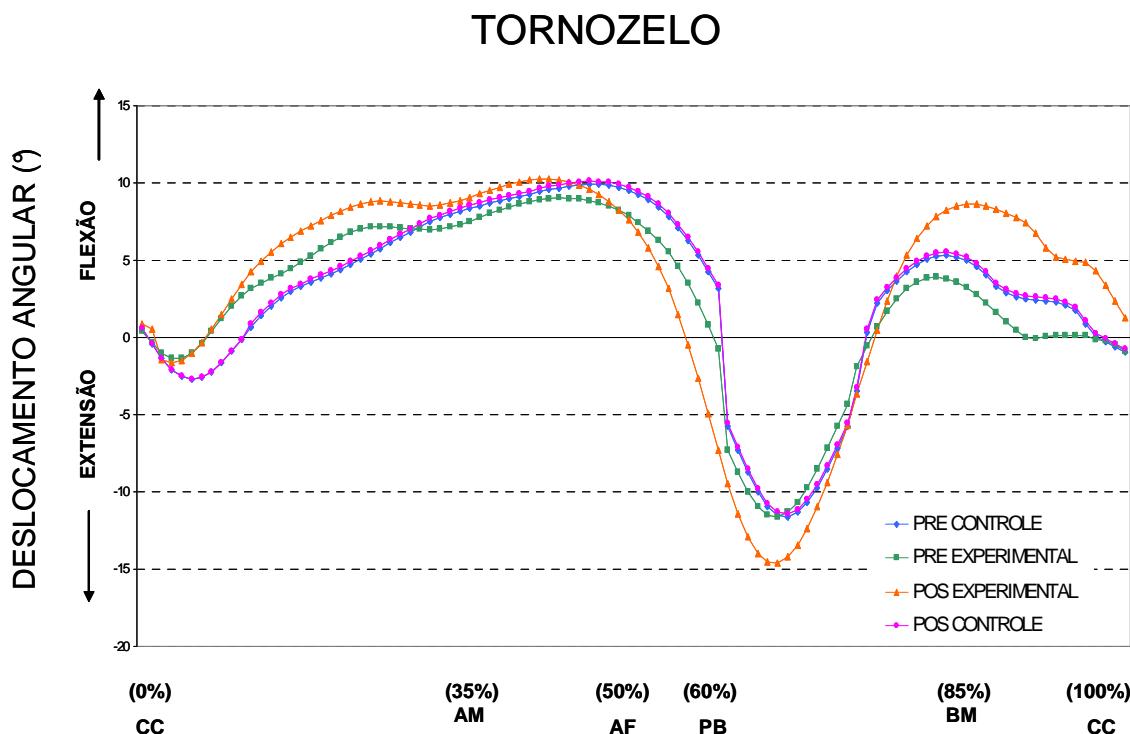


FIGURA 10- Deslocamento angular do tornozelo antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.

O grupo experimental apresentou um aumento ( $p<0.05$ ) na amplitude de obliquidade e rotação pélvica em relação aos valores encontrados antes do treinamento e do grupo controle (FIGURA 11 e 12). Houve uma diminuição ( $p<0.05$ ) no pico de inclinação anterior da pelve, quando comparado aos valores prévios ao período de treinamento do grupo experimental (FIGURA 13).

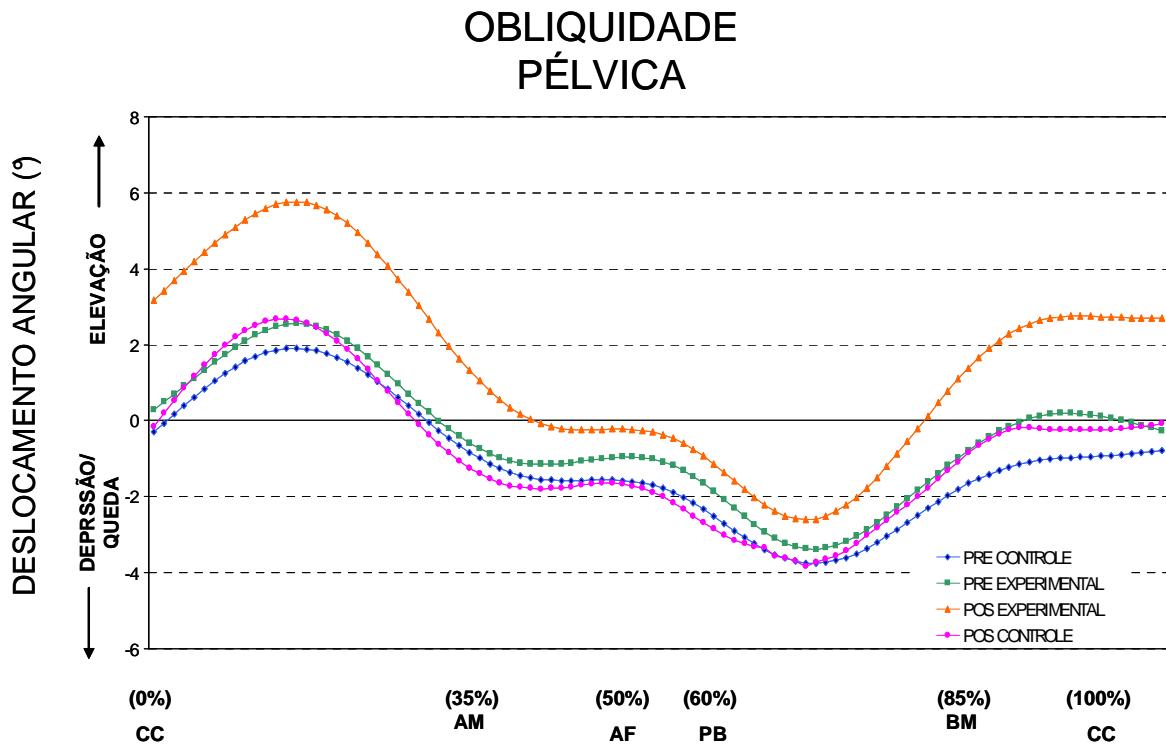


FIGURA 11- Amplitude de elevação e depressão da pelve no plano coronal antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.

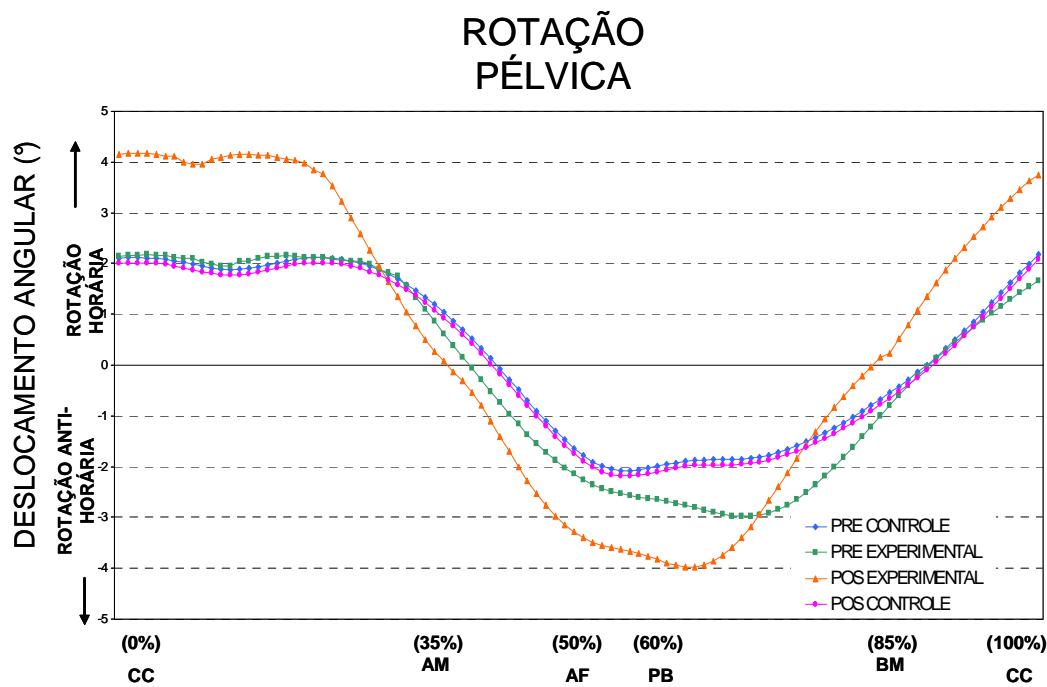


FIGURA 12- Amplitude de rotação do segmento anterior da pelve em relação a um eixo paralelo ao solo e transversal ao sentido de deslocamento do sujeito antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.

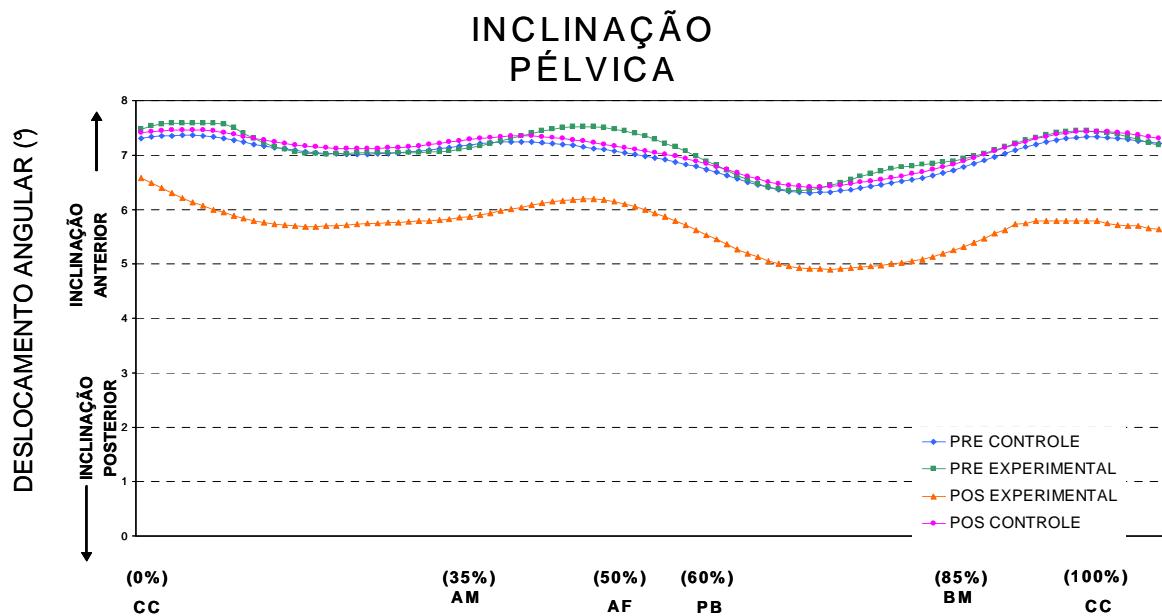


FIGURA 13 - Ponto de maior inclinação anterior da pelve com relação ao plano vertical antes (PRE) e após (PÓS) o treinamento de força muscular do grupo experimental e controle.

A tabela 09 apresenta uma comparação entre os valores dos componentes da marcha geralmente observados entre a população idosa saudável e os valores da avaliação PRE do grupo experimental e dos valores dos componentes da marcha geralmente observados em indivíduos jovens saudáveis e os valores da avaliação POS do grupo experimental. Houve uma melhora em todos os componentes da marcha, de modo que após o período de treinamento de força, o grupo experimental apresentou valores similares aos reportados em jovens saudáveis pela literatura científica.

TABELA 09- Comparação entre os componentes da marcha observados no grupo experimental antes e após o período de treinamento com os reportados pela literatura científica.

COMPONENTES DA MARCHA	VALORES POPULACIONAIS IDOSOS (Vários)	PRE GE	VALORES POPULACIONAIS JOVENS (Vários)	PÓS GE
Velocidade	1.15 <sup>1</sup>	1.10	1.24 <sup>1</sup>	1.25
Tempo ciclo da marcha	1.18 <sup>2</sup>	1.18	1.04 <sup>2</sup>	1.02
Tempo fase de apoio	0.64 <sup>3</sup>	0.66	0.63 <sup>3</sup>	0.61
Tempo de duplo apoio	0.12 <sup>3</sup>	0.13	0.10 <sup>3</sup>	0.10
Tempo fase de balanço	0.36 <sup>3</sup>	0.36	0.42 <sup>3</sup>	0.40

NOTA:

1 PRINCE ET al., 1997.

2 MURRAY, KORY e CLARKSON, 1969.

3 MURRAY, DROUGHT e KORY, 1964.

## 5. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de um treinamento de fortalecimento muscular dos principais grupos musculares dos membros inferiores sobre a marcha de idosas a fim de analisar o risco de quedas. O estudo partiu da premissa que a diminuição da força muscular da musculatura que atua nas articulações do membro inferior constitui fator determinante para alterar o desempenho da marcha e aumentar o risco de quedas em idosos (KERRIGAN et al., 2001; FIATORONE et al., 1994). Dessa forma, o estudo buscou determinar o efeito do fortalecimento muscular dos membros inferiores em idosas.

O questionário de Baecke e o IPAQ indicaram que as participantes eram ativas e capazes de realizar suas atividades do dia-a-dia. As variáveis temporais antes do início do treinamento indicaram um padrão de marcha similar aquele encontrado em idosas saudáveis, com características físicas compatíveis aos participantes do presente estudo (WINTER, 1991). Desta forma, a amostra selecionada pode ser considerada como representativa da população idosa, saudável e ativa. Além disso, não foram encontradas diferenças nos testes de flexibilidade entre o grupo experimental e controle nas condições antes e após o treinamento. Assim, as alterações encontradas após o período de treinamento de força muscular podem ser fortemente atribuídas ao treinamento e não a outros fatores intervenientes.

Todas as participantes selecionadas completaram com êxito todo o protocolo experimental em ambas as sessões de treinamento e avaliação. O grupo experimental completou integralmente as 12 semanas de treinamento com uma freqüência média de 93%. Nenhum sujeito reportou qualquer tipo de desconforto ou lesão durante o período de treinamento.

O grupo controle não apresentou nenhuma alteração nas variáveis analisadas no presente estudo. Por isso, a hipótese  $H_1$  foi aceita.

### 5.1 FORÇA MUSCULAR

A similaridade entre o grupo experimental e controle, nas variáveis utilizadas para descrever a força muscular antes do período de treinamento, demonstra a homogeneidade prévia entre os grupos que pudesse influenciar os resultados do programa de treinamento de força muscular.

### 5.1.1 Evolução da carga de treinamento

O protocolo de treinamento foi aplicado de forma que um reajuste mínimo semanal de 5% da carga inicial de treinamento fosse imposto, mantendo assim uma resistência mínima de 60% de 1RM. Vários autores têm utilizado exercícios de força de alta intensidade (80% de 1RM) e obtido ganhos substanciais de força e hipertrofia muscular (FRONTERA et al., 1988; CAMPBELL et al., 1999; HUNTER et al., 2001). Apesar do presente estudo ter utilizado uma resistência menor do que aquela indicada nesses estudos, os resultados indicam que o protocolo utilizado neste estudo foi efetivo para aumentar a força muscular.

O aumento da força muscular do presente estudo é similar aos reportados por outros (BROWN et al., 1990; FIATORONE et al., 1994; FRONTERA et al., 1988, 1990), que encontraram ganhos entre 48-110% de 1RM. Todavia, o aumento de força muscular encontrado no presente estudo foi maior do que aquele reportado por Vincent et al. (2002; 17%) e Hakkinen et al (1998; 59%) para os músculos extensores do joelho, após 12 semanas de treinamento. Tais indicativos reiteram a premissa que o treinamento aplicado no presente estudo foi efetivo.

As idosas submetidas ao treinamento demonstraram um aumento na força muscular em todos os grupos analisados no teste de contração isométrica voluntária máxima. O aumento do MIVC verificado no presente estudo foi superior aos relatados por outros autores (SUETTA et al., 2004; FRONTERA et al., 1988; GRIMBY et al., 1992; SKELTON et al., 1995) que analisaram um pequeno número de grupos musculares. Independente da magnitude de tais ganhos, o protocolo de treinamento do presente estudo também foi adequado para prover aumentos importantes na MIVC em todos os grupos musculares testados. Portanto, a hipótese  $H_2$  foi aceita.

A taxa de desenvolvimento de força (RFD) tem consequências funcionais, pois determina a força que pode ser gerada nas fases iniciais da contração muscular (0-200ms). Assim, a RFD é um fator determinante para o tempo de reação (AAGAARD et al., 2002). Logo, a habilidade de gerar força muscular rapidamente pode reduzir a incidência de quedas relacionadas ao controle postural e equilíbrio em idosos (AAGAARD et al., 2002). No preste estudo, não foram encontradas diferenças significativas na taxa de desenvolvimento de força nos grupos musculares

e condições experimentais analisados em ambos os grupos. Portanto, a hipótese H<sub>3</sub> e H<sub>10</sub> foi rejeitada.

Hakkinen e colaboradores (1985a; 1985b) demonstraram aumentos significativos na RFD como resultado de um treinamento combinado de resistência e potência muscular de 12 semanas (HÄKKINEM & HÄKKINEM, 1995), 21 semanas (HÄKKINEM et al., 2001) e 6 meses (HÄKKINEN et al., 1998). Portanto, o tipo de treinamento utilizado pode explicar as discrepâncias para a RFD entre o presente estudo e aqueles conduzidos por Hakkinen e colaboradores (1985a; 1985b). Dessa forma, protocolos destinados ao desenvolvimento da potência muscular parecem ser mais efetivos para melhorias na RFD do que aqueles destinados ao aumento da força e resistência muscular. Os resultados observados no presente estudo contrariam os encontrados por Aagaard et al., (2002), que verificaram aumentos de 17-26% na RFD após um período de treinamento de força muscular. Além disso, a utilização de testes unilaterais para a quantificação da RFD pode ter influenciado o desempenho dos participantes, visto que alguns autores sugerem que aumentos decorrentes após o treinamento de resistência bilateral podem ser melhor detectados em testes bilaterais (HÄKKINEN et al., 1985a; 1985b). Estudos similares ao presente que realizaram testes unilaterais após treinamento que envolveu movimentos bilaterais, também não observaram diferenças na RFD (HÄKKINEN e KOMI, 1986).

A discussão dos mecanismos que podem ter influenciado a resposta muscular ao treinamento não constituem objeto de análise do presente estudo, porém as alterações observadas em resposta ao treinamento realizado podem ser consideradas como suficientes para provocar alterações na força muscular de membros inferiores. Por outro lado, a natureza do programa de treinamento de força não influenciou a taxa de desenvolvimento de força.

## 5.2 Variáveis temporais e espaciais lineares

As características temporais da marcha das idosas analisadas antes do treinamento de força muscular foram equivalentes àquelas reportadas em outros estudos que avaliaram sujeitos com características similares às observadas no presente estudo (WINTER, 1991; MURRAY, KORY e CLARKSON, 1969). Tal similaridade indica que as participantes podem ser consideradas como

representativas do padrão de locomoção da marcha da população idosa e respaldam uma seleção adequada da amostra do presente estudo.

A velocidade da marcha é o resultado do produto da freqüência dos passos pelo comprimento da passada (PRINCE ET al., 1997) e tem sido utilizada com um dos melhores preditores de declínio funcional, independência e mortalidade, por ser um parâmetro fácil e objetivo de mensurar (PRINCE et al, 1997). Especificamente, uma redução de 0.1 m/s na velocidade da marcha dos idosos implica em um decréscimo de 10% na habilidade dos idosos realizarem atividades instrumentais na vida diária (LOPOPOLO et al., 2006).

De fato, uma grande proporção das quedas em idosos ocorre durante a marcha (HYLTON, 2003). Vários estudos relacionaram alterações na velocidade da marcha em idosos ao risco de quedas (HYLTON, STEPHEN e RICHARD, 2003; ZHEN-BO et al., 2007). Idosos geralmente apresentam uma diminuição da velocidade da marcha que pode ser interpretada como um indicativo de um padrão da marcha mais conservador, sugerindo que idosos compensam a redução de suas capacidades físicas a fim de aumentar sua estabilidade e evitar quedas (HYLTON, STEPHEN e RICHARD, 2003).

Entretanto, a diminuição da velocidade de deslocamento da marcha no idoso tem sido associada ao risco de quedas, visto que o risco de quedas aumenta com velocidades menores de deslocamento (ROSE e GAMBLE 2006; PERRY, 1992; KERRIGAN et al., 2001; HYLTON, STEPHEN e RICHARD, 2003).

Dessa forma, o aumento na velocidade de deslocamento (~ 13.63%) após o período de treinamento deve ser visto como uma importante melhoria no padrão da marcha, derivada do incremento da capacidade do sistema neuromuscular em produzir maiores níveis de força muscular para deslocar o centro de massa. (PRINCE et al., 1997).

Os ganhos na velocidade do deslocamento em resposta ao treinamento aplicado podem ser analisados mais detalhadamente. Em geral, aumentos na velocidade de deslocamento são obtidos através de dois mecanismos. Assim, incrementos na cadênci a da marcha e no comprimento da passada têm sido descritos como os dois principais determinantes dessa variável (HYLTON, STEPHEN e RICHARD, 2003) e serão analisados a seguir.

A cadênci a representa o número de passos na unidade de tempo (passos/min) e apresenta uma grande variabilidade entre estudos. Em geral, valores

mais elevados são encontrados durante uma velocidade confortável em idosos quando comparados com jovens ou adultos saudáveis (JUDGE et al., 1996; WATELAIN, 2000). Por outro lado, alguns estudos não reportam diferenças em função do envelhecimento (RILEY et al., 2001; KERRIGAN et al., 1998; KANAVAGH et al., 2004) enquanto outros relatam valores menores de cadência em idosos em relação a indivíduos jovens (SADEGHI et al., 2000; MURRAY, KORY e CLARKSON, 1969; WINTER, 1991). Independente de tais controvérsias, o aumento da cadência verificado no presente estudo, pode ser explicado pela interação de um conjunto de variáveis estudadas.

Aumentos do tempo da fase de balanço e reduções no tempo de duplo apoio podem influenciar a cadência da marcha (PRINCE et al., 1997; HYLTON, STEPHEN e RICHARD, 2003). O aumento da força muscular do quadríceps verificado após o período de treinamento de força muscular no presente estudo explica a redução do tempo de duplo apoio, pois permite aos idosos a habilidade de gerar maiores momentos de força ao redor das articulações, reduzindo a necessidade de um maior tempo de apoio para iniciar a fase de oscilação durante a marcha (SCARBOROUGH, KREBS e HARRIS, 1999). O aumento da força da musculatura pré-tibial e dos isquiotibiais observado após o período de treinamento de força muscular auxilia a compreender o aumento da duração da fase de balanço pelo possível aumento sobre o momento dorsiflexor ao redor do tornozelo, após a retirada do calcanhar do solo e pela maior flexão do joelho nesta fase (MILLS e BARRET, 2001). Dessa forma, o comportamento de tais variáveis em resposta ao treinamento pode ter influenciado o padrão temporal do movimento, o qual será analisado a seguir.

A redução do tempo de duplo apoio e o aumento do tempo de balanço permite um maior número de passos por unidade de tempo (cadência), e consequentemente, uma maior velocidade de deslocamento. Como uma regra geral, os idosos utilizam padrões temporais diferentes na marcha para garantir equilíbrio e estabilidade (MURRAY, KORY e CLARKSON, 1969, KERRIGAN et al., 1998; 2001). Os maiores tempos de apoio e reduções na fase de balanço observados nos idosos em comparação aos jovens têm sido interpretados, como forma de aumentar a estabilidade durante o passo (PRINCE et al., 1997; WINTER, 1991; MURRAY, KORY e CLARKSON, 1969; VIEL, 2001). Logo, a reversão dessa tendência

encontrada no presente estudo é um forte indicativo de melhorias sobre a estabilidade do movimento após o aumento de força muscular.

O comprimento da passada é considerado como um importante determinante da velocidade da marcha, pois determina o espaço percorrido durante a fase de balanço (ROSE e GAMBLE, 2006; PERRY, 1992). Aumentos no comprimento da passada também podem explicar aumentos na velocidade de deslocamento, visto que maiores distâncias podem ser alcançadas em um menor espaço de tempo (PRINCE et al., 1997). O aumento do comprimento da passada observado no grupo experimental pode ser explicado pelo aumento da amplitude do passo pélvico, decorrente de alterações na inclinação anterior, rotação e obliquidade pélvica (VIEL, 1991, PERRY, 1992). O aumento da força muscular observada no presente estudo após o período de treinamento também explica o aumento do comprimento da passada observado. O aumento da força da musculatura extensora do quadril e plantiflexora do tornozelo, e um possível aumento da força propulsora do pé no apoio terminal também justificam o aumento do comprimento da passada observado (BARAK, WAGENAAR e KENNETH, 2006). O aumento do pico de plantiflexão do tornozelo decorrente do aumento da força da musculatura plantiflexora do tornozelo observado no presente estudo explica o aumento do comprimento da passada, pois ele explica mais de 52% da variação desta variável (PRINCE et al., 1997; BARAK, WAGENAAR e KENNETH, 2006). O aumento do pico de extensão observado após o período de treinamento no grupo experimental também explica o aumento do comprimento da passada, pois evita um contato do calcanhar com o solo antecipado, e consequentemente, evita uma redução no comprimento da passada (RILEY, DELLACROCE e KERRIGAN, 2001).

O aumento da velocidade da marcha e a melhor força muscular dos flexores do quadril, joelho e tornozelo observado após o período de treinamento de força muscular estão associados ao aumento observado na elevação do pé em relação ao solo. A redução na altura de elevação do pé em relação ao solo durante a marcha de idosos tem sido apontada como decorrente da redução da velocidade da marcha (PRINCE et al., 1997), e tem sido reportada como um fator predisponente às quedas e escorregões durante a marcha em idosos (ROSE E GAMBLE, 2006). Portanto, as alterações observadas nestas variáveis representam uma importante redução do risco de quedas.

Os valores encontrados nas variáveis temporais e espaciais lineares após o período de treinamento de força muscular são similares aos valores reportados em adultos jovens saudáveis (WINTER, 1991; MURRAY, KORY e CLARKSON, 1969). Tais resultados sugerem que o treinamento possui um papel efetivo na reversão parcial dos padrões temporais da marcha senil para valores mais próximos daqueles encontrados em adultos jovens saudáveis (WINTER, 1991). Portanto, as hipóteses H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub> e H<sub>6</sub> foram aceitas e H<sub>7</sub> foi rejeitada. A discussão sobre como as variáveis angulares da marcha (inclinação anterior, rotação e obliquidade pélvica), que alteraram algumas variáveis temporais e espaciais lineares, foram influenciadas pelo treinamento de força encontram-se na próxima seção.

### 5.3 Variáveis espaciais angulares

O treinamento de força muscular induziu muitas alterações sobre as variáveis espaciais angulares, as quais influenciaram o padrão cinemático da caminhada. A pelve sofreu alterações significativas na inclinação anterior, obliquidade e rotação pélvica, os quais serão discutidos a seguir.

A inclinação anterior pélvica é o deslocamento angular da pelve em relação ao plano vertical. Nos idosos, geralmente observa-se um aumento da inclinação anterior da pelve, atribuída a necessidade dos idosos posicionarem a musculatura extensora do quadril em um comprimento mais favorável para a demanda muscular imposta durante a marcha, ou seja, o aumento da inclinação anterior da pelve em idosos é uma estratégia para compensar a redução da força muscular dos extensores do quadril associado ao processo de envelhecimento (PRINCE et al., 1997; KERRIGAN et al., 1998, 2003).

O aumento da inclinação anterior da pelve nos idosos é considerado um dos principais mecanismos para a redução do comprimento da passada e consequentemente, da velocidade da marcha em idosos (KERRIGAN et al., 2001 e 2003; RILEY, DELLACROCE e KERRIGAN, 2001), além de deslocar o centro de massa corporal anteriormente, tornando a marcha mais instável, aumentando o risco de quedas em idosos (ROSE e GAMBLE, 2006; PERRY, 1992; WINTER, 1991).

Portanto, a diminuição na inclinação anterior da pelve observada após o treinamento de força muscular do presente estudo representa um importante achado. O aumento da força observada na musculatura glútea, mais

especificamente no glúteo máximo, explica essa redução na inclinação anterior pélvica, uma vez que esta musculatura é responsável pela retroversão pélvica (PERRY, 1992; KERRIGAN, 2001; 2003). Uma explicação alternativa é o aumento do pico de extensão do quadril observado após o treinamento de força muscular dos membros inferiores, porque o aumento da inclinação anterior pélvica normalmente observada na marcha de idosos é uma compensação parcial para a flexão pronunciada que ocorre ao redor do quadril (KERRIGAN, 2001; CROSBIE e VACHALATHITI, 1997). Essa redução observada na inclinação anterior da pelve também explica o aumento do comprimento da passada e, consequentemente, da velocidade da marcha (KERRIGAN et al., 2001). Portanto, a redução da inclinação pélvica observada no presente estudo indica uma redução do risco de quedas em idosos.

Durante a marcha ocorre uma sucessão de movimentos rotacionais da pelve sobre a cabeça do fêmur, denominada rotação pélvica e depende da ação muscular do iliopsoas, glúteo médio e máximo (PERRY, 1992). A rotação pélvica está associada ao comprimento da passada, velocidade e deslocamento do centro de massa corporal na marcha (ROSE e GAMBLE, 2006, PERRY, 1992). Os idosos geralmente apresentam uma redução da rotação pélvica durante a marcha (PRINCE et al., 1997; KERRIGAN et al., 2001), que pode ser explicada pela redução da força da musculatura extensora do quadril e/ou pelo encurtamento do músculo iliopsoas (KERRIGAN ET AL., 2001). Essa redução da rotação da pelve em idosos, geralmente é acompanhada de uma redução no comprimento da passada, e consequentemente, da velocidade da marcha, e de um aumento no deslocamento vertical do centro de massa corporal. Estas alterações aumentam a variabilidade da marcha, e em uma postura instável, que aumenta o risco de quedas em idosos (KERRIGAN et al., 2001; PRINCE et al., 1997).

Após o período de treinamento de força muscular, o grupo experimental apresentou um aumento na amplitude de rotação da pelve. O aumento da força muscular dos extensores do quadril observado no presente estudo após o período de treinamento de força muscular explica esse aumento (ROSE e GAMBLE, 2006 ZHEN-BO et al., 2007). Uma segunda possibilidade para explicar o aumento da rotação pélvica está em um possível aumento do torque plantiflexor do tornozelo (tríceps sural) no instante final da fase de apoio, decorrente do aumento da força da musculatura plantiflexora. Um maior torque ao redor dessa articulação nesta fase

permite um maior impulso da perna à frente, aumentando a rotação do segmento pélvico (VIEL, 2001). Um aumento no torque ao redor do quadril (ílio-psoas e reto-femoral) também poderia aumentar o momento resultante de rotação da pelve, auxiliando no instante de lançamento da coxa à frente (ROSE e GAMBLE, 2006). Os valores encontrados na rotação da pelve após o treinamento de força muscular são similares aos descritos pela literatura como normal para jovens adultos (WINTER, 1991). Portanto, pode-se inferir que o treinamento de força muscular foi efetivo no aumento da rotação pélvica.

De fato, a rotação da pelve é um importante componente do passo pélvico (VIEL, 2001), porém não atua isoladamente sobre esta variável. A amplitude de elevação e depressão da pelve no plano coronal, denominada obliquidade pélvica, também é um componente importante para o passo pélvico (PERRY, 1992; VIEL, 2001). Ela também representa um mecanismo para dissipar forças e proteger as estruturas adjacentes durante a marcha. A interação entre a força e comprimento muscular do glúteo médio e abdutores do quadril determina a amplitude de movimentação da obliquidade pélvica (PERRY, 1992). Freqüentemente, os idosos apresentam uma redução da amplitude de movimentação da obliquidade da pelve (KERRIGAN et al., 1998; 2001), que implica em uma redução do passo pélvico e consequentemente, redução do comprimento da passada e alterações no padrão temporal da marcha, predispondo às quedas (PERRY, 1992; ROSE e GAMBLE, 2006; KERRIGAN et al., 2001).

Por isso, o aumento na amplitude da obliquidade pélvica verificada após o período de treinamento de força muscular no presente estudo, representa um importante resultado. O aumento da força muscular dos abdutores do quadril e dos glúteos observado no presente estudo justificam essa alteração por um suposto maior torque ao redor da articulação do quadril, auxiliando a elevação do membro da fase de apoio para balanço (PERRY, 1992; ZHEN-BO et al., 2007). Outra explicação é o aumento da flexão da articulação do joelho que facilitaria o passo pélvico e consequentemente, aumentaria obliquidade pélvica (ROSE e GAMBLE, 2006).

O aumento da rotação e obliquidade da pelve permite que o calcanhar da perna de balanço possa ser posicionado mais à frente em relação à perna de apoio, executando a marcha com maior eficiência (ROSE e GAMBLE, 2006; VIEL, 2001;

CROSBIE e VACHALATHITI, 1997). Portanto, com menor risco de quedas. Esses resultados permitiram aceitar a hipótese H<sub>8</sub>.

Idosos saudáveis apresentam uma redução no pico de extensão do quadril durante a marcha que persiste com o aumento da velocidade do deslocamento (KERRIGAN, 2001). Essa redução implica particularmente sobre a capacidade funcional, uma vez que toda a amplitude de movimento (ADM) do quadril é utilizada na marcha. Isso se deve parcialmente à diminuição das capacidades contráteis da musculatura responsável por gerar e frear os movimentos (WINTER, 1991; MURRAY, KORY e CLARKSON, 1969) e à diminuição da complacência muscular ao estiramento (KERRIGAN et al., 2001, 2003;). Considerando que não foram encontradas alterações na flexibilidade (complacência muscular ao estiramento), as modificações detectadas no padrão da marcha foram atribuídas predominantemente aos aumentos na capacidade contrátil muscular, ou seja, na força muscular.

Após o período de treinamento, foi observado um aumento no pico de flexão e extensão do quadril, que representa um aumento da amplitude articular. Após alcançar a extensão completa, o quadril inicia um movimento de flexão da articulação gerado por um momento flexor, que continua a aumentar sua magnitude até a retirada do pé do solo (MILLS e BARRET, 2001). Um possível aumento do torque do quadril, atribuído ao aumento da força muscular dos flexores do quadril observado após o período de treinamento no presente estudo, explicam o aumento do pico de flexão observado no estudo, que auxiliam o membro inferior a passar da fase de apoio para o balanço, contribuindo para a estabilidade e eficiência da marcha (ROSE e GAMBLE, 2006; HYLTONSTEPHEN e RICHARD, 2003).

A melhora observada no pico de extensão do quadril também pode ser explicado por um aumento do momento extensor gerado pela melhora da força muscular dos extensores do quadril verificado após o treinamento de força muscular no presente estudo, para deslocar o COM a frente (ROSE e GAMBLE, 2006). A melhora da extensão do quadril também proporciona ganhos significativos no pico de flexão plantar do tornozelo, como os observados no presente estudo, que tendem a melhorar a efetividade do torque exercido ao redor do tornozelo no instante final da fase de apoio (PERRY, 1992).

O aumento do torque plantiflexor do tornozelo (tríceps sural) no instante final da fase de apoio pode aumentar a velocidade de flexão do joelho, fator importante na geração da flexão do joelho durante a fase de balanço (ROSE e GAMBLE, 2006).

Outra explicação para os achados do presente estudo é o aumento da força muscular decorrente do período de treinamento. Goldberg et al. (2004) verificou que durante a marcha normal, o músculo iliopsoas e o gastrocnêmio são os maiores contribuidores para o pico de velocidade de flexão do joelho durante o duplo apoio. Um momento flexor do quadril aumentado pela maior força da musculatura flexora do quadril após o período de treinamento também pode acelerar a perna e o centro articular do joelho a frente que associado a uma rotação da perna, resulta no aumento do pico de flexão do joelho.

O aumento do pico de extensão do joelho verificado no grupo experimental após o período de treinamento de força muscular pode ser explicado pelo aumento da força muscular dos isquiotibiais que auxiliam na produção do momento extensor do quadril, que promove a extensão do joelho (WHITEHEAD et al., 2007). O pico de extensão e amplitude de movimento do tornozelo também aumentaram após o período de treinamento de força muscular. O aumento da força da musculatura dorsiflexora do tornozelo e do momento interno gerado pelo aumento do momento externo plantiflexor podem justificar os aumentos verificados no presente estudo. Esses resultados permitiram aceitar a hipótese H<sub>9</sub>.

#### 5.4 Centro de massa corporal

Minimizar o deslocamento do centro de massa corporal é o maior mecanismo pra reduzir o esforço muscular durante a marcha e, consequentemente, economizar energia (PERRY, 1992). O deslocamento vertical e lateral do centro de massa têm uma importante participação no controle do equilíbrio (MACKINNON e WINTER, 1993), e são indicativos de instabilidade dinâmica, principalmente em idosos. Idosos, geralmente apresentam um COM anteriorizado, o que tende a aumentar a instabilidade durante a marcha e consequentemente aumentar o risco de quedas (KERRIGAN, 2001). Portanto, o efeito do treinamento de força muscular de membros inferiores sobre estes deslocamentos pode auxiliar na prevenção de quedas.

De fato, uma redução no deslocamento vertical do centro de massa após o período de treinamento de força muscular foi verificado no presente estudo.

Entretanto, nenhuma alteração foi observada no deslocamento lateral do centro de massa corporal.

Os determinantes da marcha foram propostos por Sauders, Inman e Eberhart (1953) os quais foram propostos como fatores de controle realizados em diferentes articulações a fim de maximizar o deslocamento horizontal do centro de massa, propiciando uma transição suave de seus deslocamentos verticais. Vários estudos defendem que a rotação pélvica, obliquidade pélvica e flexão do joelho são os principais elementos para reduzir a magnitude do deslocamento vertical do centro de massa corporal (ROSE e GAMBLE, 2006; PERRY, 1992; SAUDERS, INMAN e EBERHART, 1953). Entretanto, Croce et al. (2001), verificou, a partir de um modelo matemático, que a altura de elevação do calcanhar na fase de pré-balânço é o fator mais importante na redução do deslocamento vertical do centro de massa corporal, e que a obliquidade pélvica e a flexão do joelho reduziriam alguns milímetros no deslocamento vertical do COM. Assim, a rotação pélvica seria o determinante que menos influencia o deslocamento vertical do COM (10%).

A altura de elevação do calcanhar no pré-balânço não foi mensurada no presente estudo. Porém pode-se inferir que como houve um aumento na força da musculatura plantiflexora do tornozelo após o período de treinamento de força muscular, um aumento na altura de elevação do calcanhar em resposta a um maior torque gerado pela musculatura plantiflexora do tornozelo pode ter sido produzido. O aumento da altura de elevação do calcanhar em relação ao solo na fase de balanço também é um indicio dessa possível melhora.

Apesar de não ser considerado o principal determinante do deslocamento vertical do centro de massa corporal, o aumento da rotação pélvica observada após o período de treinamento de força muscular no presente estudo também explica essa redução, pois a rotação da pelve aumenta o comprimento da passada e move a articulação do quadril próxima à linha média (PERRY, 1992). Desta forma, o aumento da rotação pélvica observado permite passos mais longos sem mudar o deslocamento vertical do centro de massa significativamente, garantindo uma maior eficiência energética (VIEL, 2001).

O aumento de força na musculatura abdutora do quadril observada no grupo experimental, que controlam a obliquidade pélvica, aumentou a amplitude dessa movimentação após o período de treinamento. O aumento da amplitude da

obliquidade pélvica também explica a redução do deslocamento vertical do centro de massa observado no presente estudo.

A interação entre o tornozelo e o joelho também reduzem o deslocamento do COM. O aumento da flexão plantar e da flexão do joelho após o período de treinamento combinado à redução da inclinação anterior e obliquidade pélvica, podem ter reduzido a taxa de elevação da unidade passageira na fase de apoio da marcha (PERRY, 1992).

A redução do deslocamento vertical do centro de massa corporal observado após o período de treinamento de força muscular de membros inferiores no presente estudo assegura uma maior estabilidade e eficiência energética na marcha de idosas, reduzindo assim, o risco de quedas.

### 5.5 Limitações do estudo

Uma das maiores limitações do presente estudo foi a falta da análise cinética e eletromiográfica dos movimentos. Muitas das alterações encontradas no presente estudo após o período de treinamento de força muscular dos membros inferiores foram atribuídas parcialmente a uma possível alteração cinética nas variáveis da marcha. Portanto, futuros estudos que quantifiquem as alterações cinéticas, cinemáticas e eletromiográficas da marcha após um período de treinamento de força muscular são necessários para confirmar as inferências feitas pelo presente estudo.

Outro fator limitante foi a característica da população amostrada no estudo. Com o intuito de evitar interações de patologias sobre os achados, foram selecionadas idosas saudáveis, sem nenhum comprometimento físico aparente. Idosas com as características do presente estudo não representam a maioria a população idosa mais propensa às quedas, portanto, a generalização dos achados do presente estudo deve ser vista com cautela. O estudo também não trabalhou com o gênero masculino, outro fator limitante.

A quantidade de indivíduos que participaram do estudo também pode ser considerada como um fator limitante, apesar de estudos biomecânicos geralmente trabalhar com amostras bastante reduzidas. Esse fato também ocorreu pelos critérios de seleção do estudo.

## 6. CONCLUSÃO

Este estudo teve por objetivo analisar o padrão cinemático da locomoção de mulheres na terceira idade em resposta a um programa de fortalecimento dos músculos de membros inferiores. Os achados do presente estudo revelaram que o treinamento de força muscular foi efetivo para alterar um número de variáveis na marcha das idosas. As alterações na capacidade muscular de gerar força que ocorreram ao redor da pelve causaram mudanças importantes sobre o comprimento da passada e cadência, os quais propiciaram aumentos na velocidade de deslocamento e representam importantes indicadores de melhoria da mobilidade. Também foram verificadas alterações nas amplitudes articulares da pelve, quadril, joelho e tornozelo que são fatores importantes associados à eficiência da marcha. Tais variáveis têm sido relacionadas como associadas à redução do risco de quedas em idosos. As alterações que o programa de exercícios de fortalecimento muscular induziu sobre a marcha, demonstraram que exercícios resistidos aplicados para aumento da força muscular constituem importante recurso para atenuar e reverter os efeitos degenerativos associados ao envelhecimento.

## REFERÊNCIAS

AAGARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, p. 1318-1326, 2002.

American College of Sports Medicine (ACSM). American College of Sports Medicine. **Prova de Esforço e Prescrição de Exercício**. Rio de Janeiro: Revinter, P. 431, 1994.

American College of Sports Medicine (ACSM). Position Stand: Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, n. 6, 1998.

American College of Sports Medicine (ACSM) Position Statement: progressive models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, p. 364-80, p. 2002.

BARAFF, L.J.; DELLA PENNA, R.; WILLIANS, N. Practice guideline for the ED Management of falls in community – dwelling elderly persons. **Annals of Emergency Medicine**, v. 30, p. 480-92, 1997.

BARAK, Y.; WAGENNAR, R.C.; KENNETH, G.H. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: A dynamic approach. **Physical Therapy**, v. 86, n.11, p. 1501-1510, 2006.

BARANCIK, J.I.; CHATTERJEE, B.F.; GREENE, Y.C. Northeastern Ohio Trauma Study:I. Magnitude of the problem. **American Journal of Public Health**, v. 73, p. 746–51, 1983.

BASSEY, E.J., FIATARONE, M.A., O'NEILL, E.F., KELLY, M., EVANS, W.J., LIPSITZ, L.A. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. **Clinical Science (London)**, v. 82, p. 321-7, 1992.

BAZIRE S. **Psychotropic Drug Directory**. Quay Books, UK 1999.

BENEDETTI, T.B.; MAZO, G.Z.; BARROS, M.V.G. Application of the international physical activity questionnaire (IPAQ) for evaluation of elderly women: concurrent validity and test-retest reproducibility. **Revista brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n.1, p. 25-34, 2004.

BIRGE SJ. Can falls and hip fracture be prevented in frail older adults? **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 47, p.1265-1266, 1999.

BRODY, J.A. Changing, health needs of the ageing population. In: **Research and the ageing population**. Chichester, John Wiley, p. 208-20, 1988.

BROWN, A.P. Reducing falls in elderly people: A review for exercise interventions. **Physiotherapy Theory Practice**, v. 15, p. 59-68, 1999.

CAMPBELL, W.W., CRIM, M.C., YOUNG, V.R, JOSEPH, L.J., EVANS, W.J. Effects of resistance training and dietary protein intake on protein metabolism in older adults. **American Journal of Applied Physiology**, v. 268, p. E1143-E1153, 1995.

CAMPBELL, A.; ROBERTSON, M.; GARDNER, M.; NORTON, R.; TILYARD, M.; BUCHNER, D. Randomized controlled trial of a general practice program of home based exercise to prevent falls in elderly women. **British Medical Journal**, v. 315, p. 1065–1069, 1997.

CAMPBELL, A.J.; ROBERTSON, M.C.; GARDNER, M.M.; NORTON, R.N.; BUCHNER, D.M. Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. **Age and Ageing**, v. 28, p. 513–18, 1999.

CARMELI, E., COLEMAN, R., REZNICK, A.Z. The biochemistry of aging muscle. **Experimental Gerontology**, v. 37, p. 477-489, 2002.

CENSO 2000: **Perfil dos Idosos.** Informe de Previdência Social, nº 9, V.14, Setembro, 2002.

CHAIMOWICS, F. Health of the Brazilian elderly population on the eve of the 21st century: current problems, forecasts and alternatives. **Revista de Saúde Pública**, v. 31, n. 2, p. 184-200, 1997.

CHARETTE, S.; MCEVOY, L.; PYKA, G.; SNOW-HARTER, C.; GUIDO, D.; WISWELL ,R.; MARCUS, R. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. **Journal of Applied Physiology**, v. 70, p. 1912-1916, 1991.

COGGAN, A.R.; SPINA, R.J.; ROGERS, M.A. Histochemical and enzymatic characteristics of skeletal muscle in master athletes. **Journal of Applied Physiology**, v. 68, p. 1896–1901, 1990.

CONI, N.; WEBSTER, S. Falls and immobility. In: **Geriatrics**. 5. ed. Australia: Blackwell Science; 1998.

CROCE, U.D.; RILEY, P.O.; LELAS, J.L.; KERRIGAN, D.C. A refined view of the determinants of gait. **Gait and Posture**, v. 14, p. 79-84, 2001.

CROSBIE, J.; VACHALATHITI, R. Synchrony of pelvic and hip joint motion during walking. **Gait and Posture**, v.6, p. 237-248, 1997.

CUMMINGS, S.R.; NEVITT, M.C.; BROWNER, W.S.; STONE, K.; FOX, K.M.; ENSRUD, K.E.; CAULEY, J.; BLACK, D.; VOGT, T.M. Risk Factors for Hip Fracture in White Women. **New England Journal Medicine**, v. 332, p. 767–773, 1995.

CUMMINGS, S.R.; NEVITT, M.C. A hypothesis: the causes of hip fractures. **Journal of Gerontology Medicine Science**, v.44, p.M107–111, 1989.

DANION, F.; VARRAINE, E.; BONNARD, M.; PAILHOUS, J. Stride variability in human gait: the effect of stride frequency and stride length. **Gait and Posture**, v.18, p.69-77, 2003.

DEZAN, V.H.; SARRAF, T.A.; RODACKI, A.L.F. Alterações posturais, desequilíbrios musculares e lombalgias em atletas de luta olímpica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, p.35-38, 2004.

DOHERTY, T.J., VANDERVOORT, A.A., TAYLOR, A.W., BROWN, W.F. Effects of motor unit losses on strength in older men and women. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, p. 868-874, 1993.

DOLINIS, J.; HARRISON, J.; ANDREWS, G. Factors associated with falling in older Adelaide residents. **Australian New Zealand Journal of Public Health**, v. 21, p. 462–468, 1997.

EVANS, W.J.; CAMPBELL, W.W. Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. In: Symposium: Aging and body composition: Technological advances and physiological interrelationships. **Journal of Nutrition**, v. 123, p. 465-468, 1993.

EVANS, J. M.; ZAVAREI, K; LELAS, J. J.; RILEY, P O.; KERRIGAN, D. C. Reduce hip extension in the elderly: dynamic or postural? **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 84, p. A15, 2003.

EVANS, W.J. Exercise training guidelines for the elderly. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.31, n.1, p.12-7, 1999.

FARAHMAND, B.; PERSSON, P-G.; MICHAELSSON, K.; BARON, J.A.; PARKER, M.G.; LJUNGHALL, S. Socioeconomic Status, Marital Status and Hip Fracture Risk. A Population-Based Case-Control Study. **Osteoporosis International**, v. 11, p. 803–808, 2000.

FIATARONE, M.A.; MARKS, E.C.; RYAN, N.D. High-intensity strength training in nonagenarians: Effects on skeletal muscle. **Journal of the American Medical Association**, v. 263, p. 3029–3034, 1990.

FIATARONE, M.A.; O'NEILL, E.F.; DOYLE, N.; CLEMENTS, K.M.; ROBERTS, S.B.; KEHAYIAS, J.J.; IPSITZ, L.A.; EVANS, W.J. The Boston FICSIT study: the effects of resistance training and nutritional supplementation on physical frailty in the oldest old. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 41, p. 333–337, 1993.

FIATARONE, M.A.; O'NEILL, E.F.; DOYLE, R. et al. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. **New England Journal of Medicine**, v. 330, p.1769–1775, 1994.

FILLYAN, M.; BEVINS, T.; FERNANDEZ, L. Importance of correcting isokinetic peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios. **Physical Therapy**, v.66, n.1, p. 23-31, 1986.

FLECK S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

FLEMING, B.E.; PENDERGAST, D. R. Physical condition, activity pattern and environment as factors in falls by adult care facility residents. **Archives Physical Medicine Rehabilitation**, v. 74, p. 627-630, 1993.

FRONTERA, W.R.; MEREDITH, C.N.; O'REILLY, K.P.; KNUTTGEN, H.G.; EVANS, W.J. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. **Journal of Applied Physiology**, v. 64, p. 1038-44, 1988.

FRONTERA, W.R.; SUH, D.; KRIVICKAS, L.S.; HUGHES, V.A.; GOLDSTEIN, R.; ROUBENOFF, R. Skeletal muscle fiber quality in older men and women. **American Journal of Physiology**, v. 279, p. C611-8, 2000.

FRONTERA, W.R.; XAVIER, B. The benefits of strength training in the elderly. **Science & Sports**, v. 17, p. 109-16, 2002.

FRY, A.C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. **Sports Medicine**, v.3, n.10, p. 663-679, 2004.

FULLER, G.F. Problem-oriented diagnosis: falls in the elderly. **American Family Physician**, v. 61, p. 2159-2168, 2000.

FUCHS, V.R. The Future of Health Economics. **NBER working papers series**. Working paper 7379, Oct 1999. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w7379>>, Acesso em 20 de junho de 2006.

GUIDELINE FOR THE PREVENTION OF FALLS IN OLDER PERSONS. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 49, p. 664–72, 2001.

GORDILHO A.; SÉRGIO J.; SILVESTRE J.; RAMOS L.R; FREIRE M.P.A.; ESPÍNDOLA, N. Desafios a serem enfrentados no terceiro milênio pelo setor saúde na atenção integral ao idoso. Rio de Janeiro: UnATI/UERJ, 2000.

GRAZIANO, K.U.; MAIA, F.O.M. Principais acidentes de causa externa no idoso. **Gerontologia**, v.7, p.133-139, 1999.

GREENSPAN, S.L.; MYERS, E.R.; MAITLAND, L.A.; RESNICK, N.M.; HAYES, W.C. Fall Severity and Bone Mineral Density as Risk Factors for Hip Fracture in Ambulatory Elderly. **Journal of the American Medical Association**, v. 271, p.128–133, 1994.

GRIMBY, G.; ANIANSSON, A.; HEDBERG, M.; HENNING, G.; GRANGARD, U.; KVIST, H. Training can improve muscle strength and endurance in 78- to 84-yr-old men. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, p. 2517–2523, 1992.

GOLDBERG, S.R.; ANDERSON, F. C.; PANDY, M. G.; DELP, S.L. Muscle that influence knee flexion velocity in duble support: implications for stiff-knee gait. **Journal of Biomechanics**, v. 37, p. 1189-1196, 2004.

A HÄKKINEN, K.; ALÉN, M.; KOMI, P.V. Changes in isometric force and relaxation time, EMG and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during training and detraining. **Acta Physiologic Scandinavia**, v. 125, p. 573–585, 1985.

B HÄKKINEN, K.; KOMI, P.V.; ALÉN, M. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. **Acta Physiologic Scandinavia**, v. 125, p. 587–600, 1985.

HÄKKINEN, K.; KOMI, P.V. Training induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 55, p. 147–55, 1986.

HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M.; KOMI, P.V. Neuromuscular adaptations in strength athletes during training distributed into one or two daily sessions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 68, p. 269-270, 1994.

HAKKINEN, K.; HAKKINEN, A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. **Electromyography Clinical Neurophysiology**, v. 35, p. 137–147, 1995.

HAKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MALKIA, E.; KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.U.; ALEN, M. Changes in agonistantagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, p. 1341–1349, 1998.

HAKKINEN, K.; PAKARINEN, A.; KRAEMER, W.J.; HAKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; ALEN, M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 569–580, 2001.

HARDER, D. **Strength and speed**. 6. ed. Castro Valley: Education Plus, 2000.

HARRIDGE, S.D.R.; KRYGER, A.; STENSGAARD, A. Knee extensor strength, activation and size in very elderly people following strength training. **Muscle and Nerve** 22: 831–839, 1999.

HILL, K.; SCHWARZ, J. Assessment and management of falls in older people. **Internal Medicine Journal**, v. 34, p. 557–564, 2004.

HONEYCUTT, P H.; RAMSEY, P. Factor contributing to falls in elderly men living in the community. **Geriatric Nursing**, v. 23, n. 5, 2002.

HUBERT,H.B.; BLOCH, D.A.; OEHLERT, J.W.; FRIES, J.F. Lifestyle habits and compression of morbidity. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, 57A, M347-M351, 2002.

HUGHES, V.A.; FRONTERA, W.R.; WEED, M.; EVANS, W.J.; DALLAL, G.E.; ROUBENOFF, R.; FIATORONE, M.A. Longitudinal muscle strength changes in older adults: Influence of muscle mass, physical activity, and health. **Journal of Gerontology: Biological Sciences, Medical Sciences**, v. 56, p. B209-B217, 2001.

HUNTER, G.R.; WETZSTEIN, C.J.; McLAFFERTY, C.L.; ZUCKERMAN, P.A.; LANDERS, K.A.; BAMMAN, M.M. High-resistance versus variable-resistance training in older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, p. 1759-1764, 2001.

HURD. M.D. Research on the Elderly: Economic Status. Retirement. and Consumption and Saving. **Journal of Economic Literature**, v. 28, n. 2, p.565-637. june 1990.

HYLTON, B.M.; STEPHEN, R.L.; RICHARD, C.F. Age-related differences in walking stability. **Age and Aging**, v.32, n.2, p.137-142, 2003.

IBGE. **Projeção Preliminar da População do Brasil para o período 1980-2020.** Rio de Janeiro: IBGE-DEPIS, 1997, mimeo.

IMAMURA, K.; ASHIDA, H.; ISHIKAWA, T.; FUJII, M. Human major psoas muscle and sacrospinalis muscle in relation to age: A study by computed tomography. **Journal of Gerontology**, v. 38, p. 678-681, 1983.

IVERS, R.Q.; NORTON, R.; CUMMING, R.G.; BUTLER, M.; CAMPBELL, A.J. Visual impairment and risk of hip fracture. **American Journal Epidemiology**, v. 152, p. 633–639, 2000.

JANSSEN, J.M.; HEYMSFIELD, S.B.; WANG, Z.; ROSS, R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-80 yr. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, p. 81-88, 2000.

KABADA, M.P.; RAMAKRISHMAN, H.K.; WOOTTEN, M.E. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. **Journal of Orthopedic Research**, v. 8, p. 383-392, 1990.

KALACHE, A.; VERAS, R.P.; RAMOS, L.R. O envelhecimento da população mundial: um desafio novo. **Revista de Saúde Pública**, v. 21, p.200-210, 1987.

KANAVAGH, J. J.; BARRETT, R. S.; MORRISON, S. Upper body accelerations during walking in healthy young and elderly men. **Gait and Posture**. v. 20, p. 291-298, 2004.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. **Músculos provas e funções**. São Paulo: Manole, 1995.

KERRIGAN, D. C.; LEE, L. W.; COLLINS, J. J.; RILEY, P. O.; LIPSITZ, L. A. Reduce hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. **Archive of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 82, p. 26-30, 2001.

KERRIGAN, D. C.; TODD, M. K.; DELLA CROCE, U.; LIPSITZ, L. A.; COLLINS, J. J. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: evidence for specific limiting impairments. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.79, p. 317-322, 1998.

KERRIGAN, D.C.; XENOPoulos-ODDSSON, A.; SULLIVAN, M. J.; LELAS, J. J.; RILEY, P. O. Effect of a hip flexor-stretching program on gait in the elderly. **Archive of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 84, p. 1-6, 2003.

KING, A.C.; REIJESKI, W.J.; BUCHNER, D.M. Physical activity interventions targeting older adults: Critical review and recommendations. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 15, p. 316-333, 1998.

KIRKENDALL, D.T.; GARRETT, W.E. The Effects of Aging and Training on Skeletal Muscle. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 4, 1998.

KRAEMER, W.J. **Endocrine responses and adaptations to strength training**. Em Strength and power in sports, editado por P.V. Komi, 291-304. Boston: Blackwell Scientific, 1992a.

KRIVICKAS, L.S.; SUH, D.; WILKINS, J.; HUGHES, V.A.; ROUBENOFF, R.; FRONTERA, W.R. Age- and gender -related differences in maximum shortening velocity of skeletal muscle fibers. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 80, p. 447-455, 2001.

KUBO, K.; AKIMA, H.; KOUZAKI, M.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Changes in the elastic properties of tendon structures following 20 days bed-rest in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, p. 463-468, 2000.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 595–601, 2002.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effects of viscoelastic properties of tendon structures on stretch-shortening cycle exercise in vivo. **Journal of Sports Science**, v.23, n.8, p. 851-860, 2005.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Gender differences in the viscoelastic properties of tendon structures. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 520-526, 2003.

LACH, H.; REED, A.; ARFKEN, C.; MILLER, J.; PAIGE, G.; BIRGE, S.; PECK, W. Falls in the elderly: Reliability of a classification system. **Journal of American Geriatrics Society**, v. 39, p. 197–202, 1991.

LAMBERT, C.P.; EVANS, W.J. Effects of Aging And Resistance Exercise On Determinants Of Muscle Strength. **Journal of American Aging Association**, v. 25, p. 73-78, 2002.

LAMOUREUX, E.L.; SPARROW, W.A.; MURPHY, A.; NEWTON, R.U. The relationship between Lower Body Strength and Obstructed gait in Community-Dwelling Older Adults. **American Geriatrics Society**, v. 50, p. 468-473, 2002.

LARSSON, L. Histochemical characteristics of human skeletal muscle during aging. **Acta Physiologic Scandinavia**, v. 117, p. 469-471, 1983.

LEXELL, J.; TAYLOR, C.C.; SJOSTROM, M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. **Journal of Neurological Science**, v. 84, p. 275–294, 1988.

LOPOPOLO, R.B.; GRECO, M.; SULLIVAN, D.; CRAIK, R.L.; MANGIONE, K.K. Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: A meta-analysis. **Physical Therapy**, v. 86, n.4, p. 520-540, 2006.

LORD, S.; WARD, J.; WILLIAMS, P.; ANSTEY, K. An epidemiological study of falls in older community-dwelling women: The Randwick falls and fractures study. **Australian Journal of Public Health**, v. 17, p. 240–45, 1993.

LOURENÇO, R. A.; MARTINS, C. S. F.; SANCHEZ, M. A. S.; VERAS, R. P. Geriatric outpatient healthcare: hierarchical demand structuring. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 2, p. 311-18, 2005.

LYNCH, N.A.; METTER, E.J.; LINDLE, R.S.; FOZARD, J.L.; TOBIN, J.D.; ROY, T.A.; FLEG, J.L.; HURLEY, B.F. Muscle quality. I. use associated differences between arm and leg muscle groups. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, p. 188-194, 1999.

MACKINNON, C.D.; WINTER, D.A. Control of balance and posture in the frontal plane during human walking. **Journal of Biomechanics**, v. 26, n.6, p. 633-644, 1993.

MAZZEO, R.S.; TANAKA, H. Exercise prescription for the elderly: Current recommendations. **Sports Medicine**, v. 31, p. 809-818, 2001.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

MELTZER, D.E. Age dependence of Olympic weightlifting ability. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, p. 1053-1067, 1994.

MILLS, P.M.; BARRETT, R.S. Swing phase mechanics of healthy young and elderly men. **Human Movement and Science**, v.20, p. 427–446, 2001.

MOLLER, J. **Projected Costs of Fall Related Injury to Older Persons due to Demographic Change in Australia**. Canberra: Commonwealth of Australia; 2004.

MOREIRA, M. M. Envelhecimento da População Brasileira: intensidade, feminização e dependência. **Revista Brasileira de Estudos Popacionais**, Campinas, v.15, n.1, jan./jun., p.79-93, 1998.

MOREIRA, M. M. **Envelhecimento da População Brasileira: aspectos gerais**. Belo Horizonte, 1999, mimeo. (Trabalho apresentado no Seminário “Envelhecimento

da população brasileira: aspectos macro e micro relevantes para políticas sociais, regionais e nacionais". Belo Horizonte: ABEP-CEDEPLAR, 6-7 de dezembro de 1999).

MORELAND, J. D.; RICHARDSON, J.A.; GOLDSMITH, C.H.; CLASE, C.M. Muscle Weakness and Falls in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **American Geriatrics Society**, v. 52, p. 1121-1129, 2004.

MORSE, C.I.; THOM, E.J.M.; MIAN, O.S.; MUIRHEAD, E.A.; BIRCH, K.M.; NARICI, M.V. Muscle strength, volume and activation following 12-month resistance training in 70-year-old males. **European Journal of Applied Physiology**, v. 95, p. 197–204, 2005.

MURRAY, M. P.; KORY, R. C.; CLARKSON, B. H. Walking patterns in healthy old men. **Journal of Gerontology**, v. 24, 169-178, 1969.

NELSON, M.E.; FIATORONE, M.A.; MORGANTI, C.M.; TRICE, I.; GREENBERG, R.A.; EVANS, W.J. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. **Journal of the American Medical Association**, v. 272, p. 1909-1914, 1994.

NYBERG, L.; GUSTAFSON, Y.; BERGGREN, D.; BRA"NNSTRO" M, B.; BUCHT, G. Falls leading to femoral Neck Fractures in Lucid Old People. **Journal of American Geriatrics Society**, v. 44, p.156–160, 1996.

OCHALA, J.; LAMBERTZ, D.; HOECKE, J.V.; POUSSON, M. Effect of strength training on musculotendinous stiffness in elderly individuals. **European Journal of Applied Physiology**, v. 94, p. 126–133, 2005.

PAASUKE, M.; ERELINE, J.; GAPEYEVA, H.; SIRKEL, S.; SANDER, P. Age-related differences in twitch contractile properties of plantarflexor muscles in women. **Acta Physiologica Scandinavia**, v. 170, p. 51-57, 2000.

PARQmed-X. Net.. Disponível em [www.csep.ca/pdfs/parmedx.pdf](http://www.csep.ca/pdfs/parmedx.pdf). Acesso em 16 abril 2006.

PAVOL, M.J.; OWINGS, T.M.; FOLEY, K.T.; GRABINER, M.D. Influence of lower extremity strength of healthy older adults on the outcome of an induced trip. **American Geriatrics Society**, v. 50, p. 256-262, 2002.

PEREIRA, S.R.M. O idoso que cai. In: **Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia**. Caminhos do envelhecer. Rio de Janeiro: Revinter; p. 217-21, 1994.

PEREIRA, S.R.M., BUKSMAN, S., PERRACINI, M.P.Y. L., BARRETO, K.M.L., LEITE, V.M.M. **Projeto Diretrizes: Quedas em Idosos**. Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia, 2001.

PERRACINI, M.R. **Fatores associados a quedas em uma coorte de idosos residentes no município de São Paulo** [tese]. São Paulo: Federal de São Paulo; Escola Paulista de Medicina; 2000.

PERRY, J. **Gait Analysis**: Normal and Pathological Function. SLACK Incorporated, 1992.

PHILLIPS, S.K.; BRUCE, S.A.; NEWTON, D.; WOLDGE, R.C. The weakness of old age is not due to failure of muscle activation. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, v. 47, p. 45-49, 1992.

PLOUTZ-SNYDER, L.L.; GIAMIS, E.L. Orientation and familiarization to 1 RM strength testing in old and young women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, p. 519-523, 2001.

PRINCE, F.; CORRIVEAU, H.; HÉBERT, R.; WINTER, D. A. Gait in the elderly. **Gait and Posture**, v. 5, p. 128-135, 1997.

RAMOS, L.R.; VERAS, R.P.; KALACHE, A. ENVELHECIMENTO POPULACIONAL: UMA REALIDADE BRASILEIRA. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 21, n. 3, 1987.

ROBERTSON, M.C.; DEVLIN, N.; GARDNER, M.; CAMPBELL, A.J. Effectiveness and economic evaluation of a nurse delivered home exercise programme to prevent falls. 1: Randomised controlled trial. **British Medical Journal**, v. 322, p. 697–701, 2002.

ROSE, J.; GAMBLE, J.G. **Human walking**. 3. ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 2006.

ROTH, S.M.; MARTEL, G.E.; IVEY, F.M.; LEMMER, J.T.; TRACY, B.L.; HURLBUT, D.E.; METTER, E.J. Ultrastructural muscle damage in young vs. older men after high-volume, heavy resistance strength training and muscle damage in young and older women. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, p. 1112-1118, 1999.

ROUBENOFF, R. Origins and clinical relevance of sarcopenia. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 26, p. 78-89, 2001.

RUBENSTEIN, L.Z. Falls. In: Yoshioka TT, et al. ed. **Practical ambulatory geriatrics**. 2. ed. Missouri, p. 262-9, 1998.

RUBENSTEIN L.Z.; JOSEPHSON, K.R.; ROBBINS, A.S. Falls in the nursing home. **Annals of Internal Medicine**, v. 121, p. 442-451, 1994.

RILEY, P. O.; DELLACROCE, U.; KERRIGAN, D. C. Effect of age on lower extremity joint moment contributions to gait speed. **Gait and Posture**. v. 14, p. 264-270, 2001.

SAAD, P. O envelhecimento populacional e seus reflexos na área de saúde. In: **VII Encontro Nacional de Estudos Popacionais**. Volume III, 1990. Caxambu. Anais: ABEP. P. 353 – 370. Disponível em: <<http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/1990/t90v03a13.pdf>> Acesso em 24 de julho de 2006.

SADEGHI, H.; ALLARD, P.; PRINCE, F.; LABELLE, H. Symetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. **Gait and Posture**. v. 12, p. 34-45, 2000.

SADIGH, S.; REIMERS, A.; ANDERSSON, R.; LAFLAMME, L. Falls and fall-related injuries among the elderly: a survey of residential-care facilities in a swedish municipality. **Journal of Community Health**, v. 29, n. 2, 2004.

SARRAF, T.; DEZAN, V. H.; RODACKI, A.L.F. Diferenças entre medidas qualitativas e quantitativas durante testes de comprimento músculo-tendíneos dos flexores do quadril uni e bi-articulares. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 9, p. 195-202, 2005.

SATHLER, J. Cuidados especiais com o idoso no ato cirúrgico. In: **Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia Jornadas**. Rio de Janeiro: LIBBS Farmacêutica, p. 42-3, 1994.

SAUDERS, I.B.M.; INMAN, V.T.; EBERHART, H.D.E. **The major determinants in normal and pathological gait**. Journal of Bone Joint and Surgery, v. 35, p. 543-558, 1953.

SCARBOROUGH, D.M.; KREBS, D.E.; HARRIS, B.A. Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. **Gait and Posture**, v. 10, p. 10-20, 1999.

SCHWARTZ, A.V.; KELSEY, J.L.; S. SIDNEY, S.; GRISSO, J.A. Characteristics of Falls and Risk of Hip Fracture in Elderly Men. **Osteoporosis International**, v. 8: p. 240–246, 1998.

SILVESTRE, R.; KALACHE, A.; RAMOS, L.R.; VERAS, R.P. Population ageing in Brazil and the health care sector. **Bold**, v. 7, n.4, p.4-12, 1998.

SKELTON, D.A.; YOUNG, A.; GREIG, C.A.; MALBUT, K.E. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 43, p. 1081–1087, 1995.

SPIRADUSO, W. W. Physical dimensions of aging. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 1995.

STALENHOEF, P. A.; CREBOLDER, H. F. J. M.; KNOTTNERUS, J. A.; VAN DER HORST, F. G. E. M. Incidence, risk factors and consequences of falls among elderly subjects living in the community. **European Journal of Public Health**, v. 7, p. 328–334, 1997.

STUDENSKI S. **Quedas**. In: Calkins E, Ford AP, editores. Geriatria prática. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Revinter, p. 227-33, 1997.

SUETTA, C.; AAGAARD, P.; ROSTED, A.; JAKOBSEN, A.K.; DUUS, B.; KJAER, M.; MAGNUSSON, S.P. Training-induces changes in muscle CSA, muscle strength, EMG and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. **Journal of Applied Physiology**, v. 97, p. 1954-1961, 2004.

SVENSSON, M-L.; RUNDGREN, A.; LARSSON, M.; ODE'N, A.; SUND, V.; LANDAHL, S. Accidents in the institutional elderly. A risk analysis. **Aging**, v. 3, p.181–192, 1991.

TAKARADA, Y.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with short interest rest period on muscular function in middle-aged women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 16, p. 123-128, 2002.

TINNETTI M.E.; WILLIANS, T.F.; MAYEWSKI, R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. **American Journal of Medicine**, v. 80, p. 429-434, 1986.

TINNETTI, M.E.; SPEECHLEY, M. Prevention of falls among the elderly. **New England Journal of Medicine**, v. 320, n.16, p. 1055–1059, 1989.

TINETTI, M.E.; WILLIAMS, C.S. The effect of falls and fall injuries on functioning in community-dwelling older persons. **Journal of Gerontology**, v. 53, n.2, p. 112–119, 1998.

TSAKLOGLOU. P. Elderly and non-elderly in the European Union: A comparison of living standards. **The Review of Income and Wealth**, v. 42, n. 3, p. 271- 292, september 1996.

UNITED NATIONS. **The Sex and Age Distribution of Populations: the 1998 revision**. New York, 1999.

VAN DER BIJ, A. K.; LAURANT, M. G. H.; WENSING, M. Effectiveness of physical activity interventions for older adults. **American Journal of Preventive Medicine**, 22, 120-133, 2002.

VAUGHAN, C. L.; DAVIS, B. L.; O'CONNOR, J. C. **Dynamics of human gait**. Champaign: Human Kinetics, 1993.

VERAS, R. Brazil is getting older: demographic changes and epidemiological challenges. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n.6, 1991.

VICON MOTUS. **User manual**. Disponível em <http://www.vicon.com/products/peakmotussoftware.html#pdf>. Acesso em 14 de julho de 2007.

VIEIRA, E.B. **Manual de gerontologia**: um guia teórico prático para profissionais cuidadores e familiares. Rio de Janeiro: Revinter; 1996.

VIEL, E. **A marcha humana, a corrida e o salto: biomecânica, investigações, normas e disfunções**. Barueri: Manole, 2001.

VINCENT, K.R.; BRAITH, R.W.; FELDMAN, R.A.; KALLAS, H.E.; LOWENTHAL, D.T. Improved cardiorespiratory Endurance Following 6 Months of Resistance Exercise in Elderly Men and Women. **Archives of Internal Medicine**. v.162, p. 673-678, 2002.

VOORRIPS, L. E.; RAVELLI, A. C. J.; DONGELMANS, P. C. A.; DEURENBERG, P.; VAN STAVEREN, W. A. A physical activity questionnaire for the elderly. **Medicine Science Sports & Exercise**, v. 29, suppl. 6, p. S117-21, 1997.

WATELAIN, E.; DUJARDIN, F.; BABIER, F.; et al. Pelvic and lower limb compensatory actions of subjects in an early stage of hip osteoarthritis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 82, p. 1705-1711, 2001.

WEI, T.S.; HU, C.H.; WANG, S.H.; HWANG, K.L. Fall Characteristics, Functional Mobility and Bone Mineral Density as Risk Factors of Hip Fracture in the Community-Dwelling Ambulatory Elderly. **Osteoporosis International**, v. 12, p.1050–1055, 2001.

WINTER, D. A. **The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological**. 2<sup>nd</sup> ed. Waterloo: University of Waterloo Press, 1991.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait and Posture**, v. 3, p. 193-214, 1995.

WHITEHEAD, C.L.; HILLMAN, S.J.; RICHARDSON, A.M.; HAZLEWOOD, M.E.; ROBB, J.E. The effect of simulated hamstring shortening on gait in normal subjects. **Gait and Posture**, v.26, p. 90-96, 2007.

YARESHESKI, K.E.; ZACHWIEJA, J.J.; BIER, D.M. Acute effects of resistance exercise on muscle protein synthesis rate in young and elderly men and women. **American Journal of Physiology**, v. 268, p. E268-E276, 1993.

ZETHREUS, N.; JÖNSSON, B. The cost of a hip fracture. Estimates for 1 709 patients in Sweden. **Acta Orthopedic Scandinavia**, v. 68, p.13–17, 1998.

ZHEN-BO, C.; MAEDA, A., SHIMA, N.; KURATA, H.; NISHIZONO, H. The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait

kinematics in community-dwelling elderly women. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 26, n.3, p. 325-332, 2007.

## APÊNDICE I- TESTE DE FLEXIBILIDADE

A flexibilidade estática PRE e POS período experimental será avaliada usando o método da fotometria (SARRAF et al., 2005) para quantificar o comprimento (em graus) músculo-tendíneo dos flexores uni e bi-articulares e extensores da articulação do quadril e flexores plantares da articulação do tornozelo. Um conjunto de 3 (para flexores do quadril e flexores plantares do tornozelo) e 4 (para os extensores do quadril) marcadores (25 mm de diâmetro) serão colocados nos seguintes pontos anatômicos das participantes: trocânter maior (1) e epicôndilo lateral do fêmur (2), maléolo fibular (3) e maléolo tibial (4), este último será somente utilizado para a avaliação dos extensores de quadril. A união desses pontos fará com que surjam os seguintes segmentos corporais: coxa (1-2), perna (2-3), membro inferior direito (1-3) e membro inferior esquerdo (1-4). Os dois últimos serão utilizados apenas para a análise dos extensores de quadril na posição final. O comprimento músculo-tendíneo será determinado pela variação angular da posição inicial e final dos seguimentos (SARRAF et al., 2005).

Para a avaliação dos extensores de quadril, os sujeitos serão colocados em decúbito dorsal sobre uma maca, com ambos os joelhos em extensão (posição inicial). O avaliador flexionará o quadril do segmento avaliado (com os joelhos em extensão) até ocorrer uma restrição de movimento ou compensação do segmento oposto (posição final). Será aplicada uma força suficiente para promover um movimento lento e gradativo do segmento avaliado (KENDALL et al., 1995; DEZAN et al., 2004). Para calcular a amplitude dos flexores do quadril será utilizado o “teste de Thomas modificado” (SARRAF et al., 2005). Os sujeitos estarão em decúbito dorsal sobre uma maca (posição inicial). A coxa do segmento não avaliado será flexionada em aproximadamente 125 graus, no segmento oposto o avaliador executará uma hiperextensão forçada do quadril e flexão de joelho (posição final). Para a avaliação dos flexores plantares do tornozelo, as participantes estarão deitadas sobre uma maca com os membros inferiores estendidos (posição inicial). O avaliador irá fazer uma dorsiflexão forçada até a restrição do movimento (posição final).

## APÊNDICE 2- TERMO DE CONSENTIMENTO E LIVRE ESCLARECIMENTO

**Pesquisadores responsáveis:**

**Prof. Dr. André Luiz Felix Rodacki e Ft. Leslie Nathan Persch**

Este é um convite especial para a participação voluntária do estudo titulado **“EFEITO DO TREINAMENTO DA FORÇA SOBRE PARÂMETROS DA MARCHA ASSOCIADOS AO RISCO DE QUEDAS EM IDOSAS”**. Por favor, leia com atenção as informações abaixo antes de consentir ou não sua participação no estudo. Qualquer dúvida sobre o estudo ou sobre este documento, pergunte diretamente ao pesquisador com quem você está conversando neste momento ou entre em contato através dos seguintes telefones: CECOM 3360-4333 – 3360-4325.

### **LOCAL DO ESTUDO**

As avaliações serão realizadas no Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) do Departamento de Educação Física localizado na Rua Coração de Maria, 92 – Jardim Botânico, Curitiba – Paraná.

### **OBJETIVO DO ESTUDO**

O objetivo deste estudo é verificar a variação de força muscular decorrente de um treinamento de força bem como seu efeito sobre parâmetros da marcha associados ao risco de quedas.

### **PROCEDIMENTOS**

Sobre sua pele, a partir do processo de palpação das proeminências ósseas, serão determinados e demarcados 27 (vinte e sete) pontos anatômicos onde serão fixados pequenos marcadores auto-adesivos de 1 cm de diâmetro para análise do movimento. Você será submetida a duas sessões, em cada sessão você irá caminhar por uma superfície plana de 6 (seis) metros de comprimento durante aproximadamente 5 (cinco) minutos. Os dados serão coletados por filmagem com 6 câmeras ópticas. O intervalo entre as sessões será de 12 a 16 semanas.

Neste intervalo de tempo você irá participar de um treinamento de força muscular de membros inferiores, realizado com uma freqüência de três sessões semanais. Em cada sessão serão realizados 8 (oito) exercícios em máquinas específicas, com 2 (duas) séries de 10 (dez) repetições em cada exercício. O intervalo entre as séries será de 2 (dois) minutos. A intensidade do treinamento será determinada em relação ao número de repetições máximas (RM), onde você será sempre estimulada a utilizar uma carga que possibilite a realização de no mínimo 10 e no máximo 12 repetições.

Para quantificar a força muscular, uma cinta será posicionada sobre alguns pontos específicos, e você realizará 8 (oito) movimentos, quer serão quantificados em uma célula de carga. Esse procedimento será realizado junto com as sessões de análise do movimento.

Para quantificar a flexibilidade muscular, você deitará em uma maca e o pesquisador realizará o teste de Thomas, para verificar a flexibilidade da musculatura flexora do quadril. Uma fotografia será retirada durante esse procedimento para quantificar os dados posteriormente.

Além dos procedimentos acima descritos, você também responderá a um questionário para quantificar seu nível de atividade física.

OBS.: Estes procedimentos não apresentam riscos para sua saúde.

## BENEFÍCIOS

O estudo das alterações que ocorrem na marcha decorrentes de um treinamento de força muscular de membros inferiores é um importante indicativo para prevenção de quedas. Através deste estudo poderemos sugerir qual a influência de um treinamento de força muscular de membros inferiores na prevenção de quedas em idosos.

## DESPESAS/RESSARCIMENTO DE DESPESAS DO VOLUNTÁRIO

Todos os sujeitos envolvidos nesta pesquisa são isentos de custos e resarcimentos. Caso existam gastos de transporte, os custos serão de responsabilidade dos pesquisadores deste estudo.

## PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA

A sua participação neste estudo é *voluntária* e você terá plena e total liberdade para desistir do estudo a qualquer momento, sem que isso acarrete em qualquer prejuízo para você.

## GARANTIA DE SIGILO E PRIVACIDADE

As informações relacionadas ao estudo são confidenciais e qualquer informação divulgada em relatório ou publicação será feita sob forma codificada, para que seu sigilo seja mantido. O pesquisador garante que seu nome não será divulgado sob hipótese alguma.

## ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS

Você pode e deve fazer todas as perguntas que julgar necessária antes e durante sua participação no estudo. Se você ou seus parentes tiver(em) alguma dúvida com relação ao estudo, direitos do participante, ou qualquer outra questão, você deve contatar o investigador do estudo ou sua equipe (Leslie/André 3360-4333 ou 9972-1695).

## DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO DO PACIENTE

Diante do exposto acima eu, \_\_\_\_\_, declaro que li e discuti com o pesquisador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento e fui esclarecida sobre os objetivos, procedimentos e benéficos do presente estudo. Participo de livre e espontânea vontade do estudo em questão. Foi-me assegurado o direito de abandonar o estudo a qualquer momento, se eu assim o desejar. Declaro também não possuir nenhum grau de dependência profissional ou educacional com os pesquisadores envolvidos neste projeto (ou seja, os pesquisadores deste projeto não podem me prejudicar de modo algum no trabalho ou nos estudos), não me sentindo pressionado de nenhum modo a participar desta pesquisa. Eu entendi a informação apresentada neste termo

de consentimento e receberei uma cópia assinada e datada deste documento de consentimento informado.

Curitiba, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2007.

---

Participante

RG:

---

Leslie Nathan Persch

Pesquisadora

RG: 84006939 PR

---

Testemunha

RG:

### **APÊNDICE III- Determinação da força muscular de membro inferior.**

A Contração isométrica voluntária máxima (MIVC) e a taxa de desenvolvimento de força (RFD) dos oito grupos musculares analisados no presente estudo foram obtidas com o auxílio de um sistema de medição de forças. O sistema consiste em uma célula de carga (Kratos, Modelo CZC500), um conjunto de correias de fixação, uma placa conversora A/D (National Instruments, modelo NI USB 6218), um amplificador (Kratos, modelo IK-1C), conectados a um computador. O valor de MIVC foi definido como sendo o máximo pico de força, o qual foi determinado visualmente no visor do amplificador e registrado em arquivo no software do programa. A taxa de desenvolvimento de força foi determinada pelo coeficiente de inclinação da relação de desenvolvimento de força em função do tempo. Para o processamento dos dados da taxa de desenvolvimento de força foram desprezados 20% dos valores mínimos e 20% dos valores superiores da curva obtida, a fim de evitar valores extremos. A taxa foi calculada através de uma linha de tendência linear, e pelo coeficiente da reta ( $R$ ).

Os testes de MIVC foram desenvolvidos a partir de um posicionamento padronizado das participantes, o qual foi seguido por todos os avaliados em todos os instantes do estudo. A padronização dos testes é descrita a seguir.

#### **1. Articulação do quadril**

Flexão: participante em decúbito dorsal, com flexão do joelho do membro inferior contra-lateral. Um velcro foi colocado na coxa da participante de modo que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizou uma flexão máxima de quadril, com o joelho fletido e tornozelo neutro. A figura 14 demonstra o teste.



FIGURA 14 – Teste de força da musculatura flexora do quadril.

Extensão: participante permaneceu na posição ortostática, com apoio frontal para membros superiores (para evitar desequilíbrios/quedas). Um velcro foi colocado na coxa da participante de modo que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizou uma extensão máxima de quadril, com o joelho fletido e tornozelo neutro. A figura 15 demonstra o teste.



FIGURA 15 – Teste de força da musculatura extensora do quadril.

Abdução: participante permaneceu na posição ortostática, com apoio lateral para o membro superior (para evitar desequilíbrios/quedas). Um velcro foi colocado na perna da participante de modo que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizou uma abdução máxima de quadril, com o joelho em completa extensão e tornozelo neutro. A figura 16 demonstra o teste.



FIGURA 16- Teste de força da musculatura abdutora do quadril.

Adução: participante permaneceu na posição ortostática, com apoio lateral para o membro superior (para evitar desequilíbrios/quedas). Um velcro foi colocado na perna da participante de modo que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizou uma adução máxima de quadril, com o joelho em completa extensão e tornozelo neutro. A figura 17 demonstra o teste.



FIGURA 17 – Teste de força da musculatura adutora do quadril.

## 2. Articulação do joelho

Flexão: participante permaneceu na posição sentada, com apoio lateral para membros superiores (para evitar desequilíbrios/quedas). Um velcro foi colocado no tornozelo da participante de modo que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizará uma flexão máxima de

joelho, mantendo o quadril e o tornozelo em posição neutra. A figura 18 demonstra o teste.



FIGURA 18 – Teste de força da musculatura flexora do joelho.

Extensão: participante permaneceu sentada em uma maca com 90º de flexão de joelho. Um velcro foi colocado no tornozelo da participante de modo que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizou uma extensão máxima de joelho, mantendo o quadril e tornozelo neutros. . A figura 19 demonstra o teste.



FIGURA 19 – Teste de força da musculatura extensora do joelho.

### 3. Articulação do tornozelo

Planti-flexão: participante permaneceu na posição ortostática, com apoio lateral para o membro superior. O membro a ser testado sobre um apoio, joelho fletido e apenas o calcâncar apoiado. Um velcro foi colocado no ante-pé avaliado, de modo

que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizou uma flexão plantar máxima. . A figura 20 demonstra o teste.



FIGURA 20 – Teste de força da musculatura flexora do tornozelo.

Dorsi-flexão: participante permaneceu deitada sobre uma maca reforçada. Um velcro foi colocado no ante-pé avaliado, de modo que a célula de carga ficasse posicionada no sentido contrário ao movimento. A participante realizou uma flexão dorsal máxima do tornozelo. . A figura 21 demonstra o teste.



FIGURA 21 – Teste de força da musculatura extensora do tornozelo.

Um intervalo de 2 minutos para cada movimento foi realizado com o objetivo de evitar erros de testagem pela fadiga da musculatura. Em caso de erro ou falha no teste o mesmo intervalo de tempo foi considerado para um novo teste.

Para valores fidedignos, o dinamômetro deveria estar em um ângulo reto ou absoluto entre a barra de ferro da parede e com o movimento. Nos testes em que

isso não foi possível, foi realizada uma correção matemática através da fórmula da força resultante do movimento. Tal correção buscou calcular a força resultante a partir do vetor de forças gerado sobre o cabo de força e seus respectivos componentes, utilizando a relação do seno e co-seno.

### TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1 RM)

Durante o treinamento, será utilizado o teste de uma repetição máxima (1RM) recomendado pela ACSM (1994, p.162).

Passo 1 - com o objetivo de aquecimento da musculatura a ser testada, será pedido às voluntárias que realizassem 20 a 30 repetições do movimento com uma carga baixa.

Passo 2 - partindo de uma carga relativamente baixa, será solicitado a cada participante para realizar duas repetições do movimento.

Passo 3 - será concedido um intervalo de 5 minutos para a recuperação, para então se seguir uma nova tentativa com uma carga maior.

Passo 4 - os passos três e quatro serão seguidos até o momento em que o indivíduo não resistindo a carga, realizar apenas uma repetição, obtendo-se então a carga máxima do exercício, até o máximo de cinco mudanças de carga no mesmo dia.

Quando for necessário mais que cinco mudanças, o teste será reiniciado no dia seguinte, quando após terem sido executados o passo 1 a carga inicial for imediatamente superior à movida no dia anterior.

## APÊNDICE IV- ROTINAS E ATIVIDADES DE TREINAMENTO DE FORÇA MUSCULAR

O treinamento resistido foi desenvolvido com o auxílio de alguns equipamentos específicos para os grupos musculares selecionados dos membros inferiores, nos quais os participantes realizaram 2 séries de 10 repetições, com 2 minutos de intervalo entre as mesmas. A carga foi controlada de modo que cada participante conseguisse realizar no mínimo 10 e no máximo 12 repetições em cada série de exercícios. Os exercícios utilizados são descritos a seguir:



**EXTENSÃO DE JOELHO:** Participante foi posicionada sentada, com flexão de 115º da articulação do quadril e de 90º da articulação do joelho. Participante realizou o movimento de extensão da articulação do joelho contra resistência, para exercitar os seguintes músculos: quadríceps femoral.



**FLEXÃO DE JOELHO:** Participante foi posicionada sentada, com flexão de 90º da articulação do joelho. Participante realizou o movimento de flexão da articulação do joelho contra resistência, para exercitar os seguintes músculos: Isquiotibiais, gastrocnêmios, sartório e grátil.



**BANCO ADUTOR:** Participante foi posicionada sentada com 90º de flexão da articulação dos joelhos (apoiados medialmente) e quadril (partindo de uma abdução de 30º), tornozelos neutros. Participante realizou o movimento de adução do quadril contra resistência, para exercitar os seguintes músculos: adutor curto, adutor longo, adutor magno, grátil e pectíneo.



#### PANTURRILHA VERTICAL:

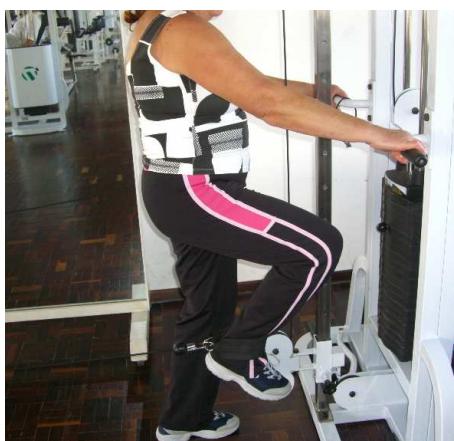
Participante foi posicionada em pé, ombros apoiados superiormente, e pés sobre a superfície metálica. Participante realizou o movimento de flexão plantar da articulação do tornozelo, para exercitar os seguintes músculos: gastrocnêmio, sóleo e plantar (flexão plantar) e tibial anterior e fibular longo e curto (extensão dorsal).



**BANCO ABDTOR:** Participante foi posicionada sentada com 90º de flexão da articulação dos joelhos (apoiados lateralmente) e quadril, tornozelos neutros. Participante realizou movimento de abdução do quadril contra resistência, para exercitar os seguintes músculos: glúteo médio, glúteo mínimo e tensor da fáscia lata.



**MÁQUINA PARA GLÚTEO:** Participante foi posicionada em decúbito ventral, com cotovelos e tronco apoiados, joelhos em extensão e tornozelos neutros (posicionados abaixo do apoio distal da máquina). Participante realizou movimento de extensão do quadril contra resistência, a fim de exercitar a seguinte musculatura: glúteo máximo, isquiotibiais.



**FLEXÃO DE QUADRIL:** Exercício utilizado para o fortalecimento da musculatura flexora do quadril. Participante foi posicionado em pé com postura ereta e membros superiores apoiados à frente. Participante realizou flexão do quadril até sua maior amplitude visando exercitar os seguintes músculos: glúteos, isquiotibiais, reto femural, ilipsoas.



**LEG-PRESS 45º:** Participante foi posicionada sentada com 45º de flexão da articulação do quadril, extensão máxima da articulação de joelho e superfície dos pés apoiadas na superfície metálica. Participante realizou o movimento de extensão e flexão da articulação do joelho, sem retirar a superfície dos pés do apoio, contra resistência, visando exercitar os seguintes músculos: quadríceps femural, isquiotibiais, gastrocnêmio, sóleo.

## QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

Versão 8 (forma longa, semana usual)

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Idade: \_\_\_ anos



Orientações do Entrevistador

Nesta entrevista estou interessado em saber que tipo de atividades físicas o(a) senhor(a) faz em uma semana normal (típica). Suas respostas ajudarão a entender quanto ativos são as pessoas de sua idade.

As perguntas que irei fazer estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividades físicas no trabalho, em casa (no lar), nos deslocamentos à pé ou de bicicleta e no seu tempo de lazer (esportes, exercícios, etc.).

Portanto, considere como **atividades físicas** todo movimento corporal que envolve algum esforço físico. Lembre que as atividades VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem o(a) senhor(a) respirar MUITO mais forte que o normal. As atividades físicas MODERADAS são aquelas que exigem algum esforço físico e que fazem o(a) senhor(a) respirar um pouco mais forte que o normal.

### SEÇÃO 1 - ATIVIDADE FÍSICA NO TRABALHO

Esta seção inclui as atividades que você faz no seu trabalho, seja ele remunerado ou voluntário. Inclua as atividades que você faz na universidade, faculdade ou escola. Você não deve incluir as tarefas domésticas, cuidar do jardim e da casa ou tomar conta da sua família. Estas serão incluídas na seção 3.

1a. Atualmente você tem ocupação remunerada ou faz trabalho voluntário fora de sua casa?

SIM

NÃO → Vá para seção 2 - Transporte



Orientações do Entrevistador

- ▶ As próximas questões são em relação ao tempo que você passa no trabalho (fora de casa) seja ele remunerado ou voluntário.
- ▶ Por favor, NÃO INCLUA o transporte para o trabalho.
- ▶ Pense apenas naquelas atividades que durem pelo menos 10 minutos contínuos.

1b. Em quantos dias de uma semana normal você participa (realiza) atividades físicas vigorosas, de forma contínua por pelo menos 10 minutos (exemplo: trabalho de construção pesada, levantar e transportar objetos pesados, cortar lenha, serrar madeira, cortar grama, pintar casa, cavar valas ou buracos, etc.)?

DIAS por semana

Não faz AF vigorosas

→ Vá para questão 1c

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

1c. Em quantos dias de uma semana normal você participa (realiza) atividades físicas MODERADAS, de forma contínua por pelo menos 10 minutos (exemplo: levantar e transportar pequenos objetos, limpar vidros, varrer ou limpar o chão, carregar crianças no colo, lavar roupas com as mãos, etc.)?

DIAS por semana

Não faz AF moderadas

→ Vá para questão 1d

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

Tempo em cada dia?

1d. Em quantos dias de uma semana normal você realiza caminhadas no seu trabalho, de forma contínua por pelo menos 10 minutos?

Tempo em cada dia?	 Orientações do Entrevistador		Lembre que você não deve incluir a caminhada que você realiza para ir para o trabalho ou para voltar para casa, após o trabalho.						
	<input type="checkbox"/> DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não faz caminhadas → Vá para seção 2 - Transporte							
	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
	Tempo								

### SEÇÃO 2 - ATIVIDADE FÍSICA COMO MEIO DE TRANSPORTE

As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que você realiza para se deslocar de um lugar para outro. Você deve incluir os deslocamentos para o trabalho (se você trabalha), encontro do grupo de terceira idade, cinema, supermercado, lojas ou qualquer outro local.

2a. Em quantos dias de uma semana normal você anda de carro, ônibus, metrô ou trem?

Tempo em cada dia?	<input type="checkbox"/> DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não utiliza veículos a motor → Vá para a questão 2b							
	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
	Tempo								

Tempo em cada dia?	 Orientações do Entrevistador		Agora pense somente em relação aos deslocamentos que você realiza à pé ou de bicicleta para ir de um lugar para outro! Não inclua as atividades que você faz por diversão ou exercício.						
	<input type="checkbox"/> DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não anda de bicicleta → Vá para a questão 2c							
	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
	Tempo								

2b. Em quantos dias de uma semana normal você anda de bicicleta, por pelo menos 10 minutos contínuos, para ir de um lugar para outro?

Tempo em cada dia?	<input type="checkbox"/> DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não anda de bicicleta → Vá para a questão 2c							
	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
	Tempo								

2c. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos, para ir de um lugar para outro?

Tempo em cada dia?	<input type="checkbox"/> DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não faz caminhadas → Vá para a Seção 3							
	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
	Tempo								

### SEÇÃO 3 - ATIVIDADE FÍSICA EM CASA, TAREFAS DOMÉSTICAS E ATENÇÃO À FAMÍLIA



As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que o(a) senhor(a) realiza na sua casa e ao redor da sua casa. Nestas atividades estão incluídas as tarefas no jardim ou quintal, manutenção da casa e aquelas que você faz para tomar conta da sua família.

3a. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas vigorosas no jardim ou quintal, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: carpir, cortar lenha, serrar, pintar, levantar e transportar objetos pesados, cortar grama com tesoura, etc.).

Tempo em cada dia?	<input type="checkbox"/> DIAS por semana	<input type="checkbox"/> Não faz AF vigorosas em casa → Vá para questão 3b							
	DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
	Tempo								

- 3b. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas moderadas no jardim ou quintal, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: levantar e carregar pequenos objetos, limpar a garagem, jardinagem, caminhar ou brincar com crianças, etc.).

DIAS por semana     Não faz AF moderadas no quintal → Vá para questão 3c

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 3c. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas moderadas dentro da sua casa, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: , limpar vidros ou janelas, lavar roupas à mão, limpar banheiro, esfregar o chão, carregar crianças pequenas no colo, etc).

DIAS por semana     Não faz AF moderadas em casa → Vá para a seção 4

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

#### SEÇÃO 4 - ATIVIDADE FÍSICA DE RECREAÇÃO, ESPORTE, EXERCÍCIO E LAZER



As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que o(a) senhor(a) realiza em uma semana normal (habitual) unicamente por recreação, esporte, exercício ou lazer. Pense somente nas atividades físicas que você faz por pelo menos 10 minutos contínuos. Por favor NÃO inclua atividades que você já tenha citado.nas seções

- 4a. No seu tempo livre, sem incluir qualquer caminhada que você já tenha citado nas perguntas anteriores, em quantos dias de uma semana normal você caminha, por pelo menos 10 minutos contínuos?

DIAS por semana     Não faz caminhadas no lazer → Vá para questão 4b

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 4b. No seu tempo livre, durante uma semana normal em quantos dias você participa de atividades físicas vigorosas, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: correr, nadar rápido, pedalar rápido, canoagem, remo, musculação, esportes em geral, etc).

DIAS por semana     Não faz AF vigorosas no lazer → Vá para questão 4c

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 4c. No seu tempo livre, durante uma semana normal em quantos dias você participa de atividades físicas moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: pedalar em ritmo moderado, voleibol recreativo, natação, hidroginástica, ginástica e dança, etc).

DIAS por semana     Não faz AF moderadas no lazer → Vá para Seção 5

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

#### SEÇÃO 5 - TEMPO QUE VOCÊ PASSA SENTADO



Esta é a última pergunta. Preciso saber quanto tempo em média o(a) senhor(a) passa sentado em cada dia da semana. Inclua todo o tempo que você passa sentado em casa, no trabalho, lendo, assistindo TV, visitando amigos, sentado no ônibus, etc.

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

### **ANEXO 3 – QUESTIONÁRIO DE BAECKE**

**Código do participante:** \_\_\_\_\_

**Data de coleta:** \_\_\_\_\_

**Escore:** \_\_\_\_\_

#### **ATIVIDADE DA VIDA DIÁRIA**

1. Você realiza algum trabalho doméstico em sua casa?
  0. nunca (menos de uma vez por mês)
  1. às vezes (somente quando um parceiro ou ajuda não está disponível)
  2. quase sempre (às vezes com ajudante)
  3. sempre (sozinho ou junto com alguém)
  
2. Você realiza algum trabalho doméstico pesado (lavar pisos e janelas, carregar lixo, etc.)?
  0. nunca (menos que 1 vez por mês)
  1. às vezes (somente quando um ajudante não está disponível)
  2. quase sempre (às vezes com ajuda)
  3. sempre (sozinho ou com ajuda)
  
3. Para quantas pessoas vocês faz tarefas domésticas em sua casa? (incluindo você mesmo, preencher 0 se você respondeu nunca nas questões 1 e 2)
   
-----
  
4. Quantos cômodos você tem que limpar, incluindo, cozinha, quarto, garagem, banheiro, porão (preencher 0 se respondeu nunca nas questões 1 e 2).
  0. nunca faz trabalhos domésticos
  1. 1-6 cômodos
  2. 7-9 cômodos
  3. 10 ou mais cômodos
  
5. Se limpa algum cômodo, em quantos andares? (preencher se respondeu nunca na questão 4).

6. Você prepara refeições quentes para si mesmo, ou você ajuda a preparar?
  0. nunca
  1. às vezes (1 ou 2 vezes por semana)
  2. quase sempre (3 a 5 vezes por semana)
  3. sempre (mais de 5 vezes por semana)
7. Quantos lances de escada você sobe por dia? (1 lance de escadas tem 10 degraus)
  0. eu nunca subo escadas
  1. 1-5
  2. 6-10
  3. mais de 10
8. Se você vai para algum lugar em sua cidade, que tipo de transporte utiliza?
  0. eu nunca saio
  1. carro
  2. transporte público
  3. bicicleta
  4. caminhando
9. Com que freqüência você faz compras?
  0. nunca ou menos de uma vez por semana (algumas semanas no mês)
  1. uma vez por semana
  2. duas a 4 vezes por semana
  3. todos os dias
10. Se você vai para as compras, que tipo de transporte você utiliza?
  0. Eu nunca saio
  1. Carro
  2. Transporte público
  3. Bicicleta
  4. Caminhando

### *ATIVIDADES ESPORTIVAS*

Você pratica algum esporte?

Esporte 1:

Nome: \_\_\_\_\_

Intensidade: \_\_\_\_\_

Horas por semana: \_\_\_\_\_

Quantos meses por ano: \_\_\_\_\_

Esporte 2:

Nome: \_\_\_\_\_

Intensidade: \_\_\_\_\_

Horas por semana: \_\_\_\_\_

Quantos meses por ano: \_\_\_\_\_

### *ATIVIDADES DE LAZER*

Você tem alguma atividade de lazer?

Atividade 1:

Nome: \_\_\_\_\_

Intensidade: \_\_\_\_\_

Horas por semana: \_\_\_\_\_

Quantos meses por ano: \_\_\_\_\_

### **INSTRUÇÕES**

Informações sobre esportes e outras atividades do tempo de lazer, são extraídas quanto o tipo de atividade, duração (horas por semana), freqüência (número de meses por ano), e a intensidade que a atividade foi normalmente realizada. A intensidade da atividade foi codificada baseada no trabalho de Bink et al. Estes códigos de intensidade são códigos sem unidade que foram originalmente baseados em gasto energético.

### **CÁLCULOS**

A pontuação do questionário é dada como segue:

Escores das atividades diárias = (soma dos escores obtidos nas dez questões  $\div$  10).

Escores do esporte = o produto dos códigos para intensidade, horas por semana e meses por ano para cada atividade somada entre todas as atividades.

Escores para as atividades de tempo de lazer = calculados similarmente aos escores do esporte.

Nota: desde que os escores do questionário não têm unidades inerentes (por exemplo, kcal/min, etc.), eles são designados a ser divididos dentro de quantias para propostas de classificação geral dentro da amostra dos quais os dados foram obtidos.

### ***EXEMPLO***

Escores do lar: A soma dos valores das respostas das 10 primeiras questões. Se as respostas de uma pessoa são como segue (número da questão: valor da resposta): 1:2, 2:2, 3:2, 4:3, 5:1, 6:3, 7:1, 8:1, 9:1, 10:1, a soma dos valores das respostas seria  $2+2+2+3+1+3+1+1+1+1 = 17$ . Os escores do lar seriam então  $17 \div 10$ , ou 1,7.

Escores do esporte (ver tabela de códigos)

#### ***Boliche***

Intensidade: o código é 0.890 (do n. 6: em pé, movimentos corporais e andar)

Horas por semana: 1-2 h/semana. Isto seria codificado como 1.5.

Meses por ano: 6meses/ano. Isto seria codificado como 0.42.

#### ***Natação***

Intensidade: o código é 1.890.

Horas por semana: 2-3 h/sem. Isto seria codificado como 2.5.

Meses por ano: 10mês/ano. Isto seria codificado como 0.92.

Escores do esporte:  $(0.89 \times 1.5 \times 0.42) + (1.89 \times 2.5 \times 0.92) = 0.561 + 4.347 = 4.91$

#### **Escore do lazer**

Nota: este escore é calculado da mesma forma do escore do esporte, usando os mesmos códigos para intensidade e duração.

### Fazer tricô

Intensidade: o código é 0.297 (do número 2: sentado, movimentos de mãos ou braços.

Horas por semana: 10h/sem. Este seria codificado como 8.5.

Meses por ano: 12 mês/ano. Isto seria codificado como 0.92.

Escore do lazer =  $0.297 \times 8.50 \times 0.92 = 2.32$

Escore do questionário = escore do lar + escore do esporte + escore do lazer = 1.70  
+ 4.91 + 2.32 = 8.93

### Códigos para o questionário

#### *Código de intensidade*

0: deitado, sem carga	0.028
1: sentado, sem carga	0.146
2: sentado, com movimentos de mãos e braços	0.297
3: Sentado, com movimentos corporais	0.703
4: Em pé sem carga	0.174
5: Em pé com movimentos de mãos e braços	0.307
6: Em pé, com movimentos corporais, caminhando	0.890
7: Caminhando, com movimentos corporais	1.368
8: Caminhando, movimentos corporais, pedalar, nadar	1.890

#### *Horas por semana*

1: Menos que 1h/sem	0.5
2: 1 - < 2h/sem	1.5
3: 2 < 3h/sem	2.5
4: 3- <4/sem	3.5
5: 4 - <5h/sem	4.5
6: 5 - <6h/sem	5.5
7: 6 - <7h/sem	6.5
8: 7 - < 8h/sem	7.5

9: 8 ou mais horas por semana 8.5

*Meses por ano*

1: Menos do que 1 mês/ano	0.04
2: 1-3 meses/ano	0.17
3: 4-6 meses/ano	0.42
4: 7-9 meses/ano	0.67
5: mais do que 9 meses por ano	0.92

Physical Activity Readiness  
Medical Examination  
(revised 2002)

# PARmed-X

## PHYSICAL ACTIVITY READINESS MEDICAL EXAMINATION

The PARmed-X is a physical activity-specific checklist to be used by a physician with patients who have had positive responses to the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). In addition, the Conveyance/Referral Form in the PARmed-X can be used to convey clearance for physical activity participation, or to make a referral to a medically-supervised exercise program.

Regular physical activity is fun and healthy, and increasingly more people are starting to become more active every day. Being more active is very safe for most people. The PAR-Q by itself provides adequate screening for the majority of people. However, some individuals may require a medical evaluation and specific advice (exercise prescription) due to one or more positive responses to the PAR-Q.

Following the participant's evaluation by a physician, a physical activity plan should be devised in consultation with a physical activity professional (CSEP-Professional Fitness & Lifestyle Consultant or CSEP-Exercise Therapist™). To assist in this, the following instructions are provided:

**PAGE 1:** • Sections A, B, C, and D should be completed by the participant BEFORE the examination by the physician. The bottom section is to be completed by the examining physician.

**PAGES 2 & 3:** • A checklist of medical conditions requiring special consideration and management.

**PAGE 4:** • Physical Activity & Lifestyle Advice for people who do not require specific instructions or prescribed exercise.

• Physical Activity Readiness Conveyance/Referral Form - an optional tear-off tab for the physician to convey clearance for physical activity participation, or to make a referral to a medically-supervised exercise program.

### This section to be completed by the participant

<b>A</b> PERSONAL INFORMATION: <p>NAME _____ ADDRESS _____ TELEPHONE _____ BIRTHDATE _____ GENDER _____ MEDICAL No. _____</p>	<b>B</b> PAR-Q: Please indicate the PAR-Q questions to which you answered YES <p><input type="checkbox"/> Q 1 Heart condition <input type="checkbox"/> Q 2 Chest pain during activity <input type="checkbox"/> Q 3 Chest pain at rest <input type="checkbox"/> Q 4 Loss of balance, dizziness <input type="checkbox"/> Q 5 Bone or joint problem <input type="checkbox"/> Q 6 Blood pressure or heart drugs <input type="checkbox"/> Q 7 Other reason: _____</p>
<b>C</b> RISK FACTORS FOR CARDIOVASCULAR DISEASE: <i>Check all that apply</i> <p><input type="checkbox"/> Less than 30 minutes of moderate physical activity most days of the week.  <input type="checkbox"/> Currently smoker (tobacco smoking 1 or more times per week).  <input type="checkbox"/> High blood pressure reported by physician after repeated measurements.  <input type="checkbox"/> High cholesterol level reported by physician.</p> <p><b>Please note:</b> Many of these risk factors are modifiable. Please refer to page 4 and discuss with your physician.</p>	
<b>D</b> PHYSICAL ACTIVITY INTENTIONS: What physical activity do you intend to do? _____ _____ _____	

### This section to be completed by the examining physician

<b>Physical Exam:</b> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Ht</td> <td>Wt</td> <td>BP i) /</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>BP ii) /</td> </tr> </table>	Ht	Wt	BP i) /			BP ii) /	<b>Physical Activity Readiness Conveyance/Referral:</b> <p>Based upon a current review of health status, I recommend:</p> <p><input type="checkbox"/> No physical activity  <input type="checkbox"/> Only a medically-supervised exercise program until further medical clearance  <input type="checkbox"/> Progressive physical activity:            • with avoidance of: _____            • with inclusion of: _____            • under the supervision of a CSEP-Professional Fitness &amp; Lifestyle Consultant or CSEP-Exercise Therapist™  <input type="checkbox"/> Unrestricted physical activity—start slowly and build up gradually</p> <p>Further Information:  <input type="checkbox"/> Attached  <input type="checkbox"/> To be forwarded  <input type="checkbox"/> Available on request</p>
Ht	Wt	BP i) /					
		BP ii) /					
<b>Conditions limiting physical activity:</b> <p><input type="checkbox"/> Cardiovascular      <input type="checkbox"/> Respiratory      <input type="checkbox"/> Other  <input type="checkbox"/> Musculoskeletal      <input type="checkbox"/> Abdominal</p>	<b>Tests required:</b> <p><input type="checkbox"/> ECG      <input type="checkbox"/> Exercise Test      <input type="checkbox"/> X-Ray  <input type="checkbox"/> Blood      <input type="checkbox"/> Urinalysis      <input type="checkbox"/> Other</p>						



© Canadian Society for Exercise Physiology

Supported by: Health Canada Sante Canada

Physical Activity Readiness  
Medical Examination  
(revised 2002)

# PARmed-X PHYSICAL ACTIVITY READINESS MEDICAL EXAMINATION

Following is a checklist of medical conditions for which a degree of precaution and/or special advice should be considered for those who answered "YES" to one or more questions on the PAR-Q, and people over the age of 69. Conditions are grouped by system. Three categories of precautions are provided. Comments under Advice are general, since details and alternatives require clinical judgement in each individual instance.

	<b>Absolute Contraindications</b>	<b>Relative Contraindications</b>	<b>Special Prescriptive Conditions</b>	<b>ADVICE</b>
	Permanent restriction or temporary restriction until condition is treated, stable, and/or past acute phase.	Highly variable. Value of exercise testing and/or program may exceed risk. Activity may be restricted.  Desirable to maximize control of condition.  Direct or indirect medical supervision of exercise program may be desirable.	Individualized prescriptive advice generally appropriate: <ul style="list-style-type: none"><li>• limitations imposed; and/or</li><li>• special exercises prescribed.</li></ul> May require medical monitoring and/or initial supervision in exercise program.	
Cardiovascular	<input type="checkbox"/> aortic aneurysm (dissecting) <input type="checkbox"/> aortic stenosis (severe) <input type="checkbox"/> congestive heart failure <input type="checkbox"/> crescendo angina <input type="checkbox"/> myocardial infarction (acute) <input type="checkbox"/> myocarditis (active or recent) <input type="checkbox"/> pulmonary or systemic embolism—acute <input type="checkbox"/> thrombophlebitis <input type="checkbox"/> ventricular tachycardia and other dangerous dysrhythmias (e.g., multi-focal ventricular activity)	<input type="checkbox"/> aortic stenosis (moderate) <input type="checkbox"/> subaortic stenosis (severe) <input type="checkbox"/> marked cardiac enlargement <input type="checkbox"/> supraventricular dysrhythmias (uncontrolled or high rate) <input type="checkbox"/> ventricular ectopic activity (repetitive or frequent) <input type="checkbox"/> ventricular aneurysm <input type="checkbox"/> hypertension—untreated or uncontrolled severe (systemic or pulmonary) <input type="checkbox"/> hypertrophic cardiomyopathy <input type="checkbox"/> compensated congestive heart failure	<input type="checkbox"/> aortic (or pulmonary) stenosis—mild angina pectoris and other manifestations of coronary insufficiency (e.g., post-acute infarct) <input type="checkbox"/> cyanotic heart disease <input type="checkbox"/> shunts (intermittent or fixed) <input type="checkbox"/> conduction disturbances <ul style="list-style-type: none"><li>• complete AV block</li><li>• left BBB</li><li>• Wolff-Parkinson-White syndrome</li></ul> <input type="checkbox"/> dysrhythmias—controlled <input type="checkbox"/> fixed rate pacemakers <input type="checkbox"/> intermittent claudication <input type="checkbox"/> hypertension: systolic 160-180; diastolic 105+	<ul style="list-style-type: none"><li>• clinical exercise test may be warranted in selected cases, for specific determination of functional capacity and limitations and precautions (if any).</li><li>• slow progression of exercise to levels based on test performance and individual tolerance.</li><li>• consider individual need for initial conditioning program under medical supervision (indirect or direct).</li></ul>
Infections	<input type="checkbox"/> acute infectious disease (regardless of etiology)	<input type="checkbox"/> subacute/chronic/recurrent infectious diseases (e.g., malaria, others)	<input type="checkbox"/> chronic infections <input type="checkbox"/> HIV	variable as to condition
Metabolic		<input type="checkbox"/> uncontrolled metabolic disorders (diabetes mellitus, thyrotoxicosis, myxedema)	<input type="checkbox"/> renal, hepatic & other metabolic insufficiency <input type="checkbox"/> obesity <input type="checkbox"/> single kidney	variable as to status
Pregnancy		<input type="checkbox"/> complicated pregnancy (e.g., toxemia, hemorrhage, incompetent cervix, etc.)	<input type="checkbox"/> advanced pregnancy (late 3rd trimester)	refer to the "PARmed-X for PREGNANCY"

**References:**

- Arraix, G.A., Wigle, D.T., Mao, Y. (1992). Risk Assessment of Physical Activity and Physical Fitness in the Canada Health Survey Follow-Up Study. *J. Clin. Epidemiol.* 45:4 419-428.
- Mottola, M., Wolfe, L.A. (1994). Active Living and Pregnancy. In: A. Quinney, L. Gauvin, T. Wall (eds.), *Toward Active Living: Proceedings of the International Conference on Physical Activity, Fitness and Health*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- PAR-Q Validation Report, British Columbia Ministry of Health, 1978.
- Thomas, S., Reading, J., Shephard, R.J. (1992). Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can. J. Spt. Sci.* 17: 4 338-345.

The PAR-Q and PARmed-X were developed by the British Columbia Ministry of Health. They have been revised by an Expert Advisory Committee of the Canadian Society for Exercise Physiology chaired by Dr. N. Gledhill (2002).

**No changes permitted. You are encouraged to photocopy the PARmed-X, but only if you use the entire form.**

Disponible en français sous le titre  
«Évaluation médicale de l'aptitude à l'activité physique (X-AAP)»

Continued on page 3...

Special Prescriptive Conditions		ADVICE
Lung	<input type="checkbox"/> chronic pulmonary disorders	special relaxation and breathing exercises
	<input type="checkbox"/> obstructive lung disease	breath control during endurance exercises to tolerance; avoid polluted air
	<input type="checkbox"/> asthma	
Musculoskeletal	<input type="checkbox"/> exercise-induced bronchospasm	avoid hyperventilation during exercise; avoid extremely cold conditions; warm up adequately; utilize appropriate medication.
	<input type="checkbox"/> low back conditions (pathological, functional)	avoid or minimize exercise that precipitates or exasperates e.g., forced extreme flexion, extension, and violent twisting; correct posture, proper back exercises
	<input type="checkbox"/> arthritis—acute (infective, rheumatoid; gout)	treatment, plus judicious blend of rest, splinting and gentle movement
	<input type="checkbox"/> arthritis—subacute	progressive increase of active exercise therapy
	<input type="checkbox"/> arthritis—chronic (osteoarthritis and above conditions)	maintenance of mobility and strength; non-weightbearing exercises to minimize joint trauma (e.g., cycling, aquatic activity, etc.)
	<input type="checkbox"/> orthopaedic	highly variable and individualized
CNS	<input type="checkbox"/> hernia	minimize straining and isometrics; strengthen abdominal muscles
	<input type="checkbox"/> osteoporosis or low bone density	avoid exercise with high risk for fracture such as push-ups, curl-ups, vertical jump and trunk forward flexion; engage in low-impact weight-bearing activities and resistance training
	<input type="checkbox"/> convulsive disorder not completely controlled by medication	minimize or avoid exercise in hazardous environments and/or exercising alone (e.g., swimming, mountain climbing, etc.)
Blood	<input type="checkbox"/> recent concussion	thorough examination if history of two concussions; review for discontinuation of contact sport if three concussions, depending on duration of unconsciousness, retrograde amnesia, persistent headaches, and other objective evidence of cerebral damage
	<input type="checkbox"/> anemia—severe (< 10 Gm/dl)	control preferred; exercise as tolerated
Medications	<input type="checkbox"/> electrolyte disturbances	
	<input type="checkbox"/> antianginal <input type="checkbox"/> antiarrhythmic <input type="checkbox"/> antihypertensive <input type="checkbox"/> anticonvulsant <input type="checkbox"/> beta-blockers <input type="checkbox"/> digitalis preparations <input type="checkbox"/> diuretics <input type="checkbox"/> ganglionic blockers <input type="checkbox"/> others	NOTE: consider underlying condition. Potential for: exertional syncope, electrolyte imbalance, bradycardia, dysrhythmias, impaired coordination and reaction time, heat intolerance. May alter resting and exercise ECG's and exercise test performance
Other	<input type="checkbox"/> post-exercise syncope	moderate program
	<input type="checkbox"/> heat intolerance	prolong cool-down with light activities; avoid exercise in extreme heat
	<input type="checkbox"/> temporary minor illness	postpone until recovered
	<input type="checkbox"/> cancer	if potential metastases, test by cycle ergometry, consider non-weight bearing exercises; exercise at lower end of prescriptive range (40-65% of heart rate reserve), depending on condition and recent treatment (radiation, chemotherapy); monitor hemoglobin and lymphocyte counts; add dynamic lifting exercise to strengthen muscles, using machines rather than weights.

\*Refer to special publications for elaboration as required

The following companion forms are available online: <http://www.csep.ca/forms.asp>

The Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) - a questionnaire for people aged 15-69 to complete before becoming much more physically active.

The Physical Activity Readiness Medical Examination for Pregnancy (PARmed-X for PREGNANCY) - to be used by physicians with pregnant patients who wish to become more physically active.

For more information, please contact the:

Canadian Society for Exercise Physiology  
202 - 185 Somerset St. West  
Ottawa, ON K2P 0J2  
Tel. 1-877-651-3755 • FAX (613) 234-3565 • Online: [www.csep.ca](http://www.csep.ca)

#### Note to physical activity professionals...

It is a prudent practice to retain the completed Physical Activity Readiness Conveyance/Referral Form in the participant's file.



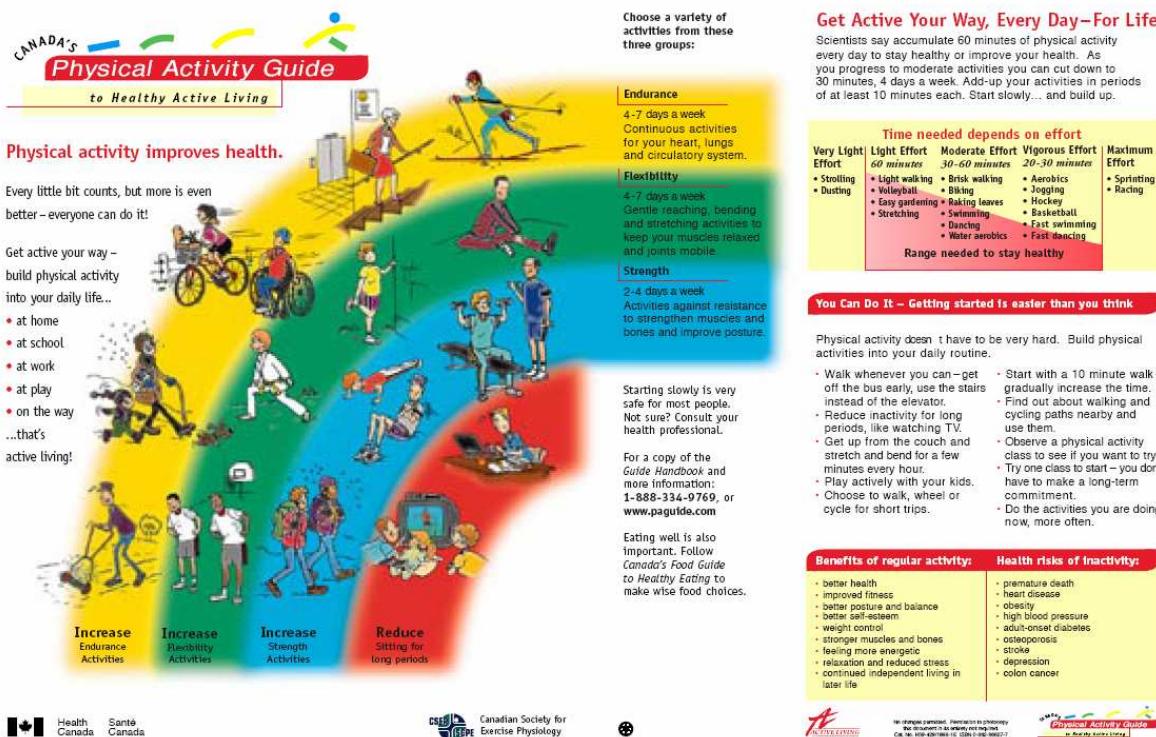
© Canadian Society for Exercise Physiology

Supported by: Health Canada Santé Canada

Continued on page 4...

Physical Activity Readiness  
Medical Examination  
(revised 2002)

# PARmed-X PHYSICAL ACTIVITY READINESS MEDICAL EXAMINATION



Source: Canada's Physical Activity Guide to Healthy Active Living, Health Canada, 1998 <http://www.hc-sc.gc.ca/hppb/paguide/pdf/guideEng.pdf>.

© Reproduced with permission from the Minister of Public Works and Government Services Canada, 2002.



## PARmed-X Physical Activity Readiness Conveyance/Referral Form

Based upon a current review of the health status of \_\_\_\_\_, I recommend:

- No physical activity
- Only a medically-supervised exercise program until further medical clearance
- Progressive physical activity
  - with avoidance of: \_\_\_\_\_
  - with inclusion of: \_\_\_\_\_
  - under the supervision of a CSEP-Professional Fitness & Lifestyle Consultant or CSEP-Exercise Therapist™
- Unrestricted physical activity – start slowly and build up gradually

Further Information:  
 Attached  
 To be forwarded  
 Available on request

Physician/clinic stamp:

NOTE: This physical activity clearance is valid for a maximum of six months from the date it is completed and becomes invalid if your medical condition becomes worse.