

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Natália Batista Albuquerque Goulart**

**PLASTICIDADE NEUROMUSCULAR DOS FLEXORES PLANTARES EM  
ATLETAS DE GINÁSTICA RÍTMICA E GINÁSTICA ARTÍSTICA**

**Porto Alegre  
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Natália Batista Albuquerque Goulart**

**PLASTICIDADE NEUROMUSCULAR DOS FLEXORES PLANTARES EM  
ATLETAS DE GINÁSTICA RÍTMICA E GINÁSTICA ARTÍSTICA**

Monografia apresentada à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para a conclusão do curso de Bacharelado em Educação Física

**Porto Alegre  
2010**

Natália Batista Albuquerque Goulart

***Plasticidade Neuromuscular dos Flexores Plantares em Atletas de Ginástica Rítmica e Ginástica Artística***

Conceito Final:

Aprovado em: ..... de ..... de .....

---

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

---

Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz

## **AGRADECIMENTOS**

**À minha família, em especial:**

- **Ao meu avô Geraldo (*in memoriam*) por ter sido meu amigo e grande incentivador durante toda vida**
- **À minha mãe Regina, por me incentivar em todos os momentos**
- **Ao meu pai João, por ser um exemplo profissional e familiar**
- **Aos meus tios Sandra e Eduardo, por cuidarem dos meus estudos e sempre acreditarem no meu potencial**
- **À minha prima Camila, pela grande amizade**

**Às minhas amigas de infância Hellen, Lissana, Mayara e Luisa, pelos momentos de alegria e companheirismo**

**Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Biomecânica e Cinesiologia, em especial:**

- **Ao meu orientador prof. Marco Aurélio Vaz, pela confiança, incentivo e por ser um grande exemplo profissional**
- **Aos amigos Caroline Pieta Dias, Jeam Marcel Geremia e Fábio Lanferdini, por todo apoio durante a execução deste trabalho**
- **Ao meu namorado, amigo e grande incentivador Fernando de Aguiar Lemos, por ser meu companheiro na pesquisa e na vida**

**Às atletas e técnicas da equipe de Ginástica Artística e Ginástica Rítmica do Grêmio Náutico União, pela parceria e participação neste trabalho**

## RESUMO

**Introdução:** O treinamento realizado por atletas de elite de diferentes modalidades esportivas acarreta demandas funcionais específicas que produzem alterações nas propriedades eletrofisiológicas e mecânicas musculares. O treinamento de atletas de ginástica rítmica (GR) e de ginástica artística (GA) produz demandas distintas para os músculos flexores plantares (FP) em diferentes ângulos articulares do tornozelo durante a execução de exercícios específicos de cada modalidade. Enquanto os FP são requisitados a maiores comprimentos musculares na GA, na GR os mesmos são mais solicitados a menores comprimentos. Além disso, na GR existe uma maior exigência de controle motor em posições de flexão plantar extrema. Essas diferentes demandas funcionais podem alterar as propriedades mecânicas desta musculatura, bem como influenciar na capacidade de ativação muscular. **Objetivo:** Comparar a relação torque-ângulo (T-A) e ativação eletromiográfica (EMG) dos FP entre atletas de GR e GA. **Procedimentos metodológicos:** A amostra foi composta por 10 ginastas rítmicas ( $12,11 \pm 1,05$  anos) e 8 ginastas artísticas ( $12,00 \pm 0,93$  anos). O torque isométrico máximo dos FP foi avaliado em um dinamômetro isocinético em oito ângulos articulares diferentes:  $-20^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ . As contrações voluntárias máximas foram executadas por cinco segundos e a ordem dos ângulos foi randomizada. Simultaneamente, foram coletados os sinais eletromiográficos dos músculos gastrocnêmio medial (GM) e sóleo (SO). Os valores de torque máximo absolutos e normalizados pelo peso corporal, e os valores de EMG normalizados pelo valor RMS (*root mean square*) obtido na contração voluntária máxima de cada atleta no ângulo de maior produção de força foram comparados entre os grupos. A homogeneidade dos dados e a normalidade dos dados foram testadas por análise descritiva e teste de Shapiro-Wilk, respectivamente. Uma Anova de dois fatores (grupo x ângulos articulares) foi utilizada para determinar a existência de diferenças significativas para cada parâmetro mensurado. Quando foi identificada interação, um teste Post-Hoc de Bonferroni foi utilizado para localizar as diferenças entre os ângulos e o Teste T independente para comparação entre os grupos ( $\alpha=0.05$ ). **Resultados:** Um aumento linear do torque normalizado foi observado com o aumento do comprimento muscular nas atletas de GA, enquanto que as atletas de GR apresentaram tal comportamento até o ângulo de  $0^\circ$ , atingindo um platô de torque entre  $-10^\circ$  e  $-20^\circ$ . As atletas de GR apresentaram maior ativação do GM nos ângulos de  $50^\circ$  e  $40^\circ$  comparada à ativação das atletas de GA, sem diferença entre os grupos para o músculo SO. **Discussão:** A maior demanda de força das atletas de GR em ângulos mais encurtados dos FP determinou um deslocamento da relação T-A em direção a menores comprimentos. Além disso, a redução da magnitude do sinal EMG do GM das atletas de GA comparada com a maior magnitude e capacidade de ativação muscular nas atletas de GR nos maiores ângulos de FP demonstram a diferença na plasticidade neuromuscular decorrente da especificidade de demanda mecânica e controle motor de cada modalidade esportiva. **Conclusão:** Ginastas rítmicas apresentaram um deslocamento da relação T-A dos FP em direção a menores comprimentos e uma maior ativação do GM nos ângulos mais encurtados de FP quando comparadas a atletas de GA.

## ABSTRACT

**Introduction:** The training performed by elite athletes in different sports leads to specific functional demands, producing changes on electrophysiological and mechanical muscle properties. The rhythmic gymnastics' (GR) and artistic gymnastics' (GA) training leads to distinct demands on plantarflexors (FP) muscles at different ankle joint angles during the specific exercises execution of each modality. Inasmuch the FP are required at larger muscle lengths in GA, the same muscle group is requested at smaller lengths in GR. Moreover, in GR there is a higher exigency of motor control in extreme plantar flexion positions. These different functional demands can to change the FP mechanical properties, as well as influence on muscle activation capacity. **Purpose:** To compare the torque-angle (T-A) relation and eletromyographic activation (EMG) of FP between GR and GA. **Methodological proceedings:** The sample consisted in 10 rhythmic gymnasts ( $12.11 \pm 1.05$  years of age) and 8 artistic gymnasts ( $12.00 \pm 0.93$  years of age). The FP maximal isometric torque was evaluated through isokinetic dynamometry at eight ankle joint angles:  $-20^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$  and  $50^\circ$ . The maximal isometric contractions were performed for five seconds and the joint angles order was randomized. Simultaneously, EMG sings were collected from gastrocnemius medialis (GM) and soleus (SO) muscles. The absolute and normalized by the body mass torque values were compared between groups, as well as the EMG values normalized by the root mean square (RMS) values obtained in maximal voluntary contraction of each athlete at the higher torque production angle. Data homogeneity and data normality was verified through a descriptive analysis and a Shapiro-wilk test, respectively. A two-factor ANOVA (group x joint angles) was used to determine the existence of significant differences for each parameter measured. When interaction was identified, a post-hoc test of Bonferroni was used to locate the differences between the angles and an independent T test for comparison between groups ( $\alpha=0.05$ ). **Results:** A linear increase of normalized torque was observed with the improve of muscle length in the GA athletes, whereas the GR athletes presented this behavior until the  $0^\circ$  joint angle, reaching a torque plateau between  $-10^\circ$  e  $-20^\circ$ . The GR athletes showed a higher GM activation at  $50^\circ$  e  $40^\circ$  compared with GA athletes activation, without difference between groups to SO muscle. **Discussion:** The higher strength demand of GR at shortened FP positions seems to determinate a T-A relation displacement in direction to smaller muscle lengths. Furthermore, the reduction of GM EMG signal magnitude in GA athletes compared with the higher muscle activation capacity in GR athletes at larger angles of plantar flexion demonstrate the difference in neuromuscular plasticity due to specificity of the mechanical and motor control demands of each modality. **Conclusion:** Artistic gymnastics presented a T-A displacement of FP in direction to smaller muscle lengths and a higher GM activation at larger plantar flexion angles when compared to GA athletes.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.3 HIPÓTESES .....	13
<b>1.3.1 Relação Torque-Ângulo</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.2 Atividade Eletromiográfica</b> .....	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1 ADAPTABILIDADE DO SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO.....	15
2.2 RELAÇÃO FORÇA-COMPRIMENTO.....	16
2.3 ESPECIFICIDADE DO TREINAMENTO DESPORTIVO E MUDANÇAS NAS CURVAS T-A.....	17
2.4 GINÁSTICA RÍTMICA E GINÁSTICA ARTÍSTICA .....	19
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 ASPECTOS ÉTICOS.....	21
3.2 AMOSTRA .....	21
<b>3.2.1 Seleção da Amostra</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2.2 Critérios de Inclusão</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2.3 Critérios de Exclusão</b> .....	<b>22</b>
3.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	22
<b>4. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO</b> .....	<b>23</b>
4.1 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS .....	23
4.2. DOBRAS CUTÂNEAS E PERCENTUAL DE GORDURA .....	23
4.3 ÍNDICE DE MASSA CORPORAL.....	24
4.4 ESTÁGIO MATURACIONAL .....	24
4.5 MEDIDA DA AMPLITUDE ARTICULAR DE MOVIMENTO (ADM).....	24
4.6 TESTE DE DOMINÂNCIA DE MEMBRO INFERIOR .....	25
4.7 DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO (T-A) .....	25
4.8 MEDIÇÃO DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA (EMG).....	26
<b>5. PROTOCOLOS DE ANÁLISE DOS DADOS</b> .....	<b>27</b>
5.1 ANÁLISE DA RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO (T-A).....	27
5.2 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES ELETROMIOGRÁFICAS (EMG).....	27

<b>6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....</b>	<b>28</b>
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
7.1 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS, COMPOSIÇÃO CORPORAL E ESTÁGIO MATURACIONAL .....	29
7.2 MEDIDA DA AMPLITUDE ARTICULAR DE MOVIMENTO .....	30
7.3 RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO .....	31
7.4 ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA.....	33
<b>8. DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>9. CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>10. DIREÇÕES FUTURAS .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO B – TESTE DE MATURAÇÃO DE TANNER .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO C – TESTE DE DOMINÂNCIA DE MEMBRO INFERIOR .....</b>	<b>53</b>



## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

<b>Tabela 1. Características físicas das atletas (Média ± DP) .....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 1. Amplitude de flexão plantar dos tornozelos . .....</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 2. Amplitude de flexão dorsal dos tornozelos. ....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 3. Relação torque-ângulo (dados absolutos) dos grupos estudados. ....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 4. Relação torque-ângulo (dados normalizados) dos grupos estudados. ....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 5. Medidas dos valores RMS normalizados do GM . ....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 6. Medidas dos valores RMS normalizados do SO.....</b>	<b>35</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ADM</b>	<b>amplitude de movimento</b>
<b>EMG</b>	<b>atividade eletromiográfica</b>
<b>F-C</b>	<b>força-comprimento</b>
<b>FD</b>	<b>flexores dorsais</b>
<b>FP</b>	<b>flexores plantares</b>
<b>F-V</b>	<b>força-velocidade</b>
<b>GA</b>	<b>ginástica artística</b>
<b>GM</b>	<b>gastrocnêmio medial</b>
<b>GR</b>	<b>ginástica rítmica</b>
<b>SO</b>	<b>sóleo</b>
<b>T-A</b>	<b>torque-ângulo</b>
<b>T-V</b>	<b>torque-velocidade</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema musculoesquelético é amplamente suscetível a estímulos. Quando um músculo ou grupo muscular é submetido a uma atividade sistemática específica, como um treinamento físico, ocorrem adaptações estruturais e funcionais dependentes dos princípios do treinamento desportivo como os de sobrecarga e especificidade, por exemplo. A sobrecarga submete o sistema musculoesquelético a uma carga acima daquela a que ele está acostumado, provocando adaptações estruturais e funcionais progressivas nas fibras musculares. Já a especificidade do treinamento significa que um tipo de estímulo provoca mudanças em elementos específicos dos músculos que são exigidos na realização de uma determinada atividade (KRAEMER & HAKKINEN, 2004).

As exigências específicas de uma modalidade esportiva, por exemplo, podem alterar as propriedades intrínsecas do músculo, modificando sua capacidade de produção de força (FRAÇÃO & VAZ, 2000). Considerando que existe uma relação entre a produção de força de um músculo e as exigências mecânicas a que é submetido, é provável que diferentes tipos de treinamento provoquem adaptações distintas entre atletas de diferentes modalidades esportivas.

Desde o surgimento dos dinamômetros isocinéticos, estudos têm sido feitos comparando a produção de força entre grupos de atletas de diferentes modalidades, assim como entre atletas e indivíduos saudáveis. As relações força-comprimento (F-C) e força-velocidade (F-V), que são avaliados em dinamômetros isocinéticos por meio das relações de torque-ângulo (T-A) e torque-velocidade (T-V), possibilitam determinar de forma indireta as alterações na capacidade de produção de força de músculos submetidos a demandas funcionais específicas. Dessa forma, espera-se que qualquer alteração nas propriedades intrínsecas do músculo decorrente de um treinamento provoque alterações nestas relações.

Um dos primeiros estudos que comparou a produção de força entre atletas de modalidades esportivas distintas foi o trabalho de Herzog et al (1991), que avaliou, em diferentes ângulos de contração, a produção de força do reto femoral em ciclistas e corredores. Os resultados mostraram que ciclistas tendem a ser mais fortes nos ângulos mais encurtados do reto femoral, enquanto que corredores necessitam produzir mais força quando este músculo está mais alongado,

mostrando alterações nas relações de F-C. Segundo os autores, a diferença na capacidade de produção de força pode estar associada a três fenômenos: diferenças intrínsecas na produção de força, diferenças nos processos de ativação do músculo ou a combinação dos dois.

Em um estudo semelhante, Frasson et al. (2007) compararam a produção de força e ativação elétrica dos flexores plantares (FP) em bailarinas e atletas de voleibol. Os resultados mostraram uma maior produção de força com os músculos FP mais encurtados nas bailarinas e mais alongados nas atletas de voleibol. Além disso, a ativação elétrica nos dois grupos foi diferente, mostrando que as alterações na ativação dos músculos também são responsáveis pelas mudanças na produção de força. Bailarinas e voleibolistas utilizam a articulação do tornozelo em movimentos repetidos de flexão plantar, porém com intuitos diferentes. As bailarinas utilizam esses movimentos para se manterem na ponta dos pés, enquanto que atletas de voleibol realizam movimentos de plantiflexão na execução de saltos, em que a musculatura flexora plantar é requisitada em menores ângulos dos FP (maiores comprimentos musculares).

De maneira semelhante ao estudo anterior, atletas de ginástica rítmica (GR) e ginástica artística (GA) utilizam a musculatura flexora plantar em diferentes graus na execução de exercícios específicos, uma vez que as exigências mecânicas são diferentes nas duas modalidades de ginástica. Na GR a exigência principal é a amplitude máxima do movimento, sendo que a maioria dos exercícios requer grande amplitude de flexão plantar e manutenção do equilíbrio corporal com os músculos FP bastante encurtados. Já na GA, os exercícios obrigatórios exigem grande produção de força muscular com os FP mais alongados, principalmente durante a execução de saltos. Dessa forma, o tempo de treinamento dedicado a cada uma das valências físicas (força e flexibilidade) e o modo como elas são desenvolvidas parecem ser diferentes nesses dois esportes. Entretanto, existem na literatura poucos estudos sobre a capacidade de produção de força em GR e GA, sendo escasso o conhecimento sobre as adaptações específicas decorrentes desses dois tipos de treinamento (DOUDA et al., 2007).

Partindo-se do pressuposto de que as diferentes demandas do treinamento de GR em relação ao de GA produzirá adaptações estruturais e funcionais específicas, espera-se encontrar adaptações neuromusculares semelhantes às aquelas descritas no estudo de Frasson et al. (2007) para as bailarinas, uma vez

que na GR, assim como no balé são executados muitos movimentos na ponta dos pés. Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar a plasticidade neuromuscular dos músculos FP entre atletas das duas modalidades de ginástica.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar e comparar a relação torque-ângulo (T-A) e atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos flexores plantares (FP) entre atletas de ginástica rítmica (GR) e ginástica artística (GA).

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**1.2.1** Comparar as variáveis antropométricas e de composição corporal (massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), percentual de gordura), bem como o estágio maturacional entre atletas de GR e GA;

**1.2.2** Comparar a amplitude de movimento articular do tornozelo (ADM) entre atletas de GR e GA;

**1.2.3** Comparar a relação de torque-ângulo (T-A) máxima dos músculos FP entre atletas de GR e GA;

**1.2.4** Comparar a atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos gastrocnêmio medial (GM) e sóleo (SO) entre atletas de GR e GA.

## 1.3 HIPÓTESES

Considerando que as adaptações funcionais produzidas no sistema músculoesquelético das atletas de GR e GA são decorrentes das alterações nas propriedades intrínsecas e na ativação muscular, e que essa plasticidade neuromuscular difere entre essas atletas devido aos diferentes programas de treinamento, as seguintes hipóteses são propostas:

### **1.3.1 Relação Torque-Ângulo**

1) Ginastas artísticas deverão apresentar um aumento do torque a medida que aumenta o comprimento muscular. Já nas ginastas rítmicas a relação T-A deverá ser deslocada para esquerda (menores comprimentos musculares) em comparação a relação T-A das atletas de GA.

### **1.3.2 Atividade Eletromiográfica**

2) Ginastas artísticas deverão apresentar uma redução da atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmio medial (GM) e sóleo (SO) com a redução do comprimento muscular, enquanto ginastas rítmicas deverão apresentar aumento do sinal eletromiográfico nos menores comprimentos destes músculos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ADAPTABILIDADE DO SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO

O sistema músculo esquelético apresenta-se altamente responsivo aos estímulos a que é submetido. Essa capacidade de adaptação dos músculos as situações mecânicas impostas é chamado de plasticidade muscular (ENOKA, 2000).

Em função de sua plasticidade, quando um músculo ou grupo muscular é utilizado sistematicamente em uma atividade específica, ocorrem alterações estruturais e funcionais nos tecidos requeridos.

Os programas de treinamento físico são organizados de acordo com princípios que têm por finalidade produzir adaptações específicas nos músculos exigidos na realização das atividades.

Um dos princípios do treinamento físico é a sobrecarga. Para que ocorra um aumento da habilidade funcional das fibras musculares é necessário sobrecarregá-las de acordo com o limite de sua capacidade de resposta (ENOKA, 2000). Sendo assim, é importante a organização progressiva da sobrecarga para que o tempo adequado para as adaptações estruturais e funcionais nos músculos seja respeitado.

Outro importante princípio do treinamento físico é a especificidade. O sistema músculo esquelético apresenta vias neurais e musculares específicas para a adaptação ao treinamento (KRAEMER & HAKKINEN, 2004). Portanto, caso determinada modalidade desportiva apresente uma maior solicitação neural, como por exemplo um maior controle motor, espera-se que ocorra uma adaptação neural específica a essa modalidade, uma vez que as demandas impostas a essa modalidade serão superiores àquelas de outras modalidades esportivas. Já modalidades que não necessitem de grande controle de movimento, mas apenas de movimentos de grande força e potência provavelmente apresentarão adaptações intrínsecas musculares, mas não necessariamente adaptações neurais.

Dessa forma, as demandas neurais e mecânicas de um programa de treinamento, como de uma modalidade esportiva, são capazes de alterar as propriedades de força e potência para melhorar as capacidades exigidas na realização das ações musculares específicas.

Essas mudanças na produção de força podem ocorrer por alterações nas propriedades intrínsecas ou extrínsecas dos músculos. As propriedades intrínsecas estão relacionadas à arquitetura muscular, enquanto que as extrínsecas demonstram a capacidade de ativação muscular. Mudanças nessas estruturas podem alterar duas relações importantes relacionadas à mecânica muscular: as relações de força-comprimento (F-C) e força-velocidade (F-V) (FRAÇÃO & VAZ, 2000).

## 2.2 RELAÇÃO FORÇA-COMPRIMENTO

A influência do comprimento na capacidade de produção de força de um músculo é avaliada através da relação F-C. Ela descreve a máxima força isométrica que um músculo pode exercer em um determinado comprimento.

Gordon et al. (1966), ao mensurarem a produção de força de fibras isoladas do músculo semitendinoso de rãs a diferentes comprimentos, observaram uma redução linear da força à medida que o comprimento do sarcômero aumentava. Este resultado foi atribuído à redução no número de pontes cruzadas que podem ser estabelecidas entre os miofilamentos durante a contração devido à redução na sobreposição desses filamentos com aumento do comprimento muscular.

Entretanto, ao se avaliar a fase de decréscimo de força na relação F-C de um músculo inteiro, é observado uma redução curvilínea, diferente do comportamento linear verificado nos sarcômeros. Isto se deve a participação dos elementos contráteis e elásticos na capacidade total de produção de força de um músculo (HERZOG et al. 1988b). Isso significa que em maiores comprimentos se espera uma contribuição maior dos elementos elásticos (envoltórios do músculo), enquanto que nos comprimentos menores há uma maior contribuição dos elementos contráteis (sarcômeros).

A relação F-C é dependente das propriedades intrínsecas dos músculos. Como a estrutura muscular não é idêntica entre indivíduos, essa relação pode variar não apenas entre o mesmo músculo ou grupo muscular de indivíduos submetidos a diferentes demandas mecânicas, mas também entre diferentes músculos de um mesmo indivíduo ou mesmo de uma mesma espécie devido às características intrínsecas de cada músculo (e.g. comprimento de fascículo, ângulo de penação,



área de seção transversa fisiológica, etc). Além disso, esses músculos deverão sofrer adaptações decorrentes de demandas funcionais específicas.

Desde o surgimento dos dinamômetros isocinéticos, têm sido possível avaliar em humanos o torque produzido por grupos musculares em ângulos articulares específicos e velocidades angulares constantes, através das relações de torque-ângulo (T-A) e torque-velocidade (T-V). As avaliações de força em dinamômetros isocinéticos são bastante confiáveis e válidas, uma vez que o comportamento do músculo é observado *in vivo*, o que não era possível nas análises de fibras isoladas (DROUIN et al. 2004).

Nesta revisão serão abordadas especificamente as alterações na relação T-A com o treinamento. Espera-se, a partir da avaliação da relação T-A, verificar mudanças na capacidade de produção de força de indivíduos submetidos a tipos de treinamento específicos, como observado nos diversos desportos.

### 2.3 ESPECIFICIDADE DO TREINAMENTO DESPORTIVO E MUDANÇAS NAS CURVAS T-A

Os programas de condicionamento esportivo são organizados de forma a promover estímulos apropriados para aumentar a aptidão esportiva dos atletas. A partir do conhecimento das exigências mecânicas de um esporte, é organizado o treinamento das principais valências necessárias para a realização correta das ações motoras (KRAEMER & HAKKINEN, 2001). Dessa forma, atletas de diferentes modalidades devem sofrer adaptações distintas nos músculos treinados, em decorrência da carga específica de treinamento.

Dinamômetros isocinéticos têm sido utilizados como padrão ouro para avaliação tanto de contrações dinâmicas em velocidade angular constante, como para avaliar a capacidade máxima de força isométrica uma vez que possibilitam controlar de forma precisa ângulos articulares, e, portanto, controlar o comprimento muscular. Diversos estudos têm comparado a produção de força entre atletas e indivíduos saudáveis, assim como, entre grupos de atletas de diferentes modalidades, através das relações de T-A.

Um dos primeiros estudos que comparou a produção de força entre atletas de modalidades esportivas distintas foi o trabalho de Herzog et al. (1991) que investigou, em diferentes ângulos de contração, a produção de força do músculo

reto femoral em ciclistas e corredores. Os resultados demonstraram que ciclistas tendem a ser mais fortes nos ângulos mais encurtados do reto femoral, enquanto que corredores necessitam produzir mais força quando este músculo está mais alongado, mostrando mudanças nas relações de T-A. Os autores apontam três possibilidades para tal fato: diferenças intrínsecas na produção de força, diferenças nos processos de ativação do músculo ou a combinação dos dois. Entretanto, esses autores não avaliaram a atividade eletromiográfica desses dois músculos.

Savenberg & Meijer (2003) acrescentam que músculos bi-articulares podem apresentar adaptações distintas em relação aos músculos mono-articulares, em função do posicionamento anatômico, bem como das diferentes exigências mecânicas destes músculos durante a prática esportiva. Dessa forma, estes autores encontraram que, para o músculo reto femoral, ciclistas apresentam maior capacidade de produção de força em situações mais encurtadas desta musculatura comparado aos corredores. Já em relação ao vasto lateral, ciclistas apresentam maior capacidade de produção de força em maiores comprimentos deste músculo, uma vez que estes atletas necessitam produzir força com a articulação do joelho mais flexionada durante a prática esportiva, ao contrário dos corredores. Desta forma, observa-se que, dependendo da tarefa motora executada, diferentes adaptações podem ocorrer em músculos mono e bi-articulares, independente da ação sinergista entre eles.

De maneira semelhante, Frasson et al. (2007) compararam os valores de T-A e ativação elétrica dos FP em bailarinas e atletas de voleibol. Bailarinas e voleibolistas utilizam a articulação do tornozelo em movimentos repetidos de flexão plantar, porém com intuitos diferentes. As bailarinas utilizam esses movimentos para se manterem na ponta dos pés, enquanto que atletas de voleibol realizam movimentos de flexão plantar na execução de saltos, onde a musculatura flexora plantar é requisitada em menores graus de flexão plantar (maiores comprimentos musculares). Os resultados mostraram uma maior produção de força com os músculos FP mais encurtados nas bailarinas e mais alongados nas atletas de voleibol. Além disso, a ativação elétrica nos dois grupos foi diferente, mostrando que as alterações na ativação dos músculos também são responsáveis pelas mudanças na capacidade de produção de força.

É importante destacar que, a maioria dos estudos sobre diferenças nas relações de T-A entre atletas, foram realizados com sujeitos pós-púberes, ou seja,

com idade acima dos 15 anos. Existem poucos trabalhos que avaliaram a produção de força de atletas pré-púberes e púberes, em dinamômetro isocinético. Schneider et. al. (2002) avaliaram a força muscular de crianças não atletas, em diferentes estágios maturacionais. Foi observado que os meninos, em todos os estágios maturacionais, foram mais fortes do que as meninas na maioria dos testes. Isso demonstra que crianças podem aumentar a força quando participam de um programa de treinamento esportivo, como do voleibol, podendo as meninas se tornar tão fortes quanto os meninos.

Em um estudo posterior, utilizando o mesmo protocolo, Schneider et. al (2004) compararam a capacidade de força isométrica e isocinética dos flexores de cotovelo e extensores de joelho em meninos e meninas atletas de voleibol em diferentes estágios maturacionais, divididos em pré-púberes (PP), púberes (PU) e pós-púberes (PO), conforme a escala maturacional de Tanner. Os resultados mostraram que, em relação à força muscular, o grau maturacional exerce um grande efeito, uma vez que houve diferenças significativas em todos os grupos testados, para ambos os sexos. Dados interessantes mostraram que, nos grupos PP, os meninos só foram mais fortes que as meninas no teste de extensão de joelho, na menor velocidade (60°/s) e nos grupos PU não houve diferenças entre os gêneros em nenhum dos testes.

A literatura apresenta estudos sobre as relações TA em diversas modalidades esportivas, como ciclistas, jogadoras de vôlei, entre outros. Entretanto, ainda existem poucos trabalhos sobre as adaptações na musculatura de atletas submetidos ao treinamento de ginástica rítmica e ginástica artística, duas modalidades com características bastante distintas e exigências neuromusculares diferentes, apesar de apresentarem algumas semelhanças em aspectos coreográficos.

#### 2.4 GINÁSTICA RÍTMICA E GINÁSTICA ARTÍSTICA

A ginástica rítmica (GR) e a ginástica artística (GA) são dois esportes olímpicos dentro da área da ginástica, com contextos históricos e características distintas. A antiga ginástica rítmica desportiva, hoje denominada apenas como ginástica rítmica, tem sua origem na Europa central no início do século XX. A formação da GR tem influência de três correntes que formaram as principais

características deste esporte: as correntes da música, da dança e da pedagogia (LAFFRANCHI, 2001).

Já a ginástica artística, ainda conhecida como ginástica olímpica, tem sua origem nas guerras entre França e Alemanha, no início do século XIX. A maioria dos exercícios específicos, e alguns aparelhos como as paralelas simétricas e o cavalo com alças, surgiram dos treinamentos físicos praticados pelos alemães para vencer a guerra contra os franceses (PUBLIO, 2005).

Dessa forma, a GR e a GA são duas modalidades esportivas que, apesar de compartilharem algumas semelhanças, apresentam diferenças marcantes que estão relacionadas às exigências mecânicas para estes esportes (THEODOROPOULOU, 2005).

Na GR a maior exigência é a amplitude máxima do movimento, o que requer essencialmente flexibilidade, coordenada com a manipulação dos aparelhos corda, bola, arco, fita e maçãs (DOUDA et al, 2007). Além disso, semelhante ao treinamento do balé clássico, a maior parte dos exercícios na GR deve ser executada com grande amplitude de flexão plantar, exigindo um alto grau de equilíbrio e coordenação em movimentos executados em meia ponta, sendo esta exigência uma característica obrigatória da modalidade (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE GINÁSTICA, 2009b; LEBRE & ARAÚJO, 2006).

Já na GA a execução dos exercícios específicos nos aparelhos femininos de trave, paralelas assimétricas, mesa de salto e solo, é caracterizada por uma seqüência de movimentos estáticos combinados com ações musculares dinâmicas que exigem, principalmente, grande produção de força muscular (TRICOLI & SERRÃO, 2005). Estes exercícios requerem movimentos tanto em flexão plantar quanto em flexão dorsal, como nos giros e acrobacias, exigindo de maneira semelhante dos FP e flexores dorsais (FD), assim como de outras articulações como quadril e joelho (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE GINÁSTICA, 2009a; MOCHIZUKI & AMADIO, 2005).

Em função dos requisitos específicos nos dois desportos, o tempo de treinamento dedicado a cada uma das valências físicas, força e flexibilidade, a maneira como elas são desenvolvidas, bem como a forma e execução dos movimentos são diferentes nesses esportes. Todas essas características vão determinar demandas mecânicas e adaptações distintas entre as duas modalidades.

Além das exigências mecânicas, o perfil antropométrico parece ser diferente entre as duas modalidades. A literatura mostra que atletas ginastas artísticas de nível internacional tendem a ter uma estatura mais baixa e um percentual de gordura maior enquanto que às ginastas rítmicas são mais magras e longilíneas, sendo que essas características antropométricas influenciam no desempenho competitivo destas atletas (SMOLEUSKIY & GAVERDOUSKIY, 1998; THEODOROPOULO et al., 2005, CAGNO et al. 2008).

Em função da complexidade do treinamento desses dois esportes, torna-se importante a investigação sobre as possíveis adaptações na musculatura destas atletas. A maior parte dos trabalhos presentes na literatura sobre ginástica rítmica e ginástica artística apresenta dados sobre os efeitos do treinamento sobre a maturação biológica e a densidade mineral óssea, sendo que os resultados desses estudos mostram que as ginastas artísticas tendem a ter uma densidade mineral maior do que as ginastas rítmicas, principalmente, em função dos exercícios da GA terem maior impacto no solo (OLIVA, 2006; VICENTE-RODRIGUEZ et al. 2006).

Entretanto, trabalhos que comparem a capacidade de produção de força utilizando as relações de T-A, bem como a capacidade de ativação elétrica muscular entre atletas de GR e GA, parecem não ter sido realizados.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 ASPECTOS ÉTICOS**

Todos os procedimentos foram cuidadosamente explicados para os pais e/ou responsável de cada ginasta, após o que os mesmos assinaram um Termo de Consentimento (ANEXO A) para participação como voluntários da pesquisa e uma cópia do Termo de Consentimento foi entregue ao responsável. Todos os procedimentos desse projeto foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul antes do início do mesmo (Parecer no. 2008167).

#### **3.2 AMOSTRA**

A amostra foi selecionada de forma intencional, constituída de dezoito ginastas, sendo dez ginastas rítmicas e oito ginastas artísticas do sexo feminino.

### **3.2.1 Seleção da Amostra**

As atletas de GR e de GA foram recrutadas de clubes e escolas do município de Porto Alegre que oferecem essas modalidades esportivas aos seus associados e/ou alunos. Foi realizado contato com a administração desses clubes e escolas e posteriormente com os professores/treinadores das mesmas para o recrutamento das atletas.

#### **Critérios de Inclusão**

Foram incluídas neste estudo atletas de GR e atletas de GA com no mínimo cinco anos de prática no esporte, que estivessem realizando treinamento com uma frequência mínima de três vezes por semana, e um mínimo de prática de 12 horas semanais.

#### **Critérios de Exclusão**

Foram excluídas do estudo atletas que estivessem em tratamento médico ou que tivessem sofrido algum tipo de lesão muscular grave em um período de seis meses previamente à realização dos testes.

### **3.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS**

#### **INDEPENDENTES**

- Treinamento de ginástica rítmica
- Treinamento de ginástica artística

#### **DEPENDENTES**

- Relação Torque-Ângulo
- Atividade Elétrica

## INTERVENIENTES

- Nível de treinamento das atletas
- Estágio maturacional
- Histórico de lesão muscular

## 4. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

### 4.1 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

A massa dos indivíduos foi mensurada por meio de uma balança (marca FILIZOLA, divisões de 100gF, carga máxima 150 kgf), enquanto um altímetro acoplado à mesma foi utilizado para medir a estatura.

### 4.2. DOBRAS CUTÂNEAS E PERCENTUAL DE GORDURA

Para a realização das medidas das dobras cutâneas foi utilizado um compasso de dobras cutâneas da marca Lang (São Paulo, Brasil; precisão = 0,01 milímetros) para medir a camada de tecido adiposo da superfície corporal. Sua pressão foi constante de 10g/mm<sup>2</sup> em qualquer abertura.

As avaliações foram realizadas no hemitórax direito de cada ginasta, nas regiões tricipital e subescapular. Cada medição foi repetida três vezes, sendo registrado o valor médio ou a medida repetida (MOREIRA, 2009). Para a realização do cálculo do % de gordura das atletas foram adotadas as equações propostas por Slaughter et al. (1988). Estas equações estão entre as mais utilizadas para predição de gordura corporal em crianças e adolescentes (SANTOS; LEANDRO & GUIMARÃES, 2007; MOREIRA, 2009). Tais equações são ajustadas de acordo com o estágio maturacional, que pode afetar a distribuição de gordura corporal. Para as meninas, o % de gordura corporal obtido a partir do somatório das dobras cutâneas tricipital (TR) e subescapular (SB) cujo valor for inferior ou igual a 35 mm (com idades de 7 a 17 anos), foi calculado a partir da equação:  $1,33 (TR+SB) - 0,013 (TR+SB)^2 - 2,5$ . Se o somatório das dobras cutâneas TR e SB fosse superior a 35 mm (idades de 7 a 17 anos), seria utilizada a seguinte equação para o cálculo do % de gordura:  $0,546 (TR+SB) + 9,7$ .

### 4.3 ÍNDICE DE MASSA CORPORAL

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado a partir da equação ( $IMC = \frac{MCT}{EST^2}$ ), em que o IMC é igual ao índice de massa corporal quilograma por metro quadrado, MCT é igual à massa corporal total em quilogramas e EST é igual à estatura em metros (FREEDMAN, 2000; EKNOYAN, 2008).

### 4.4 ESTÁGIO MATURACIONAL

Para a determinação do estágio maturacional foi utilizado o protocolo de auto-avaliação proposto por Tanner, que é um método reconhecido e validado (MATSUDO; MATSUDO, 1991; ULBRICH et al. 2007). Este método é composto por 5 estágios, em que o estágio 1 é considerado pré-púbere, os estágios 2, 3 e 4 considerados púberes e o estágio 5 como pós-púberes. Em uma sala reservada, foram apresentados às atletas desenhos dos diferentes estágios de desenvolvimento (ANEXO B) para as duas características sexuais secundárias (no caso das meninas, o desenvolvimento das mamas e presença de pêlos pubianos). A partir da análise dos desenhos, cada criança indicou na folha dos desenhos as suas características físicas que foram utilizadas pelo pesquisador para determinar o estágio maturacional. A descrição do protocolo para determinação do estágio maturacional foi apresentada aos pais ou responsável das crianças quando da entrega do termo de consentimento.

### 4.5 MEDIDA DA AMPLITUDE ARTICULAR DE MOVIMENTO (ADM)

As amplitudes de movimento articular de ambos os tornozelos foram obtidas através do uso de um goniômetro universal plástico. Foram coletados dados dos movimentos passivos e ativos de flexão plantar do tornozelo. Com o indivíduo sentado e os joelhos estendidos, a posição neutra ( $0^\circ$ ) foi determinada como aquela onde o ângulo formado entre a planta do pé e a linha da perna foi igual a  $90^\circ$  (NORKIN; WHITE, 1995; GALVÃO, 2007). A partir dessa posição, a mensuração foi realizada considerando os ângulos em direção à flexão dorsal em graus negativos, e positivos os graus em direção à flexão plantar. Foi solicitado a cada ginasta que realizasse os movimentos de forma ativa, procurando levar a articulação do tornozelo até a amplitude máxima de flexão dorsal e de flexão plantar, enquanto o



avaliador utilizava o goniômetro para determinar a ADM do tornozelo, sendo que três medidas foram realizadas para cada movimento.

#### 4.6 TESTE DE DOMINÂNCIA DE MEMBRO INFERIOR

Para determinação da preferência podal as ginastas responderam as questões do inventário de Waterloo que é um teste validado para determinação do membro inferior dominante (ELIAS et al., 1998). Além das perguntas descritas no teste de Waterloo, as ginastas também responderam algumas questões referentes à perna de preferência na execução de exercícios específicos das duas modalidades de ginástica, como “Qual a perna que você leva a frente nos saltos spagat?”, por exemplo (ANEXO C).

#### 4.7 DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO (T-A)

Para a avaliação do torque dos FP as atletas foram posicionadas sentadas na cadeira de um dinamômetro isocinético (Biodex Medical System, Shirley – NY, USA), com o pé fixado na prancha de fixação na posição neutra ( $90^\circ$ , tibia paralela ao solo) e com o joelho mantido estendido ( $0^\circ$ ), da mesma forma que nos estudos conduzidos por Karaminidis e Arampatzis (2006). O quadril foi mantido flexionado em  $70^\circ$  de flexão a fim de evitar o uso da musculatura extensora do quadril na geração de força no tornozelo. O membro inferior foi fixado por meio de faixas de velcro, os membros superiores foram mantidos livres e foi utilizada uma pequena almofada atrás do tronco das atletas a fim de que as mesmas não tivessem uma hiperextensão do tronco e pudessem realizar o teste em uma posição confortável. As ginastas foram posicionadas no dinamômetro de modo que o eixo aparente de rotação do tornozelo estivesse alinhado com o eixo de rotação do aparelho.

Cada ginasta executou uma sessão de familiarização com o dinamômetro. Durante a familiarização, as ginastas foram instruídas na execução de contrações isométricas voluntárias máximas em diferentes ângulos articulares ( $40^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ).

Após a familiarização, as ginastas executaram uma contração isométrica voluntária máxima dos músculos FP em sete configurações articulares diferentes randomizadas:  $-20^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$  do tornozelo, por um período de

cinco segundos cada. As meninas foram instruídas a produzir força máxima o mais rápido possível até atingir a sua capacidade máxima e manter este esforço máximo durante pelo menos um segundo antes de relaxar, em cada ângulo avaliado. Herzog & ter Keurs (1988b) propõem esse procedimento com o objetivo de garantir que todas as fibras musculares permaneçam em comprimento constante durante a medida de força (ou torque) produzida pelos músculos. Entre cada contração, foi observado um intervalo de dois minutos para minimizar os efeitos da fadiga. O teste sempre foi repetido caso fossem verificadas as seguintes situações: (1) quando o avaliador ou o próprio sujeito percebeu que não foi obtida uma contração máxima, ou (2) quando a contração não foi sustentada por pelo menos um segundo (HERZOG; TER KEURS, 1988b).

O *feedback* da performance não foi fornecido às meninas a fim de evitar a possibilidade de que as tentativas executadas mais tarde no protocolo fossem influenciadas pelo conhecimento da performance das primeiras tentativas (FRAÇÃO; VAZ, 2000; GALVÃO, 2007).

#### 4.8 MEDIÇÃO DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA (EMG)

Um sistema de eletromiografia (EMG) de oito canais (AMT-8, Bortec Biomedical Ltd., Canadá) foi utilizado para a aquisição dos sinais EMG. Os sinais EMG dos músculos gastrocnêmio medial (GM) e sóleo (SO) foram medidos por meio de pares de eletrodos de superfície passivos (Ag/AgCl, Meditrace, Kendall, Canadá) em configuração bipolar.

Um eletrodo de referência foi colocado na pele recobrimo a superfície anterior da tíbia. Antes da colocação dos eletrodos, a impedância elétrica da pele foi reduzida pela raspagem dos pêlos e pela limpeza da pele, com algodão embebido em álcool, a fim de remover as células mortas e a oleosidade da pele no local do posicionamento dos eletrodos (SENIAM, 2009).

A seguir, os eletrodos foram fixados na pele e uma leve pressão foi aplicada sobre eles para aumentar o contato entre o gel do eletrodo e a pele. A colocação dos eletrodos respeitou as recomendações propostas pela *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM, 2009).

O sistema Windaq (Dataq Instruments, Akron, OH, USA; 16 bits) foi utilizado para a aquisição dos dados de EMG e torque. Os sinais EMG foram digitalizados

com uma frequência de 2000 Hz por canal por meio de uma placa analógico-digital (DI-720 16 bits, Dataq Instruments Inc. Akron, Ohio-USA), e armazenados em um computador para posterior análise.

## 5. PROTOCOLOS DE ANÁLISE DOS DADOS

### 5.1 ANÁLISE DA RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO (T-A)

A relação T-A dos FP foi obtida a partir do torque máximo absoluto atingido em cada um dos ângulos testados. Foram calculados a média e o desvio padrão do torque absoluto dos FP durante as contrações voluntárias máximas.

Os valores absolutos de torque foram normalizados pela massa corporal de cada atleta. Essa normalização foi utilizada com o objetivo de minimizar possíveis efeitos antropométricos sobre a capacidade máxima de produção de força. Esta normalização foi utilizada para a comparação intra-grupo e inter-grupos.

### 5.2 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES ELETROMIOGRÁFICAS (EMG)

Os sinais de EMG foram filtrados com um filtro passa-banda com frequências de corte de 10 Hz e 500 Hz para eliminação de possíveis ruídos elétricos provenientes do ambiente e de outros equipamentos elétricos do laboratório. Valores *root mean square* (RMS) de cada músculo foram calculados para cada uma das contrações produzidas durante todo o protocolo. Os valores RMS normalizados pelo valor RMS obtido na contração voluntária máxima de cada atleta no ângulo de maior produção de força (-20°) foram comparados entre intra-grupo e intergrupos. Os dados de eletromiografia foram analisados (filtragem e cálculo dos valores RMS) em rotina matemática específica desenvolvida em ambiente MATLAB (MATLAB version 7.3.0.267, MathWorks, Inc., Natick, MA).

## 6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Análise descritiva dos dados foi utilizada para determinar a homogeneidade dos mesmos em cada um dos grupos e o teste de Shapiro-Wilk foi usado para verificar a normalidade dos dados. Em seguida, análise de variância (ANOVA) de dois fatores (*two-way*) para medidas repetidas (ângulos) foi utilizada para determinar a existência de diferenças significativas para cada parâmetro mensurado (torque e RMS) e a presença de interação entre os grupos nos diferentes ângulos articulares avaliados. Quando houve interação entre os parâmetros, análise de variância de um fator (*one-way*) para dados repetidos foi utilizada para determinar diferenças estatísticas entre os grupos em cada ângulo avaliado. Em caso de diferenças significativas, a localização foi feita através do teste Post-Hoc de “Bonferroni”. Um teste T independente foi utilizado na comparação das variáveis antropométricas (massa corporal, estatura, IMC, % de gordura, estágio maturacional) e o torque e os valores RMS entre os grupos para cada ângulo articular. O nível de significância adotado foi  $\alpha=0,05$  para todas as análises realizadas.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS, COMPOSIÇÃO CORPORAL E ESTÁGIO MATURACIONAL

A tabela 1 abaixo apresenta os dados de idade, IMC, percentual de gordura e estágio maturacional das atletas de GA e GR. Não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis antropométricas, composição corporal, bem como na idade e estágio maturacional entre as duas modalidades.

**Tabela 1. Características físicas das atletas (Média ± DP)**

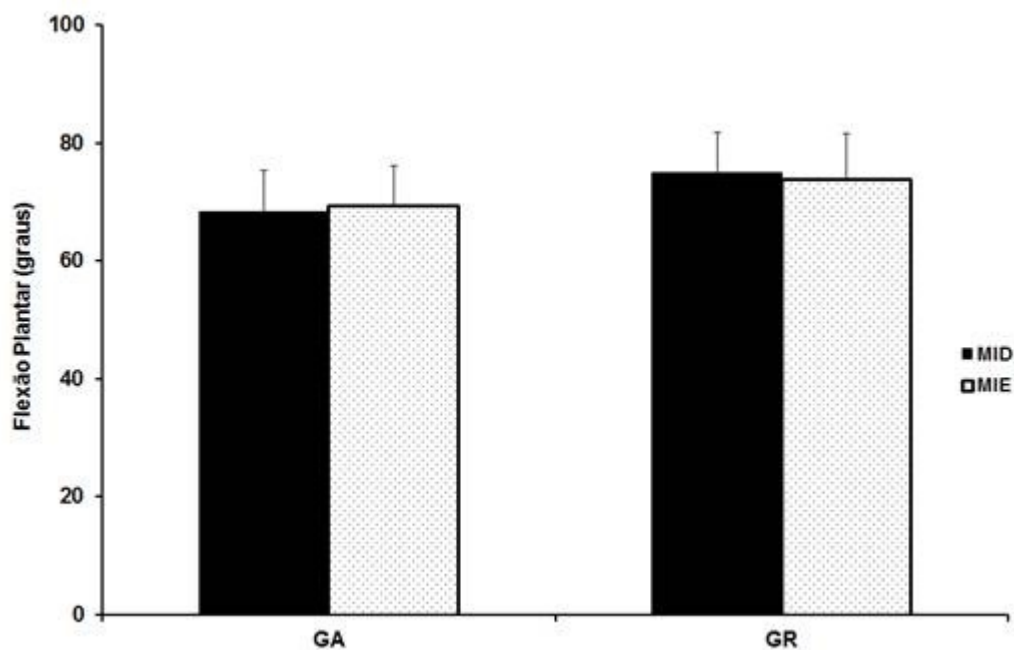
Variáveis	GA	GR
	Média ± DP	Média ± DP
N	8	10
Idade (anos)	12,00 ± 0,93	12,11 ± 1,05
Massa Total (kg)	41,6 ± 4,83	38,9 ± 3,56
Estatura (m)	1,48 ± 0,06	1,52 ± 0,04
IMC (kg.m <sup>2</sup> )	18,88 ± 1,36	16,91 ± 1,92
Percentual de Gordura (%)	15,36 ± 2,66	13,74 ± 0,85
Estágio Maturacional	3 e 3	3 e 3

Em relação ao IMC, ambos os grupos apresentaram valores considerados normais para essa faixa etária (ANJOS, VEIGA & CASTRO, 1998; SILVA, et al. 2010). Para o percentual de gordura, as atletas de GA apresentaram um valor considerado normal para a faixa etária (15-25% - LOHMAN, 1992), enquanto que as atletas de GR apresentaram um valor inferior ao descrito na literatura. Entretanto, de acordo com ACSM (2000), o percentual de gordura mínimo aceito para atletas do sexo feminino na faixa etária de 10 a 13 anos é de 12%, sendo considerado portanto normal para atletas pré-púberes e púberes.

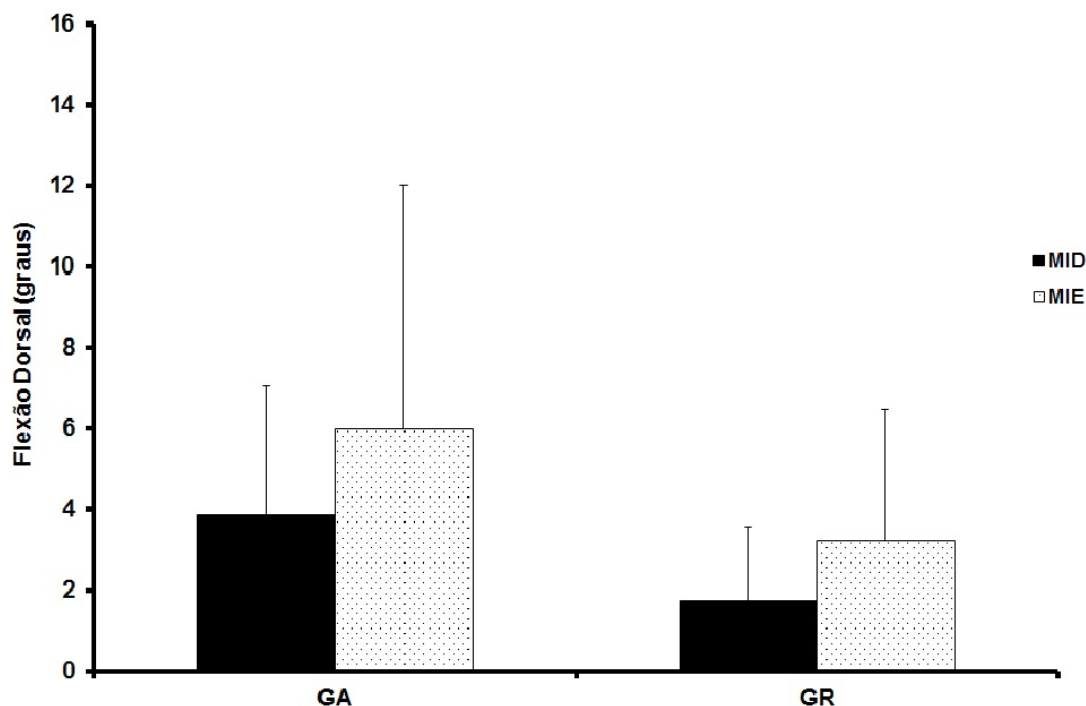
Em relação ao estágio maturacional, ambos os grupos de atletas foram classificados como púberes, sendo considerado normal para essa faixa etária (MATSUDO; MATSUDO, 1991).

## 7.2 MEDIDA DA AMPLITUDE ARTICULAR DE MOVIMENTO

Os resultados referentes à amplitude de movimento articular do tornozelo são apresentados na FIGURA 1 para flexão plantar e FIGURA 2 para flexão dorsal, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos movimentos, assim como entre os lados direito e esquerdo.



**FIGURA 1.** Amplitude de flexão plantar dos tornozelos (membro inferior direito e membro inferior esquerdo) dos dois grupos estudados (média  $\pm$  desvio padrão).



**FIGURA 2. Amplitude de flexão dorsal dos tornozelos (membro inferior direito e membro inferior esquerdo) dos dois grupos estudados (média  $\pm$  desvio padrão).**

### 7.3 RELAÇÃO TORQUE-ÂNGULO

Os resultados de torque obtidos por meio do dinamômetro isocinético para os dois grupos estudados, nos sete ângulos articulares, podem ser visualizados na FIGURA 3 (valores absolutos) e FIGURA 4 (valores normalizados pela massa corporal de cada atleta). Os dados de torque foram apresentados iniciando no ângulo de menor comprimento dos FP ( $50^\circ$ ), e indo até o ângulo de maior comprimento dos FP ( $-20^\circ$ ). A análise de variância revelou interação entre os fatores (grupo x ângulo -  $p=0,009$ ), demonstrando um comportamento do torque em função dos ângulos diferente para os dois grupos estudados (FIGURA 4). Um aumento linear na capacidade de produção de força foi observado nas atletas de GA à medida que aumentava o comprimento muscular (diminuição do ângulo articular). Já as atletas de GR apresentaram aumento significativo até o ângulo de  $-10^\circ$ , não aumentando a força a partir deste ângulo articular. Um deslocamento para esquerda foi demonstrado na relação T-A das ginastas rítmicas quando comparadas com as ginastas artísticas (FIGURA 4), em que as atletas de GR apresentaram um aumento significativo do torque somente até  $-10^\circ$ , não conseguindo aumentar os valores de torque a partir deste ângulo.

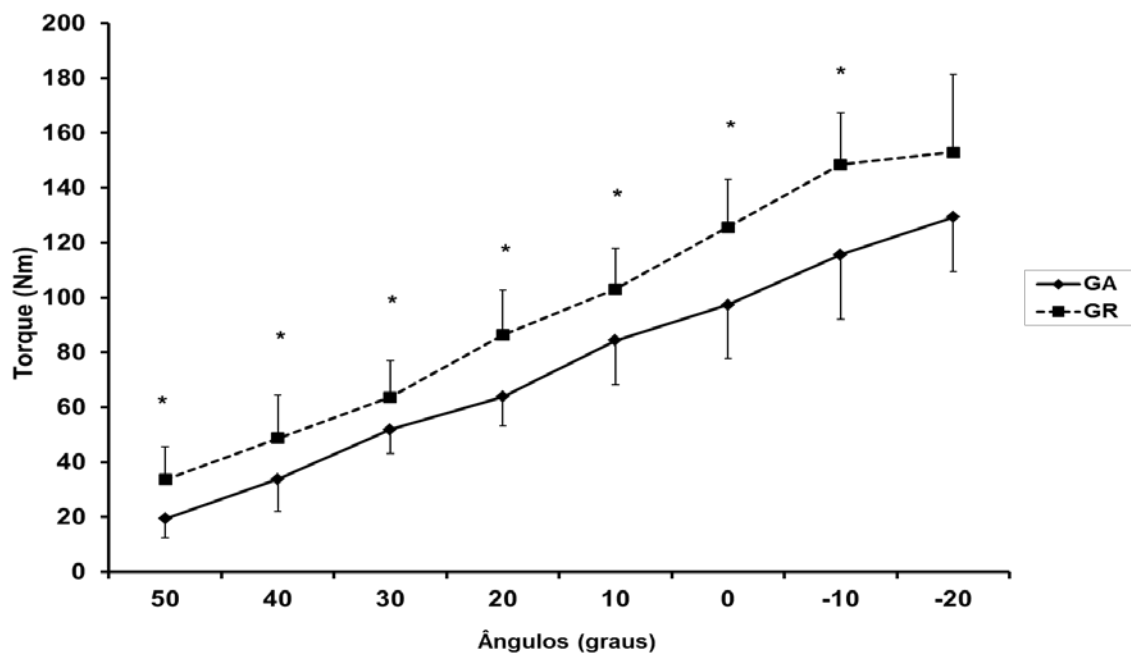


FIGURA 3. Relação torque-ângulo (dados absolutos) dos grupos estudados (média  $\pm$  desvio padrão). \* indica diferença significativa entre os grupos.

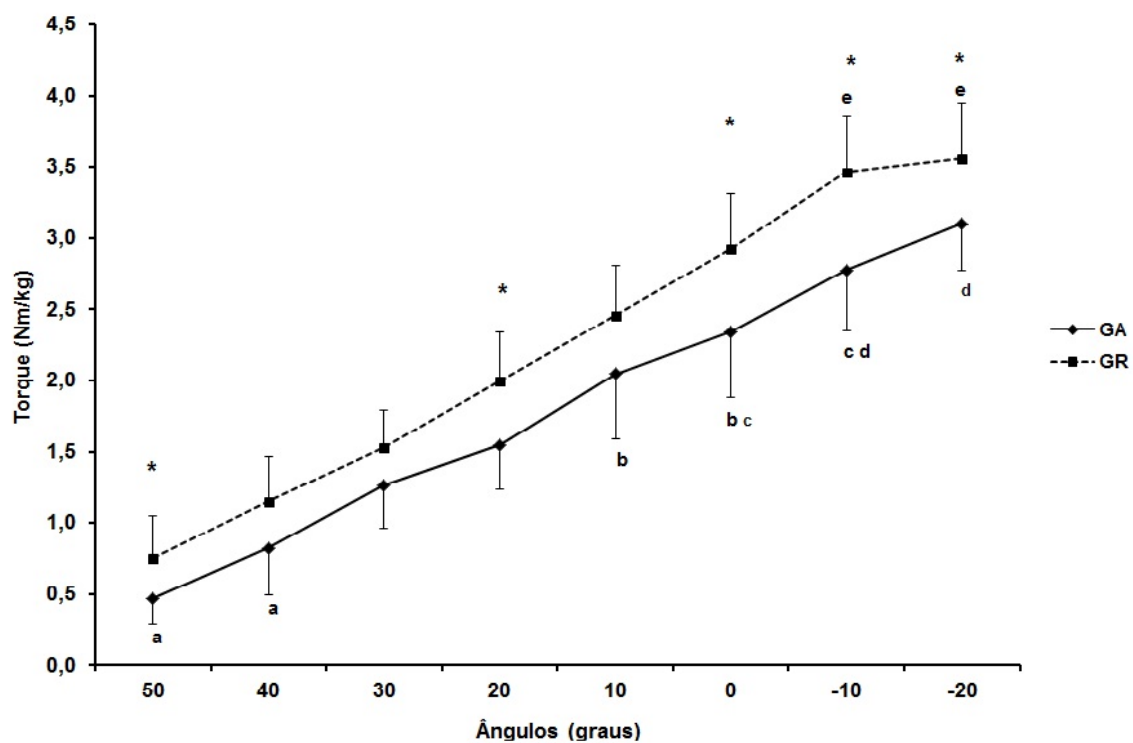


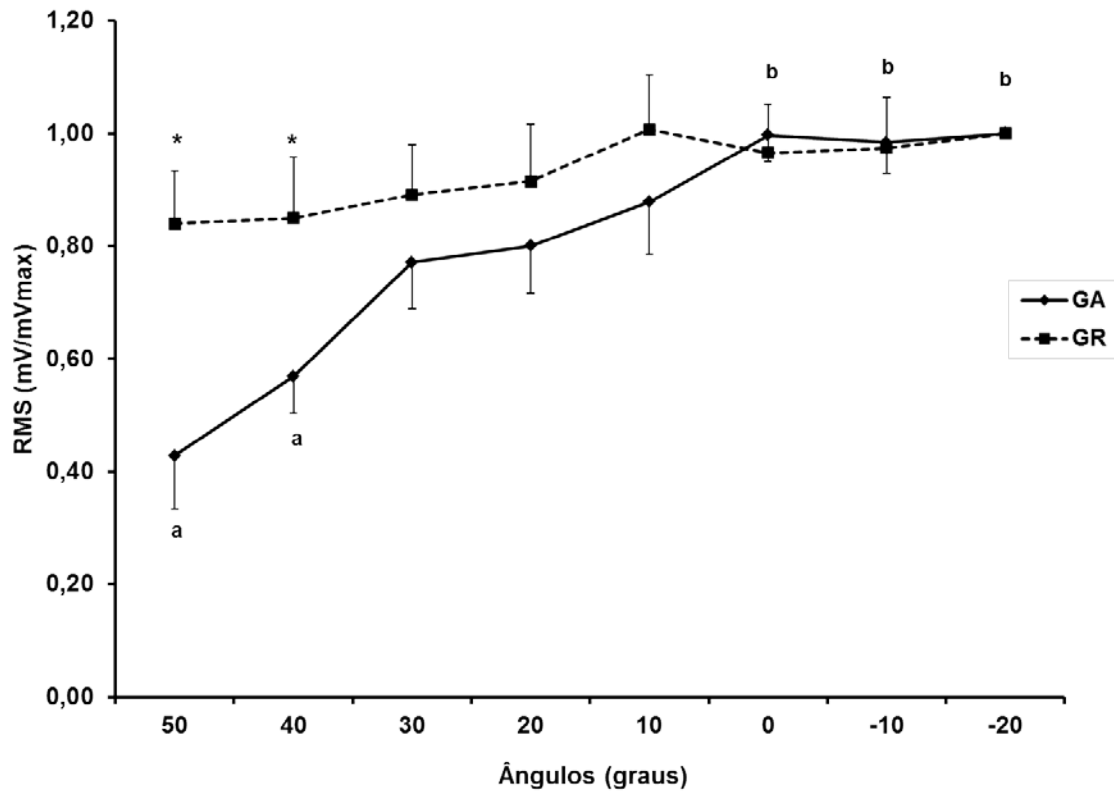
FIGURA 4. Relação torque-ângulo (dados normalizados) dos grupos estudados (média  $\pm$  desvio padrão). \* indica diferença significativa entre os grupos. Letras repetidas indicam ausência de diferença entre os ângulos dentro de cada grupo.



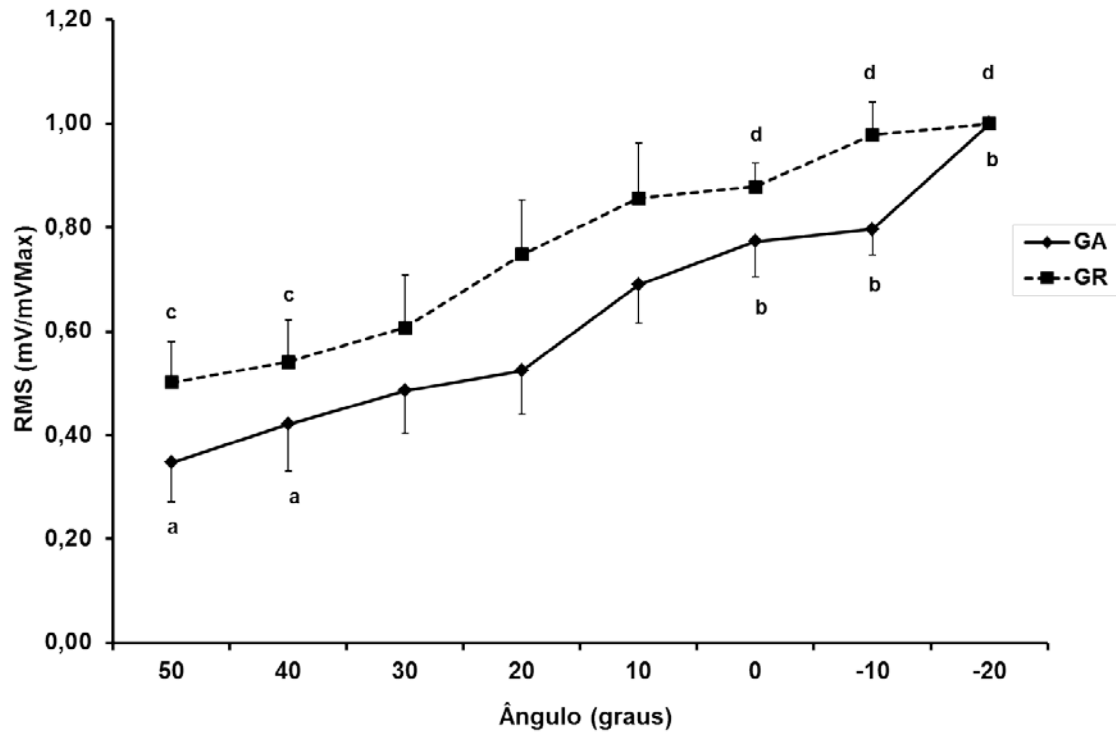
#### 7.4 ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA

Os valores RMS dos músculos gastrocnêmio medial (GM) e sóleo (SO) normalizados pelo valor RMS, obtidos na contração voluntária máxima no ângulo de maior produção de força, estão apresentados nas FIGURAS 5 e 6, respectivamente. Na comparação entre os grupos, ginastas rítmicas apresentaram valores RMS superiores às ginastas artísticas, nos ângulos de 50° e 40°, ou seja, nos menores ângulos de FP ( $p=0.04$ ). Na comparação intra-grupos, ginastas rítmicas apresentaram um comportamento semelhante do valor RMS em todos os ângulos articulares, enquanto que as ginastas artísticas apresentaram diferenças significativas dos maiores ângulos (50° e 40°) para os menores ângulos (0° à -20°) de FP, revelando uma diminuição dos valores RMS nas atletas de GA à medida que diminui o comprimento do GM.

Em relação aos valores RMS para o músculo SO, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos ângulos articulares avaliados ( $p=0.22$ ). Entretanto, na comparação intra-grupos, um comportamento semelhante foi observado, em que ambos os grupos apresentaram diferenças significativas dos maiores ângulos (50° e 40°) para os menores ângulos (0° à -20°) de FP, revelando um aumento do valor RMS nas atletas à medida que aumenta o comprimento do SO.



**FIGURA 5. Medidas dos valores RMS normalizados do GM (média  $\pm$  erro padrão).\*** indicam diferença significativa entre os grupos. Letras diferentes indicam diferenças entre os ângulos no grupo GA.



**FIGURA 6.** Medidas dos valores RMS normalizados do SO (média  $\pm$  erro padrão). Letras diferentes indicam diferenças entre os ângulos em ambos os grupos.

## 8. DISCUSSÃO

A literatura tem demonstrado que o sistema musculoesquelético apresenta uma alta capacidade de adaptação em relação às demandas mecânicas específicas (HERZOG et al., 1991). No presente estudo, ginastas rítmicas e ginastas artísticas foram escolhidas em função da utilização da musculatura flexora plantar em diferentes comprimentos musculares ou ângulos articulares durante a prática desportiva. A magnitude dessas respostas adaptativas será discutida a seguir, para cada tópico pesquisado.

### **Medidas Antropométricas e Composição Corporal**

Em relação às medidas antropométricas e de composição corporal, não foram encontradas diferenças entre os grupos em nenhuma das variáveis analisadas (massa corporal total, estatura, IMC e percentual de gordura). Theodoropoulou et al. (2005) compararam a composição corporal entre ginastas artísticas e rítmicas pós-púberes que competiam nos campeonatos mundiais e europeu de ginástica. Estes autores encontraram um percentual de gordura e massa corporal total maior em atletas de GA comparadas às atletas de GR. Entretanto, além do estágio maturacional influenciar na composição corporal, o treinamento de atletas de nível internacional é diferente do treinamento de atletas nacionais, principalmente em relação ao volume de treino, determinando adaptações distintas (LAFFRANCHI, 2001). As ginastas do presente estudo apresentaram valores de percentual de gordura e massa corporal semelhante às atletas de outros estados brasileiros que também competem em nível nacional (RIBEIRO; SOARES, 2002; BOTTI et al., 2007). Além disso, o estágio maturacional, bem como o volume de treinamento, foi semelhante entre as duas modalidades. Loomba-Albrecht & Styne (2009) observam que as diferenças na composição corporal são modestas na puberdade comparadas as mudanças que ocorrem na pós-puberdade.

Dessa forma, embora ginastas rítmicas e artísticas de nível internacional apresentem características antropométricas diferentes em função das exigências mecânicas das duas modalidades, parece que o estágio maturacional e o nível de treinamento influenciam no perfil antropométrico das atletas do presente estudo.

## Medida da amplitude articular de movimento

A amplitude de movimento articular do tornozelo tanto de flexão plantar quanto de flexão dorsal foi semelhante entre os dois grupos estudados. Entretanto, em função da maior exigência de flexão plantar nas ginastas rítmicas, era esperado que estas atletas apresentassem maior amplitude para este movimento do que as ginastas artísticas, semelhante aos resultados encontrados para bailarinas e jogadoras de vôlei no estudo de Frasson et al. (2007).

Embora não existam diferenças na amplitude de movimento entre atletas de GR e GA deste estudo, as ginastas rítmicas apresentaram valores de flexão plantar semelhantes às bailarinas clássicas do trabalho de Frasson et al. (2007), uma vez que estes dois grupos de atletas necessitam executar movimentos que exigem equilíbrio corporal e coordenação com grande amplitude dos FP durante a prática esportiva.

Além disso, ambos os grupos de atletas apresentaram valores de ADM diferentes dos verificados para a população normal (FP = 48° e FD = -18°, respectivamente – Hamilton et al., 1992), tanto para flexão plantar (GA = 68°; GR = 74°) quanto para flexão dorsal (GA = -5°; GR = -2,5). Estes resultados demonstram uma adaptação na ADM do tornozelo em função do treinamento específico de ginástica, uma vez que nos dois grupos de atletas a articulação do tornozelo é exigida em um nível de amplitude articular superior de FP ao da população normal.

Em relação à amplitude dos FD, os valores para os dois grupos de atletas foram mais baixos do que os encontrados tanto para população normal quanto em bailarinas, podendo estar relacionado a um maior encurtamento dos FP e a maior dificuldade de alongamento da musculatura flexora plantar (HAMILTON et al., 1992; STEINBERG et al., 2006).

Steinberg et al. (2006) ressaltam que os movimentos de flexão dorsal no balé são importantes principalmente nos exercícios de “*demi-plié*” e “*grand-plié*”, caracterizados pela grande amplitude de flexão do joelho e flexão dorsal. No caso das ginastas rítmicas, os movimentos em dorsiflexão são semelhantes aos do balé e utilizados, principalmente nos equilíbrios e giros denominados “*cossacos*”. Já atletas de GA executam movimentos de dorsiflexão principalmente na execução dos saltos e acrobacias, tanto na preparação quanto na aterrissagem no solo (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE GINÁSTICA, 2009 a; MOCHIZUKI & AMADIO, 2005).

Dessa forma, além dos exercícios em flexão plantar, ambos os grupos necessitam desenvolver movimentos em flexão dorsal durante a prática esportiva. O fato de que ambos os grupos apresentaram uma redução na ADM de dorsiflexão revela um déficit que pode interferir com a performance desportiva nas duas modalidades, tornando importante o trabalho de flexibilidade do tornozelo em termos de dorsiflexão, o que poderá produzir uma melhora na execução dos movimentos específicos, quanto atuar na prevenção de lesões no tornozelo (GHIROTTI, 2005).

### **Relação Torque-Ângulo**

Em relação à capacidade de produção de força, evidências na literatura demonstram que os FP trabalham na fase ascendente da relação T-A, o que faz com que a musculatura desenvolva maior torque a maiores comprimentos (KULIG et al., 1984). Entretanto, ao comparar sujeitos com tarefas motoras distintas, como no treinamento de diferentes modalidades esportivas, o ângulo articular em que ocorre a máxima produção de força pode ser alterado.

Neste estudo, a análise de variância demonstrou distintos comportamentos do torque das atletas de GR comparado as atletas de GA nos diferentes ângulos articulares. Ginastas rítmicas apresentaram diferenças significativas entre os ângulos de menores comprimentos musculares até o ângulo  $-10^\circ$ , ao passo que esta diferença não foi encontrada em ângulos que correspondem a maiores comprimentos musculares. Isso demonstra um aumento linear do torque até  $-10^\circ$  e a existência de um platô a partir desse ângulo articular, onde o torque permanece constante.

Já para as GA, não foi observada diferença entre os dois primeiros ângulos que representam menores comprimentos musculares, entre o ângulo de  $10^\circ$  e o ângulo neutro, e entre os menores ângulos de FP. Entretanto, existe um aumento do torque nesse grupo do ângulo de  $10^\circ$  para os ângulos de  $-10^\circ$  e  $-20^\circ$ , o que sugere um aumento linear do torque com o aumento do comprimento muscular, diferente do aparente platô de torque no grupo GR e de um possível deslocamento para a esquerda da relação T-A em relação às atletas de GA.

Frasson et al. (2007) verificaram que bailarinas apresentam maior capacidade de produção de força em menores comprimentos dos FP quando comparados a

jogadoras de voleibol, uma vez que os movimentos do balé são executados em grande amplitude de flexão plantar (na ponta dos pés). De maneira semelhante às bailarinas, ginastas rítmicas apresentaram um deslocamento da relação T-A para menores comprimentos dos FP, comparadas às GA. Isto pode ser explicado pela exigência mecânica específica da GR, uma vez que a maioria dos exercícios requer um controle preciso de movimentos executados com uma grande amplitude de flexão plantar.

Kitai e Sale (1982) verificaram que o treinamento isométrico realizado em um ângulo neutro de flexão plantar ( $0^\circ$ ), resultou em aumentos na produção de força no ângulo específico de treinamento e nos dois ângulos adjacentes ( $5^\circ$  e  $-5^\circ$ ). Dessa forma, quando uma musculatura é exigida sistematicamente em comprimentos específicos, a capacidade de produção de força pode aumentar nos ângulos treinados. Embora o treinamento isométrico seja pouco frequente na maior parte das modalidades esportivas, exercícios com contrações isométricas são bastante utilizados no treinamento físico de ginastas rítmicas e artísticas (ARAÚJO, 2003; LEBRE & ARAÚJO, 2006).

Tendo em vista que, a capacidade de ativação das musculaturas esta relacionada com as exigências motoras durante a prática esportiva, e considerando as diferentes posições anatômicas entre os músculos, distintas adaptações podem ocorrer. Dessa forma, a produção de força também depende da capacidade de recrutamento neural das musculaturas envolvidas (ENOKA, 2000; KOMI, 2006), o que será discutido a seguir.

### **Ativação Eletromiográfica**

Ao se comparar a atividade eletromiográfica de uma musculatura entre diferentes modalidades esportivas, existem evidências de que distintos comportamentos dos valores de EMG podem ser observados, demonstrando que as alterações na capacidade de ativação muscular também podem ser responsáveis pelas diferenças encontradas na produção de força entre os ângulos articulares (FRAÇÃO; VAZ, 2000; FRASSON et al., 2007).

Em relação ao GM foi possível observar que, quando comparadas às atletas de GA, ginastas rítmicas apresentaram maior EMG nos ângulos mais encurtados dos FP ( $50^\circ$  e  $40^\circ$ ). Isso demonstra uma maior capacidade de ativação dessa

musculatura nas GR nos menores comprimentos do GM, o que é condizente com a maior necessidade de controle motor das GR em relação às GA nos maiores ângulos de FP.

As atletas de GA apresentaram uma redução do sinal EMG em menores comprimentos musculares ( $50^\circ$  e  $40^\circ$ ), com um aumento nos maiores comprimentos musculares ( $0^\circ$ ,  $-10^\circ$  e  $-20^\circ$ ) em relação aos menores comprimentos, demonstrando um comportamento diferente daquele das GR que mantiveram a atividade EMG do GM aproximadamente constante em todos os ângulos articulares (nos diferentes comprimentos musculares) do tornozelo.

Os resultados da ativação do músculo GM para as atletas de GR nos menores comprimentos musculares são semelhantes aos encontrados para bailarinas clássicas do estudo de Frasson et al. (2007). Ambos os grupos, bailarinas e ginastas rítmicas, apresentaram uma maior ativação do GM nos menores comprimentos musculares. Este dado pode estar relacionado às características do balé e da GR, uma vez que a maior parte dos exercícios nestas modalidades é executada em meia ponta, ou seja, máxima amplitude de flexão plantar. Ginastas rítmicas necessitam de um maior controle de movimentos durante ações motoras realizadas em meia ponta (flexores plantares encurtados), visto que uma das principais características técnicas da modalidade é a forma definida e fixa dos exercícios, o que requer coordenação e destreza de movimentos (LAFFRANCHI, 2000; FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE GINÁSTICA, 2009 b).

De maneira contrária, ginastas artísticas exigem uma grande produção de força dos FP em comprimentos mais alongados, principalmente nos exercícios que demandam máxima potência muscular, como nos saltos e acrobacias, além de ações motoras estáticas combinadas com ações dinâmicas que requerem grande potência muscular (TRICOLI & SERRÃO, 2005). Assim, estas atletas apresentam maior ativação da musculatura flexora plantar em momentos específicos, não necessitando de uma grande ativação muscular durante todos os movimentos executados na coreografia.

Em relação ao músculo SOL, não foram encontradas diferenças na comparação inter-grupo, demonstrando um comportamento semelhante entre os grupos. Além disso, na comparação intra-grupos, ginastas rítmicas e artísticas apresentaram o mesmo comportamento, uma vez que houve um aumento do sinal EMG dos menores (maiores ângulos articulares de FP -  $50^\circ$  e  $40^\circ$ ) para os maiores



comprimentos (três menores ângulos articulares de FP - 0°, -10° e -20°), demonstrando uma menor capacidade de ativação do músculo SOL nos menores comprimentos nos dois grupos de atletas.

Os resultados deste estudo demonstram ainda que as adaptações do músculo SOL diferem dos resultados encontrado para o músculo GM. Isto possivelmente ocorre devido a diferentes capacidades de adaptações entre os músculos em relação aos estímulos impostos. Apesar de serem músculos sinergistas e de um mesmo grupamento muscular no qual suas inserções localizam-se em um único tendão, outras características também devem ser levadas em consideração para esta diferente sensibilidade de adaptação neural.

Primeiramente, é necessário considerar as medidas histoquímicas e bioquímicas dos músculos. Johnson et al. (1973) demonstra que o músculo gastrocnêmio apresenta um percentual de fibras rápida e lentas semelhante, enquanto o músculo sóleo é formado em maior parte por fibra de contração lenta. Estas diferenças no tipo de fibra muscular vão influenciar na ativação neural, determinando diferentes tempos de estímulo e de resposta muscular (ENOKA, 2000).

Além disso, músculos biarticulares (GM) têm uma função motora diferente dos músculos monoarticulares (SOL). Salvenberg & Meijer (2003) reportam que músculos biarticulares têm uma maior responsabilidade na transmissão e direcionamento da força externa articular durante um movimento, do que os músculos monoarticulares.

Dessa forma, dependendo da ação motora, o padrão de ativação também varia entre músculos monoarticulares e biarticulares, podendo haver uma redução na ativação eletromiográfica de um músculo uniarticular e um aumento na atividade do biarticular. Zajac *apud* Enoka (2000) sugere que músculos monoarticulares produzem a energia propulsiva para um salto vertical enquanto músculos biarticulares refinam a coordenação, o que pode justificar a ativação do GM para as atletas de GR deste estudo.

Embora músculos sinergistas possam contribuir para um torque flexor, como no exemplo do GM e SO, eles não são geradores de forças equivalentes, por apresentarem diferentes capacidades de ativação e função motora que estão também relacionadas às características distintas da arquitetura muscular, que representa o arranjo das fibras em relação a linha de ação de força do tendão

(ENOKA, 2000; KAWAKAMI & FUKUNAGA, 2006). Assim, a arquitetura muscular determina mecanicamente a capacidade de resposta muscular frente a uma exigência motora, ou gesto motor.

Dessa forma, existem fatores morfológicos, anatômicos e neuromecânicos que podem determinar respostas adaptativas distintas nos diferentes músculos em relação a magnitude e frequência dos estímulos mecânicos externos. A determinação dos parâmetros de arquitetura dos músculos GM e SO possibilitará melhor identificar as adaptações específicas de cada modalidade esportiva da ginástica. Apesar de termos coletado esses dados, a análise dos mesmos ainda não foi finalizada, mas possibilitará futuramente uma análise mais criteriosa dos mecanismos adaptativos na área da ginástica.

## **9. CONCLUSÃO**

Os resultados deste estudo demonstram que: (1) crianças (idade média de 12 anos) praticantes de GR e GA por 5 anos com o mesmo volume de treinamento não diferem em suas características antropométricas, de composição corporal e estágio maturacional; (2) apesar de não terem sido encontradas diferenças na ADM entre os grupos, os valores de FP foram maiores que o padrão de normalidade da literatura e menores para os FD; (3) o grupo GR parece apresentar um platô de torque do ângulo neutro do tornozelo ( $0^{\circ}$ ) até menores ângulos ( $-20^{\circ}$ ) de FP, enquanto as atletas de GA parecem apresentar um aumento linear do torque, demonstram uma maior capacidade de produção de força em menores ângulos de FP quando comparadas as atletas de GR, e sugerindo um deslocamento para a esquerda das GR em relação as GA na curva T-A; (4) as atletas de GR apresentam maior ativação do músculo GM em maiores ângulos articulares de FP, enquanto as atletas GA apresentaram uma redução do sinal EMG com a redução do comprimento desse músculo. (5) em relação ao músculo SO, não foram encontradas diferenças intra-grupos e inter-grupos.

Acredita-se que estes resultados colaboram para a prescrição do treinamento entre as modalidades, uma vez que aborda aspectos sobre a adaptação neuromuscular em diferentes modalidades esportivas, demonstrando características mecânicas específicas dos flexores plantares. Logo, os dados deste estudo podem colaborar no treinamento de cada modalidade de ginástica, visando um maior

desempenho e/ou um trabalho na prevenção de lesões, e organização de exercícios específicos que visem melhorar a capacidade de produção de força das atletas.

## 10. DIREÇÕES FUTURAS

O principal objetivo deste estudo foi obter informações relevantes em relação às características anatômicas, antropométricas e funcionais que possibilitem subsidiar programas de treinamento de GR e GA. A determinação das principais adaptações que ocorrem na articulação do tornozelo e mais especificamente na musculatura FP de ginastas artísticas e rítmicas possibilita identificar possíveis déficits de força, flexibilidade e neural.

No entanto, informações adicionais podem ser obtidas a partir da identificação das adaptações estruturais, assim como da capacidade dinâmica de geração de torque nessa articulação. Além de verificar as adaptações na curva de torque-velocidade dos FP, torna-se importante identificar as possíveis adaptações neuromusculares na musculatura antagonista, devendo estas relações (T-A e T-V) também serem avaliadas nos FD. Além disso, é fundamental identificar as características intrínsecas destas estruturas, dentre elas a arquitetura muscular de FP (GM e SOL) e de FD (TA), para identificar possíveis adaptações nas propriedades intrínsecas destas musculaturas. Por fim, avaliar as adaptações que ocorrem nos componentes elásticos por meio das propriedades morfológicas do tendão como área de secção transversa (AST) e comprimento tendíneo, bem como nas propriedades mecânicas, como a relação stress-strain, possibilitarão entender o processo adaptativo dos componentes elásticos musculares, o que pode ter implicações para dados como potência muscular, energia absorvida, rigidez tendínea e que são fundamentais para o desempenho em cada modalidade esportiva. Para tanto, torna-se necessário a inclusão de um grupo controle composto por meninas em idade escolar com perfil antropométrico semelhante ao das atletas e que não praticam nenhum tipo de treinamento desportivo. Estas informações proporcionarão uma ampla abordagem sobre as adaptações geradas entre as diferentes modalidades, auxiliando na prescrição do treinamento, e também na prevenção de lesões, e constituem as direções futuras do presente estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American College of Sports Medicine. Position Stand: nutrition and athletic performance. **Med. Sci. Sports Exerc.** v.32, n. 12, p. 2130-2145, 2000.

Anjos, L. A., Veiga, G. V., Castro, I. R. R. Distribuição dos valores do índice de massa corporal da população brasileira até 25 anos. **Pan Am J Public Health.** v.3, n.3, p. 164-173, 1998.

Araújo, C. M. R. **Manual de Ajudas em Ginástica.** Canoas: Ulbra, 2003.

Botti, M.; et al. Alterações morfofisiológicas e maturacionais em atletas de ginástica rítmica. Disponível em:< <http://www.cbce.org.br/cd/resumos/321.pdf> >. Acesso em: 2010.

Cagno, A.D.; et al. Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics-gender differences. **J. Sci. Med. Sport,** v.12, n. 3, p. 1-6, 2008.

Douda, H.; et al. Adaptations on physical performance characteristics after a 6-month specific training in rhythmic gymnasts. **Med. Probl. Perform. Art.** v. 22, n.1, p. 10-17, 2007.

Drouin J. M. et al. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. **Eur J Appl Physiol.** v.91, n. 1, p. 22–29, 2004.

Elias, L. J., Brydenm M. P., Bulman-Fleming, B. Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. **Neuropsych.** v.36, n.1, p.37-43. 1998.

Eknoyan, G. Adolphe Quetele (1796-1874) The average man and indices of obesity. **Nephrol. Dial Transplant.** v. 23, n. 1, p. 47-51, 2008.

Enoka, R.M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

Fração, V.B.; Vaz, M.A. Influência da adaptação funcional na capacidade de produção de força no músculo esquelético. **Revista Perfil**. v. 4, n. 1, p. 103-110, 2000.

Frasson, V.B.; et al. Dorsiflexor and plantarflexor torque-angle and torque-velocity relationships of classical ballet dancers and volleyball players. **Rev. Bras. Biomec.** v. 8, n. 1, p. 31 - 36, 2007.

Federação Internacional de Ginástica. **Código de Puntuación de Gimnasia Artística Femenina 2009**. Copyright by FEDERATION INTERNATIONALE DE GYMNASTIQUE, 2009 a.

Federação Internacional de Ginástica. **Código de Pontuação de Ginástica Rítmica 2009-2012**. Copyright by FEDERATION INTERNATIONALE DE GYMNASTIQUE, 2009 b.

Freedaman, D. S. et al. Differences in relative weight and obesity among girls: The Bogalusa heart study. **Prev. Medic.** v. 30, n.1, p. 234-243, 2000.

Johnson, M. A. et al. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles an autopsy study. **J. Neurol. Sci.** v. 18, n.1, p. 111-129, 1973.

Loomba-Albrecht, L. A.; Styne, D. M. Effect of puberty on body composition. **Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.** v. 16, n.1, p. 10–15, 2009.

Galvão, Alessandra Quinteiro. **Os efeitos da imobilização nas propriedades mecânicas e elétricas do músculo esquelético após entorse de tornozelo**. 2007. 109 F. Dissertação de Mestrado (mestrado em Ciências do Movimento humano) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

Ghirotto, F. M. S. Lesões na ginástica artística. In: NUNOMURA, M.; PICCOLO, V. L. N. **Compreendendo a Ginástica Artística**. São Paulo: Phorte, 2005. p. 153-168.

Gordon A. M.; Husley A. F.; Julian F. J. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. **J. Physiol.** v. 184, n. 14, p. 170-192, 1966.

Hamilton W. G, et al. A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. **Am. J. Sports Med.** v. 20, n. 1, p. 267-273, 1992.

Herzog, W.; Ter Keurs, H.E.D.J. Force-length relation of in-vivo human rectus femoris muscles. **Pflugers Arch.**, v. 411, n. 1, p. 642-647, 1988b.

Herzog, W.; et al. Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners. **Med Sci Sports and Exerc.** v. 23, n.1, p. 1289-1296, 1991.

Karamanidis, K.; Arampatzis, A. Mechanical and morphological properties of human quadriceps femoris and triceps surae muscle-tendon unit in relation to aging and running. **J. Biomech.** v. 39, n. 3, p.406-17, 2006.

Kawakami, Y., Fukunaga, T. New insights into in vivo human skeletal muscle function. **Exerc. Sport Sci. Rev.** v. 34, n. 1, p. 16-21, 2006.

Kitai, T. A.; Sale, D. G. Specificity of joint angle in isometric training. **Eur. J. Appl. Physiol.** v. 58, n.1, p. 744-748, 1989.

Komi, P. V. **Força e potência no esporte**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

Kraemer, W.J.; Hakkinen, K. **Treinamento de Força para o Esporte**. Trad. Jerri Luiz Ribeiro. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Kulig, k., Andrews, J. G., Hay, J. G. Human strength curves. In: **Exercise and Sports Science Reviews**. The Collamore Press, Lexington, p. 417-466, 1984.

Laffranchi, B. **Treinamento Desportivo Aplicado à Ginástica Rítmica**. Londrina: Unopar, 2001.

Lebre, E.; Araújo, C. **Manual de Ginástica Rítmica**. 1 ed. Porto: Porto Editora, 2006.

Lohman, T. G. Exercise training and body composition in childhood. *Can. J. Sport Sci.* v. 17, n. 4, p. 284-287, 1992.

Matsudo, S. M. M.; Matsudo, V.K.R. Validade de auto-avaliação na determinação da maturação sexual. **Rev. Bras. Cien. Mov.** v. 5, n.2, p. 18-35, 1991.

Mochizuki, L.; Amadio, A. C. Aplicações de Conceitos da Biomecânica na Ginástica Artística. In: NUNOMURA, M.; PICCOLO, V. L. N. **Compreendendo a ginástica artística**. São Paulo: Phorte, 2005. p. 129-141.

Moreira, Rodrigo Baptista. *Composição corporal de escolares de 10 a 15 anos: um estudo longitudinal*. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em ciências do movimento humano) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Norkin, C.C.; White, D.J. **Medida do Movimento Articular**. Ed. Artes Médicas, 2 ed., São Paulo, 1995.

Oliva, João Carlos. **Estudo longitudinal da densidade mineral óssea, maturidade sexual e perfil alimentar em jovens atletas que praticam ginástica artística**. 2006. 152 F. Dissertação de Mestrado (mestrado em Ciências do Desporto) - Universidade do Porto, Porto, 2006.

Públio, N. S. Origem da Ginástica Olímpica. In: NUNOMURA, M.; PICCOLO, V. L. N. **Compreendendo a ginástica artística**. São Paulo: Phorte, 2005. p. 15-26.

Ribeiro, B.G.; Soares, E.A. Avaliação do estado nutricional de atletas de ginástica olímpica do Rio de Janeiro e São Paulo. **Rev. Nutr., Campinas**, v. 15, n. 2, p.181-191, 2002.

Santos, M. A. M; Leandro, CG; Guimarães, FJS. Composição corporal e maturação somática de meninas atletas e não-atletas de natação da cidade do Recife. **Rev. Bras. Saude Mater. Infant.** vol. 7, n. 2, p. 175-181, 2007.

Savelberg, H. H. C. M.; Meijer, k. Contribution of mono- and biarticular muscles to extending knee joint moments in runners and cyclists. **J Appl Physiol.** v. 94, n.1, p. 2241–2248, 2003.

Schneider, P.; Rodrigues, L.; Meyer, F. Dinamometria Computadorizada Como Metodologia de Avaliação de Força Muscular de Meninos e Meninas em Diferentes Estágios de Maturidade. **Rev. Paul. Ed. Física**, n. 16, p. 35-42, 2002.

Schneider, P.; Benetti, G.; Meyer, F. Força Muscular de Atletas de Voleibol de 9 a 18 Anos Através da Dinamometria Computadorizada. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 2, n. 10, p. 85-91, 2004.

Seniam. *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*. [2009]. Disponível em: <<http://www.seniam.org/>>. Acesso em: 2010.

Silva, D. A. S.; et al. Comparison between the growth of Brazilian children and adolescents and the reference growth charts: data from a Brazilian project. **J Pediatr.** v. 86, n.2, p.115-120, 2010.

Slaughter, M. H.; et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology.** v. 60, n. 5, p. 709-723, 1988.

Smoleuskiy, V.; Gaverdouskiy, I. **Tratado General de Gymnasia Artística Deportiva**. Barcelona: Paidotribo, 1998.



Steinberg et al. Range of Joint Movement in Female Dancers and Nondancers Aged 8 to 16 Years : Anatomical and Clinical Implications. **Am J Sports Med.** v. 34, n. 1, p. 814-823, 2006.

Theodoropoulou, A.; et al. Delayed but normally progressed puberty is more pronounced in artistic compared with rhythmic elite gymnasts due to the intensity of training. **J. Clin. Endocrinol. Metab.** v. 90, n. 1, p. 6022-6027, 2005.

Tricoli, V.; Amadio, A. C. Aspectos científicos do treinamento esportivo aplicados à ginástica artística. In: NUNOMURA, M.; PICCOLO, V. L. N. **Compreendendo a ginástica artística.** São Paulo: Phorte, 2005. p. 143-151.

Vicente-Rodriguez, G.; et al. Artistic versus rhythmic gymnastics: effects on bone and muscle mass in young girls. **Int. J. Sports Med.** v. 28, n. 5, p. 386-393, 2007.

Ulbrich, A. Z.; et al. Aptidão física em crianças e adolescentes de diferentes estágios maturacionais. **Fit Perf. J.** v.6, n.5, p. 277- 282, 2007.

## **ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Esse termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é parte de um projeto de pesquisa do qual você participará como sujeito. Ele deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente esse termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo desse projeto e o seu envolvimento nesse estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento.

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa cujo o objetivo é avaliar a estrutura e função dos músculos da perna. Neste estudo você poderá fazer parte de um grupo de atletas de ginástica rítmica, de um grupo de atletas de ginástica artística ou de um grupo controle (meninas em idade escolar) que não esteja realizando qualquer tipo de treinamento.

Você realizará exames de antropometria (medidas de massa corporal, estatura), goniometria (medida da amplitude máxima de movimento da articulação do tornozelo), perimetria (medida da circunferência da perna), dobras cutâneas (medida do percentual de gordura corporal), maturação biológica (medida da idade biológica), ecografia (exame de imagem do músculo da perna obtida com um ecógrafo), dinamometria (exame que avalia a sua capacidade máxima de produzir força de flexão plantar e dorsal do tornozelo), eletromiografia (que avalia a atividade elétrica gerada pelo músculo durante o esforço máximo). Pergunte ao pesquisador como funciona cada um destes exames caso tenha dúvidas. Nenhum destes exames serve para diagnóstico médico, apenas para fins de pesquisa, por isso você não receberá cópias destes exames.

Nenhum dos exames ou exercícios que serão realizados oferece riscos a sua saúde, mas você poderá ficar com um pouco de dor muscular algumas vezes após os testes ou exercícios máximos, bem como poderá ficar com a pele um pouco vermelha após o exame de eletromiografia ou de antropometria, mas este vermelhidão deverá passar logo. Caso algum destes sintomas não desapareça, ou

apareça outro sintoma imprevisto, por favor, avise ao pesquisador. A duração aproximada da avaliação é de duas horas.

Os resultados deste estudo serão utilizados única e exclusivamente para fins de pesquisa, de modo que sua identidade será mantida em sigilo absoluto. Ao final da pesquisa você receberá um resumo dos resultados obtidos. Para isso, coloque o seu e-mail ou telefone no final deste formulário.

A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu satisfatoriamente a informação relativa à sua participação nesse projeto e você concorda em participar como sujeito. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores, patrocinadores, ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, de modo que você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações durante a sua participação. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos relacionados com esta pesquisa, favor entrar em contato com o Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz (Fone: 3308.5860) ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (Fone: 3308.4085).

_____	_____	_____
Assinatura do responsável	Nome	Data
_____	Marco Aurélio Vaz	_____
Assinatura do pesquisador	Nome	Data

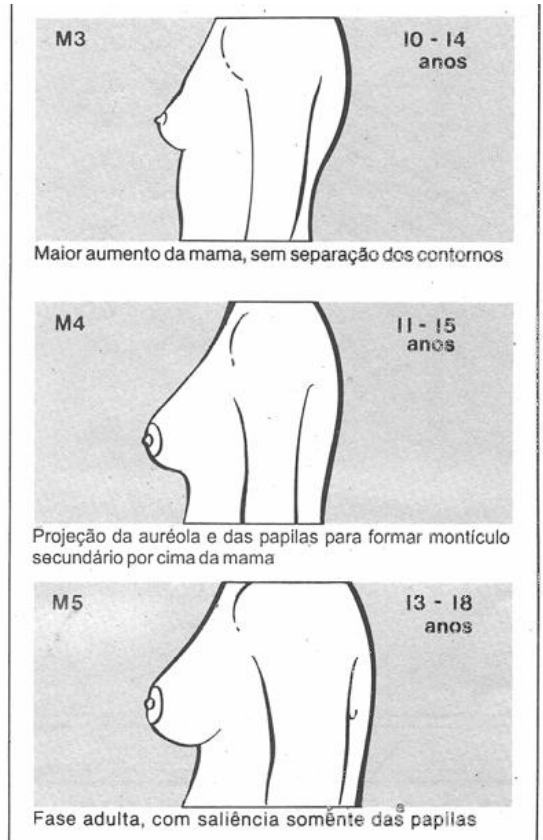
Telefone ou e-mail do sujeito: \_\_\_\_\_

## ANEXO B – TESTE DE MATURAÇÃO DE TANNER

## Desenvolvimento Puberal Feminino

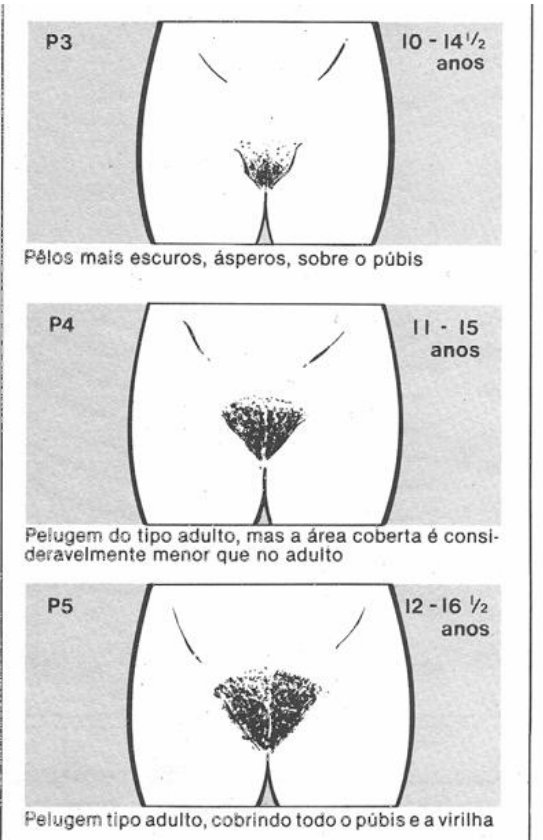
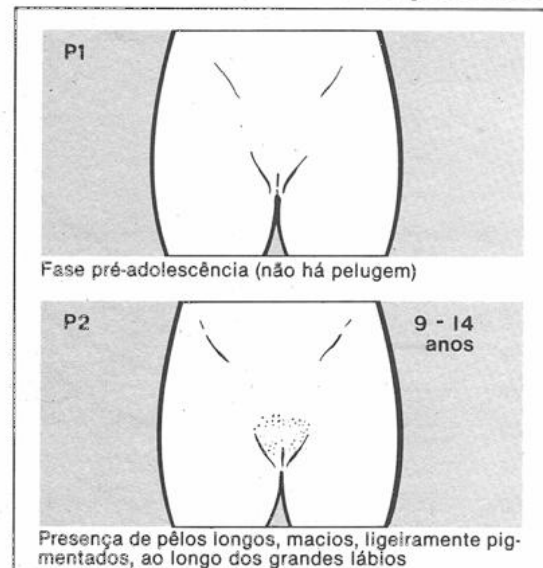
### Crítérios de Tanner

## Mamas



11a 5m  
↑  
M  
E  
N  
A  
R  
C  
A  
↓  
15a 6m

## Pêlos pubianos



## ANEXO C – TESTE DE DOMINÂNCIA DE MEMBRO INFERIOR

Obrigado por participar em nosso estudo. Por favor, responda as questões abaixo:

Nome:

Treina ginástica há quanto tempo?

Já teve algum tipo de lesão nos membros inferiores?

Por favor, responda cada questão do inventário de Waterloo, a seguir, da melhor forma para você. Se você SEMPRE usa um pé para a atividade descrita, circule Direita Sempre ou Esquerda Sempre. Se você frequentemente (mas não sempre) usa o pé direito ou esquerdo, circule Direita As vezes ou Esquerda As vezes, respectivamente de acordo com sua resposta. Se você usa ambos os pés com a mesma frequência para a atividade descrita, assinale As duas.

Por favor, não simplesmente circule uma resposta, mas imagine a realização da atividade e então marque a resposta. Se precisar, pare e realize o movimento.

1. Qual pé você usa para chutar uma bola que está parada na sua frente e alinhada com um alvo também a sua frente?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
2. Se fosse tiver que ficar em um pé só, em qual pé ficaria?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
3. Com qual pé você costuma mexer na areia da praia (desenhar ou aplanar a areia)?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
4. Se você tem que subir numa cadeira, qual pé você coloca primeiro em cima dela?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
5. Com qual pé você tenta matar um inseto rápido no chão, como uma barata ou um grilo?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
6. Se você tiver que ficar em pé sobre um trilho de trem, em um pé só, qual pé seria?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
7. Se você tiver que pegar uma bola de gude com os pés, qual pé escolheria?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
8. Se você tem que saltar em um pé só, qual pé seria?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
9. Com qual pé você ajudaria a enterrar uma pá no solo?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
10. Quando estamos em pé, parados, geralmente largamos nosso peso mais sobre uma das pernas. No seu caso, em qual das pernas você apóia mais o peso?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
11. Alguma vez houve alguma razão (uma lesão, por exemplo) que fez você mudar sua preferência para alguma das atividades descritas acima?	Sim ( )		Não ( )		
12. Alguma vez você treinou uma das pernas em especial para alguma dessas atividades descritas?	Sim ( )		Não ( )		

Se você respondeu sim para as questões 11 e 12, por favor explique.
---

Se você treina Ginástica Rítmica, responda estas questões:

13. Que perna você leva à frente nos saltos spocat e cossaco?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
14. Qual a sua perna de apoio nos equilíbrios avião e atitude?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
15. Qual a sua perna de apoio no passet?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
16. Que perna você prefere realizar o spocat?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
17. Com que perna você realiza os arcos para frente e para trás?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes

Se você treina Ginástica Artística, responda estas questões:

13. Que perna você leva à frente nos saltos de vôo e alejadinho?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
14. Qual a sua perna de apoio no equilíbrio avião?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
15. Qual a sua perna de apoio nos giros?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
16. Que perna você prefere realizar o spocat?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
17. Com que perna você realiza os arcos para frente e para trás?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes
18. Com que perna você realiza o rodante e a parada de mãos?	Direita Sempre	Esquerda Sempre	As duas	Direita As vezes	Esquerda As vezes