

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA – UNIMEP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**EVANDRO GONZALEZ TARNHOVI**

**PERFIL FENOTÍPICO DO MÚSCULO GASTROCNÊMIO LATERAL E  
FLEXIBILIDADE DE ATLETAS DE BASQUETEBOL SUBMETIDOS À POSTURA  
“EM PÉ COM INCLINAÇÃO ANTERIOR” DO MÉTODO DE REEDUCAÇÃO  
POSTURAL GLOBAL**

**PIRACICABA  
2004**

**T195p Tarnhovi, Evandro Gonzalez**

**Perfil fenotípico do músculo gastrocnêmio lateral e flexibilidade de atletas de basquetebol submetidos à postura “em pé com inclinação anterior” do método de reeducação postural global. Evandro Gonzalez Tarnhovi. – Piracicaba, 2004.**

**66 p. il.; 33 cm.**

**Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Metodista de Piracicaba, 2004.**

**EVANDRO GONZALEZ TARNHOVI**

**PERFIL FENOTÍPICO DO MÚSCULO GASTROCNÊMIO LATERAL E FLEXIBILIDADE DE ATLETAS DE BASQUETEBOL SUBMETIDOS À POSTURA “EM PÉ COM INCLINAÇÃO ANTERIOR” DO MÉTODO DE REEDUCAÇÃO POSTURAL GLOBAL**

**Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Fisioterapia da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, na área de concentração: Intervenção Fisioterapêutica.**

Orientadora: Profa. Dra. Rosana Macher Teodori.

**PIRACICABA  
2004**

**EVANDRO GONZALEZ TARNHOVI**

**PERFIL FENOTÍPICO DO MÚSCULO GASTROCNÊMIO LATERAL E FLEXIBILIDADE DE ATLETAS DE BASQUETEBOL SUBMETIDOS À POSTURA “EM PÉ COM INCLINAÇÃO ANTERIOR” DO MÉTODO DE REEDUCAÇÃO POSTURAL GLOBAL**

**COMISSÃO JULGADORA**

**DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE**

**Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP**

**Área de Concentração: Intervenção Fisioterapêutica**

Presidente e Orientador \_\_\_\_\_  
**Prof. Dra. Rosana Macher Teodori**

Examinador \_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Carlos Alberto Fornasari**

Examinador \_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Marco Cesar Somazz**

Piracicaba, 25 de novembro de 2004.

*À minha esposa Carolina e às minhas filhas Lorena, Luna e Cecília pelo grande carinho, auxílio, apoio, compreensão e pelo sacrifício dos momentos em que poderíamos estar juntos.*

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração direta ou indireta de muitas pessoas. Manifestamos nossa gratidão a todas elas e de forma particular:

Aos meus pais, Eugênio e Terezinha, por ter me ensinado sobre a importância dos estudos e estimulado, com isso, o meu desejo de saber. Mas, principalmente, pelos exemplos de integridade, de luta, de fé e de amor...;

Aos meus irmãos, Elton e Alessandra, pela amizade rara, com a qual sempre posso contar;

Ao Sr. Geraldo e Dona Tânia, pelo incentivo e apoio durante todo o tempo em que entrei nesta família;

Aos “Basqueteiros” voluntários deste projeto: Nilo, Rodrigo, Garnet, João, Douglas, Felipe, Elton, Rogério, Rogério Sigaki, Marcos, Fernando, Dalóia, Carlos, Sandro e Tiago;

À Profa. Dra. Rosana Macher Teodori, pela orientação, seriedade acadêmica, compreensão, amizade e suporte na realização deste trabalho;

Aos Professores Dr. Marco Cesar Somazz e Dr. Carlos Alberto Fornasari, pela diligente leitura do trabalho, pelas observações e sugestões de fundamental importância no exame de qualificação;

Aos Professores Dr. Gerson Eduardo Rocha Campos (IB-Unicamp), Dr. Marcelo de Castro César (Facis-Unimep) e Dra. Gislene Garcia Franco Nascimento (Facis-Unimep), pelas valiosas contribuições no desenvolvimento deste trabalho;

Aos técnicos de laboratório da FACIS-UNIMEP: Maria Cristina de Almeida Prado, Patrícia Carla Paulino Belotto, Roselene Canato Felipe de Oliveira, Débora Márcia Grossi; e do IB-Unicamp: Marco Aurélio R. de Paula; pela atenção e competência dispensadas na realização dos procedimentos laboratoriais.

A chave do êxito estará em suas mãos, se  
aprender a tratar bem os outros.

*Dr. Samael Aun Weor*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos Sujeitos envolvidos na Pesquisa .....	33
Tabela 2 - Porcentagem média dos Tipos de Fibras Musculares .....	43
Tabela 3 - Porcentagem média dos tipos de fibras C-Pré .....	43
Tabela 4 - Porcentagem média dos tipos de fibras C-Pós .....	44
Tabela 5 - Porcentagem média dos tipos de fibras E-Pré .....	44
Tabela 6 - Porcentagem média dos tipos de fibras E-Pós .....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhe da régua posicionada no centro do Banco de Wells .....	34
Figura 2 - Componentes e detalhe da agulha de <i>Bergström</i> .....	35
Figura 3 - Incisão com bisturi .....	36
Figura 4 - Introdução da agulha de <i>Bergström</i> .....	36
Figura 5 - Fragmento muscular em <i>Tragacanth gum</i> .....	37
Figura 6 - Recipiente com isopentano .....	37
Figura 7 - Momento inicial da postura .....	39
Figura 8 - Momento intermediário da postura .....	40
Figura 9 - Posição final da postura .....	40
Figura 10 - Posicionamento dos cortes na lâmina .....	41
Figura 11 - Fotomicrografia em corte transversal do músculo gastrocnêmio lateral .....	45
Figura 12 - Gráfico da porcentagem de fibras “puras” e “híbridas” do músculo gastrocnêmio lateral .....	46
Figura 13 - Gráfico da média da flexibilidade .....	47

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
1 REVISÃO DA LITERATURA .....	14
1.1 Características Estruturais e Plasticidade do Músculo Esquelético .....	14
1.2 Determinação dos Tipos de Fibras Musculares em Humanos .....	20
1.3 Diferentes Tipos de Contração Muscular .....	20
1.4 O Método de Reeducação Postural Global (RPG) .....	23
1.5 Alongamento Muscular .....	26
1.6 Plasticidade Neuromuscular .....	28
2 OBJETIVO .....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1 Delineamento do Estudo .....	32
3.2 Sujeitos da Pesquisa .....	32
3.3 Avaliação da Flexibilidade .....	33
3.4 Biópsia Muscular .....	34
3.5 Protocolo de Intervenção .....	38
3.6 Descrição da Postura .....	38
3.7 Determinação dos Tipos de Fibras .....	41
3.8 Análise Estatística .....	42
4 RESULTADOS .....	43
4.1 Fenótipo Muscular .....	43
4.2 Flexibilidade .....	46
5 DISCUSSÃO .....	48
CONCLUSÃO .....	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	58
REFERÊNCIAS .....	59
ANEXOS .....	64

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da contração excêntrica aplicada por meio da postura “em pé com inclinação anterior” do Método de Reeducação Postural Global (RPG) sobre as fibras do músculo gastrocnêmio lateral e a flexibilidade de atletas de basquetebol. Participaram 12 atletas de basquetebol masculino, com idade média de  $21,33 \pm 3,65$  anos, com índice de massa corporal (IMC) médio de  $23,27 \pm 2,88$  Kg/m<sup>2</sup>, divididos em 2 grupos: Grupo Experimental (GE - n= 6) e Grupo Controle (GC - n=6). O GE foi submetido a 2 sessões semanais (40min.) de intervenção através da postura “ em pé com inclinação anterior”, durante 8 semanas, mantendo a atividade normal de treinamento na equipe. O GC não foi submetido à intervenção, realizando apenas a rotina de treinamento. Antes e após o período experimental foram coletadas biópsias do músculo gastrocnêmio lateral e realizado o teste de flexibilidade utilizando o Banco de Wells. As amostras musculares foram imediatamente congeladas em isopentano resfriado em nitrogênio líquido a -159°C e obteve-se cortes transversais de 12µm de espessura através de micrótomo criostato, que posteriormente foram submetidos à reação histoquímica pelo método mATPase em pH de 10.5, 4.55 e 4.3. A seguir foram feitas fotomontagens dos cortes em pH 4.55 que, em conjunto com os cortes em pH 4.3 e 10.5, permitiram a classificação e determinação das porcentagens das fibras puras (I, IIA e IIB) e híbridas (IC, IIC e IIAB). Os dados foram processados no programa estatístico *Statgraphics-plus* 5.1, sendo comparados entre o GC e o GE utilizando-se o teste *Mann-Whitney*. A comparação dentro do grupo experimental nas situações pré e pós intervenção foi realizada através do teste das Ordens Assinaladas (*Rank*). O teste *t* de *Student* para amostras pareadas foi aplicado para comparar a flexibilidade antes e após a intervenção dentro do GE e GC. Não houve alteração estatisticamente significativa do padrão fenotípico das fibras musculares ( $p>0,05$ ). A flexibilidade dos atletas passou de  $8,33 \pm 5,16$  cm para  $9,00 \pm 3,9$  cm no GC e de  $3,83 \pm 15,26$  cm para  $10,5 \pm 13,9$  cm após intervenção no GE ( $p=0,01$ ). Os resultados demonstraram que nenhuma diferença foi observada no fenótipo muscular, entretanto a intervenção promoveu um aumento da flexibilidade dos atletas, o que pode influenciar positivamente no desempenho esportivo dos mesmos.

**Palavras chave:** Fisioterapia, Reeducação Postural Global, Plasticidade Neuromuscular, Alongamento, Tipos de Fibras.

## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate both the incidence of lateral gastrocnemius muscle fiber and the flexibility of basketball players after eccentric contraction applied through the posture “standing with front inclination” of the Postural Global Reeducation (PGR) method. Twelve male basketball players participated, mean age 21,33 ( $\pm 3,65$ ) years, mean corporal mass index (MCI)  $23,27 \pm 2,88$  Kg/m<sup>2</sup> divided into 2 groups: Experimental Group (EG - n=6) and Control Group (CG - n=6). The EG group was submitted to 2 weekly sessions (40 min.) of eccentric contraction through “standing with front inclination” posture for 8 weeks, while the players continued the normal basketball training. The GC groups was not submitted to the intervention, and they were just submitted to the normal routine training. Before and after the experimental period, the players were submitted to biopsies of the lateral gastrocnemius and to the flexibility test, through the Wells Box. The samples were immediately frozen in isopentano at  $-159^{\circ}\text{C}$ , and transverse sections of  $12\mu\text{m}$  of thickness were obtained, which were later submitted to histochemical reaction of mATPase in pH 10.5, 4.55 and 4.3. Then, photomountins of the sections were made in pH 4.55 that, together with sections in pH 4.3 and 10.5, allowed classifying and determining the percentages of the pure fibers (I, IIA and IIB) and hybrid (IC, IIC and IIAB) fibers. For the statistical analysis of the obtained data Mann Whitney’s and Rank’s tests were used, and processed in Statgraphics-plus 5.1. The comparison inside the experimental group in pre and post intervention was done through the Rank Test. The t student test was used to compare the data of flexibility before and after the intervention in the CG and EG groups. It was not observed statistically difference on the phenotypic profile fibers ( $p > 0,05$ ). The flexibility of players was from  $8,33 \pm 5,16$  cm to  $9,00 \pm 3,9$  cm in the CG group and from  $3,83 \pm 15,26$  cm to  $10,5 \pm 13,9$  cm after intervention in the EG group ( $p = 0,01$ ). The results showed that no difference was observed in the phenotypic profile fibers, the method promoted an increase in the flexibility of players, which can have positive influence in yours physical performance.

**Keywords:** Physical therapy, Postural Global Reeducation, Neuromuscular plasticity, Stretch, Fiber types.

## INTRODUÇÃO

No âmbito do desporto de alto nível, melhorar marcas, alcançar *recordes*, manter resultados elevados em competições, bem como conhecer e entender as características específicas dos atletas que se destacam, tem se tornado alvo de cientistas e treinadores de qualquer modalidade esportiva. Nesse sentido, identificar e compreender os mecanismos envolvidos em métodos e técnicas que estimulam a plasticidade neuromuscular pode favorecer a indicação destes para a melhora do desempenho esportivo.

A adaptação musculoesquelética diante de vários esportes vem sendo estudada há alguns anos. Para Wilmore e Costill (2001), o sucesso esportivo pode estar relacionado ao tipo de fibra muscular, onde atletas que possuem alta porcentagem de fibras de contração lenta podem apresentar maior desempenho em atividades de *endurance* prolongado, enquanto aqueles com predominância de fibras de contração rápida podem apresentar maior desempenho em atividades de explosão.

O tipo de atividade que um músculo realiza é, na maioria das vezes, revelado pelo perfil histoquímico dos seus tipos de fibras. Quando um músculo está envolvido com movimento rápido, apresenta ativação das fibras tipo IIB e IIA; em músculo antigravitacional, envolvido com a manutenção da postura estática e exercícios de longa duração há predomínio de fibras do tipo I.

A literatura científica tem apresentado importantes estudos sobre a adaptação morfofuncional dos músculos esqueléticos e é de extrema importância que o Fisioterapeuta entenda por que um grupo muscular se adapta a determinadas condições e quais as variáveis envolvidas nesse mecanismo.

A Fisioterapia utiliza técnicas e métodos de intervenção que visam o tratamento das disfunções e a melhora da capacidade funcional. Por ser uma ciência relativamente nova, com pouco mais de 30 anos, as pesquisas científicas na área tiveram início na última década, sendo a validação científica dos novos métodos e técnicas fundamental para avaliação e desenvolvimento de diferentes formas de intervenção.

Segundo a Sociedade Brasileira de RPG existe cerca de 8 mil fisioterapeutas com formação neste método em todo mundo. O Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO) regulamentou sete cursos de aprimoramento pelo método de RPG, o que reflete num número ainda maior de profissionais que utilizam esse recurso cinesioterapêutico, sem conhecer os efeitos fisiológicos desencadeados com a utilização deste método.

Abordar o indivíduo globalmente é o principal objetivo do método RPG, que trata os problemas músculo-articulares de forma global empregando posturas de alongamento muscular excêntrico por um período prolongado, com posicionamento simétrico durante todo o tempo de aplicação da postura (SOUCHARD, 1986).

Tendo em vista que o alongamento promovido pelo método de Reeducação Postural Global (RPG) é do tipo excêntrico, sendo esta a modalidade de contração que mais promove modificações estruturais musculoesqueléticas (FRIDÉN et al. 1983; SALVINI, 2000), surge a necessidade de investigar os efeitos do método de RPG, considerando que não há relatos na literatura científica sobre os benefícios de sua utilização no âmbito esportivo.

O método tem se mostrado eficaz na prática clínica, porém é necessário conhecer mais detalhadamente as modificações morfológicas, bioquímicas e funcionais que pode promover e investigar as posturas mais adequadas nas

diferentes modalidades esportivas e sua utilização criteriosa, para que se possa indicar a aplicação deste recurso terapêutico aos esportistas.

A investigação é uma necessidade constante ao desenvolvimento e muitas questões que envolvem este método ainda não foram elucidadas. No entanto, mesmo após 3 décadas de observações práticas e vários livros publicados pelo idealizador do método, pouco se conhece dentro de critérios científicos sobre seus mecanismos funcionais. Este estudo se propõe a contribuir para a compreensão dos efeitos desse método sobre as características fenotípicas do músculo gastrocnêmio lateral de atletas de basquetebol masculino e sobre a flexibilidade dos mesmos.

# 1 REVISÃO DA LITERATURA

## 1.1 Características Estruturais e Plasticidade do Músculo Esquelético

O músculo esquelético é formado por milhares de fibras contráteis individuais mantidas juntas por uma bainha de tecido conjuntivo. O endomísio é o tecido conjuntivo que recobre a célula muscular; o perimísio reveste um conjunto de fibras, o fascículo ou feixe muscular; e o epimísio envolve externamente os fascículos (FOSS; KETEYIAN, 2000).

Alberts et al. (1997), demonstram que as fibras longas e finas da musculatura esquelética são células gigantes formadas durante o desenvolvimento pela fusão de muitas células isoladas. Os elementos contráteis da célula muscular são as miofibrilas, que são estruturas cilíndricas com 1 a 2  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Cada miofibrila consiste de uma cadeia de unidades contráteis finas denominadas sarcômeros, cada um com 2,2  $\mu\text{m}$  de comprimento, o que confere o aspecto estriado às miofibrilas dos vertebrados. Em cada sarcômero pode ser observado, em maior aumento, uma série de bandas claras e escuras; uma linha densa no centro de cada banda clara separa um sarcômero do seguinte, sendo conhecida como linha "Z" ou disco "Z". Cada sarcômero compreende uma unidade altamente organizada de filamentos paralelos e parcialmente sobrepostos. Os filamentos finos, compostos por actina e proteínas associadas, estão ligados ao disco "Z" nas duas extremidades do sarcômero, estendendo-se até a sua parte mediana, onde se sobrepõem aos filamentos grossos de miosina, formados por isoformas específicas de miosina-II.

A miosina é uma proteína composta de cadeias pesadas e leves, a cadeia pesada é composta por uma família multigênica; no total 11 cadeias pesadas de

miosina (*Myosin Heavy Chain - MHC*) foram identificadas em uma fibra extrafusil adulta. A miosina é a parte essencial do mecanismo contrátil do músculo e contribui com diversos mecanismos funcionais nas fibras musculares (PETTE; STARON, 2000).

Estudos experimentais realizados nas décadas de 60 e 70 identificaram que o músculo aumentava seu comprimento por meio da adição de sarcômeros ao longo das fibras musculares (WILLIAMS; GOLDSPINK, 1971). Os mesmos autores em 1978 demonstraram que, enquanto a imobilização do músculo em posição de encurtamento provocava diminuição no número de sarcômeros e atrofia na fibra muscular, a imobilização em posição alongada levava à adição de sarcômeros em série com conseqüente ganho de peso e aumento da síntese protéica.

Estudos em coelhos após 6 dias de imobilização em posição de alongamento demonstraram: presença de hipertrofia; aumento no conteúdo total de *Insulin Growth Factor-I (IGF-I)*; e aumento no percentual de fibras que expressam miosina do tipo I e miosina neonatal (GOLDSPINK, 1998). O *IGF-I* é um fator de crescimento que apresenta 70 aminoácidos, sendo 48% homólogos à insulina. É sintetizado no fígado e provavelmente em outros tecidos, inclusive na fibra muscular, via ativação do *Growth Hormone (GH)*. Sua atuação no metabolismo celular envolve o aumento da síntese protéica e a diminuição da degradação protéica. Outra isoforma muscular identificada, denominada *Mechano Growth Factor (MGF)*, é expressada somente em músculos submetidos a aumento de tensão, como por exemplo, durante a realização de alongamento por contração excêntrica ou exercício contra-resistido intenso (YANG et al., 1996; GOLDSPINK, 1998). Foi demonstrado que o processo de hipertrofia muscular, decorrente do aumento da tensão muscular, é dependente do *MGF*, sendo este o responsável pela interação entre o sinal mecânico (carga ou

alongamento) e a regulação do crescimento muscular. Acredita-se que o *MGF* seja o principal fator que controla o crescimento e a reparação muscular esquelética e cardíaca (MINAMOTO; SALVINI, 2001).

O músculo esquelético é um tecido extremamente heterogêneo, composto por vários tipos de fibras. Essas fibras são consideradas estruturas dinâmicas com extraordinária capacidade de adaptação, sendo seu perfil fenotípico afetado em diversas condições: demanda funcional, condição física individual, estímulos mecânicos, componentes neurais, regulação hormonal e idade (PETTE; VRBOVÁ, 1986; GOLDSPINK, 1999a; PETTE; STARON, 2001).

Em certas condições essas mudanças podem induzir a modificação das *MHC* de lenta para rápida ou vice-versa, dependendo da demanda funcional. O aumento da atividade neuromuscular, carga mecânica e hipotireoidismo levam a uma mudança de rápida para lenta, contudo a redução da atividade neuromuscular, diminuição da carga mecânica e o hipertireoidismo provocam uma transição de lenta para rápida (PETTE; STARON, 2000).

Staron (1997) resumizou diversos estudos sobre o delineamento, desenvolvimento e distribuição dos tipos de fibras no músculo esquelético de humanos, apontando a existência de 7 tipos de fibras no músculo dos membros e tronco, baseado na estabilidade/labilidade do pH da adenosina trifosfatase miofibrilar (mATPase). O autor refere que na maioria dos músculos humanos, a mATPase baseado em tipos de fibras está relacionada ao conteúdo das cadeias pesadas de miosina (*MHC*). Desta forma, cada fibra histoquimicamente identificada apresenta um perfil específico de *MHC*.

Gollnick e Matoba (1984) citam que apesar de um determinado tipo de fibra ser predominante em certos músculos, todos apresentam uma mistura de tipos de

fibras que variam consideravelmente entre os diferentes músculos e entre indivíduos. Apontam que essa heterogeneidade permite ao músculo esquelético uma ampla variedade de capacidades funcionais e, conseqüentemente, um importante papel na performance atlética.

O recrutamento das unidades motoras depende do trabalho realizado. As fibras são recrutadas seletivamente durante o exercício. Fibras de contração lenta (tipo I) são caracterizadas por uma resposta contrátil lenta, são ricas em mioglobina e mitocôndrias, apresentam alta capacidade oxidativa e baixa capacidade anaeróbica e são recrutadas para atividades que requerem resistência à fadiga. Fibras de contração rápida (tipo IIB) são caracterizadas por resposta contrátil rápida, têm baixo conteúdo de mioglobina e poucas mitocôndrias, alta capacidade glicolítica e são recrutadas para atividades que requerem potência. As fibras IIA são consideradas fibras de contração rápida, porém, têm características do tipo I e do tipo IIB e são recrutadas tanto para atividade aeróbica como anaeróbica (KISNER; COLBY, 1998).

Acredita-se que a transição do padrão fenotípico segue uma seqüência lógica, da ordem de rápida para lenta ou lenta para rápida (I  $\leftrightarrow$  IIC  $\leftrightarrow$  IIA  $\leftrightarrow$  IIAB  $\leftrightarrow$  IIB) (SMERDU; ERZEN, 2001), contudo os mecanismos responsáveis por estas transições são variados e alguns são desconhecidos, sendo que várias hipóteses têm sido propostas (GOLDSPINK, 1999a; PETTE; STARON, 2001).

Wilmore e Costill (2001) demonstraram que a porcentagem de fibras de contração lenta do músculo gastrocnêmio de indivíduos sedentários é de 52%, sendo que a de contração rápida corresponde a 48%.

No músculo gastrocnêmio de triatletas a porcentagem média de fibras tipo I (de contração lenta) foi de 59% (FLYNN et al., 1987).

Em corredores de elite de longa distância, Costill, Fink e Pollock (1976) observaram 79% de fibras de contração lenta no músculo gastrocnêmio. Em contraste, corredores de curta distância (*sprint*), que dependem de velocidade e força, apresentaram cerca de 25% de fibras de contração lenta no mesmo músculo (WILMORE; COSTILL, 2001). Estes estudos demonstram a capacidade do músculo esquelético de se adaptar a demandas funcionais variadas.

A plasticidade muscular também foi observada por Campos et al. (2002), em estudo que comparou o efeito de três diferentes tipos de treinamento de *endurance* analisando o músculo vasto lateral. Participaram do estudo 32 voluntários do sexo masculino divididos em 4 grupos: grupo BR (baixa repetição), que realizou 3 a 5 repetições máximas em 4 séries com 3 minutos de repouso; grupo RI (repetição intermediária), que realizou 9 a 11 repetições máximas em 3 séries com 3 minutos de repouso; grupo AR (alta repetição), que executou 20 a 28 repetições máximas em 2 séries com 1 minuto de repouso entre as séries; e GC (grupo controle). Os exercícios foram realizados 2 dias/semana durante as 4 primeiras semanas e 3 dias/semana durante as 4 últimas. Amostras do tecido muscular foram coletadas antes e após o treinamento, sendo realizadas as análises histoquímica e bioquímica. Os três principais tipos de fibra muscular (tipo I, IIA, e IIB) sofreram hipertrofia nos grupos estimulados com exercício de BR e RI, enquanto no grupo AR e GC não foi observado aumento significativo. Outro resultado encontrado neste estudo foi que as fibras do tipo IIB diminuem em porcentagem com concomitante aumento nas fibras do tipo IIA nos três diferentes tipos de treinamento. Essa mudança fenotípica foi acompanhada pela bioquímica, onde verificou-se um significativo decréscimo na MHC IIB e um aumento significativo na MHC IIA e não foi observada nenhuma mudança significativa no grupo controle.

Hostler et al. (2001), analisaram a transição fenotípica do músculo vasto lateral de jovens do sexo masculino (n=10) e feminino (n=13), após treinamento de resistência elástica durante 8 semanas (primeiras 5 semanas – 2x/semana e três últimas – 3x/semana). Seis tipos de fibras musculares foram classificadas usando a técnica histoquímica mATPase (I, IC, IIC, IIA, IIAB e IIB). Os autores encontraram um aumento significativo das fibras do tipo IIAB em ambos os sexos. Nas fibras do tipo IIB houve uma diminuição significativa apenas no grupo masculino (28,7% para 17,6%), demonstrando que o treinamento de *endurance* provoca modificações do padrão fenotípico do músculo esquelético.

Para Salvini (2000), os estudos que tiveram por objetivo compreender o mecanismo de desenvolvimento e adaptação do músculo esquelético permitiram algumas importantes conclusões: o músculo adapta-se a alterações em seu comprimento por meio da regulação do número de sarcômeros em série; a posição (encurtada ou alongada) em que o músculo é mantido é fator determinante na regulação do número de sarcômeros em série (diminuindo ou aumentando, respectivamente); embora a adaptação das fibras musculares ocorra tanto em posição de encurtamento como de alongamento, a resposta em relação ao número de sarcômeros em série é mais intensa na posição encurtada (redução de 40%) do que na posição alongada (aumento de 20%); o grau de atrofia muscular observado durante a imobilização depende da posição de imobilização e é maior no grupo encurtado; a posição de alongamento, além de impedir o encurtamento e a atrofia muscular, ativa a síntese protéica e a adição de sarcômeros em série.

## 1.2 Determinação dos Tipos de Fibras Musculares em Humanos

Harridge et al. (1996) citam três diferentes tipos de fibras denominadas “puras”: tipo I (contração lenta) e tipo IIA e IIB (contração rápida). Essas fibras diferem entre si em porcentagem, em tempo de contração, resistência à fadiga e velocidade de contração. Suas características funcionais se modificam dependendo do músculo analisado.

Um dos mais conhecidos métodos para delineamento dos tipos de fibras é a técnica histoquímica de mATPase, utilizando diferentes pHs. Desta maneira é possível delinear os tipos e subtipos de fibras musculares do tronco e membros de humanos, definidos como: tipo I, IC, IIC, IIAC, IIA, IIAB e IIB (STARON, 1997).

Métodos como mATPase, imunohistoquímica e eletroforese para determinar as isoformas de *MHC*, revelaram a existência de tipos de fibras “puras” e fibras “híbridas”. As fibras puras contêm apenas uma isoforma de *MHC*, sendo que as fibras híbridas contêm duas ou mais isoformas de *MHC* (PETTE; STARON, 2001).

Smerdu e Erzen (2001) relataram que em músculos esqueléticos de humanos adultos as fibras do tipo IIB, devido à característica da expressão de *MHC*, são denominadas IIX, sendo que as fibras do tipo IIB no humano correspondem a IIX/IID no rato.

## 1.3 Diferentes Tipos de Contração Muscular

A contração muscular pode ser isotônica ou isométrica. Numa ação concêntrica, os filamentos de actina são puxados e aproximados uns dos outros e isso produz o movimento articular. Assim, ações concêntricas são consideradas dinâmicas. Os músculos também podem atuar sem que haja movimento e quando isso ocorre, o músculo gera força, porém o seu comprimento permanece inalterado.

Caracteriza-se assim a ação estática ou isométrica porque não ocorre alteração do ângulo articular. A contração excêntrica também é considerada dinâmica, pois ocorre movimento articular, porém os músculos exercem força mesmo quando em posição de alongamento. Nesse caso os filamentos de actina se distanciam uns dos outros, provocando o alongamento do sarcômero (WILMORE; COSTILL, 2001).

A contração excêntrica resulta em aumento do número de sarcômeros em série e em paralelo, aumento da flexibilidade muscular, aumento da amplitude de movimento e hipertrofia muscular (SALVINI, 2000).

Considerando a possibilidade de lesão muscular causada pela contração excêntrica, Lieber (1992) relatou que após um período intenso de contração excêntrica, a dor estará presente no máximo cerca de 24 a 48 horas depois da atividade, porém esta é uma variável subjetiva de análise da lesão por contração excêntrica. O mesmo autor relatou que este fenômeno é considerado um sinal tardio da lesão muscular, estando unicamente relacionado à contração excêntrica e não ao exercício em si. Considera ainda, que um dos parâmetros que caracterizam a resposta ao exercício excêntrico é o nível circulante de *Creatine kinase (CK)*, uma enzima encontrada nas fibras musculares em condições normais, porém quando o exercício é extremamente intenso, as células se rompem e esta enzima é liberada na corrente sanguínea onde pode ser detectada, servindo como uma medida indireta da integridade miofibrilar.

Evans et al. (1985), mensuraram os níveis de *CK* em estudantes universitários durante exercício excêntrico intenso e observaram uma elevação rápida nos primeiros dias, atingindo seu ponto máximo no 5º dia e permanecendo elevados por muitos dias após este acontecimento. Observou também que em indivíduos treinados previamente ao exercício excêntrico a magnitude e a duração

de *CK* circulante foram atenuadas fortemente. Estes dados sugerem um melhor desempenho muscular, demonstrando que o treinamento prévio tem um efeito protetor em relação ao músculo esquelético.

Recentemente foi relatado que não existe uma correlação significativa entre os níveis de *CK* e a função muscular após exercício excêntrico, sendo inseguro definir que o aumento dos níveis de *CK* circulante poderia ser resultante de lesão muscular, contudo este estudo foi realizado em coelhos e a ativação neural de humanos é qualitativamente diferente, sendo importante aprofundar estudos no modelo humano (FRIDÉN; LIEBER, 2001).

Newham et al. (1983) compararam os efeitos de 20 minutos de treinamento de contração excêntrica utilizando um “*step*”, 4 indivíduos participaram do estudo e foram coletadas biópsias do músculo quadríceps antes e após o treinamento excêntrico. Após os exercícios excêntricos os voluntários relataram dor muscular, além de ter sido observado uma desorganização na banda Z e dano local nos sarcômeros.

No que se refere ao aumento da força muscular após contração excêntrica, o estudo de Jones e Rutherford (1987) comparou os efeitos de um treinamento de 12 semanas com dois grupos de 6 voluntários. Um grupo realizou um protocolo de exercício de contração isométrica no quadríceps de uma coxa enquanto a outra servia como controle; outro grupo executou contração isotônica concêntrica em uma das coxas e a outra realizou contração isotônica excêntrica. Houve aumento de 11% da força na coxa que realizou a contração concêntrica e aumento de 15% na coxa treinada com a contração excêntrica. No grupo que realizou contração isométrica e no grupo controle não foi observado diferença significativa.

Fridén et al. (1983) relataram um aumento de 375% na capacidade de força após treinamento com exercício excêntrico prolongado. No entanto, observou-se destruição dos sarcômeros em várias amostras coletadas após 8 semanas do treinamento, o que indica lesão muscular induzida pelo exercício excêntrico.

Fridén (1984) relata que diversas mudanças da arquitetura miofibrilar constantemente são observadas após longo período de treinamento excêntrico (8 semanas), essas mudanças incluem desorganização e destruição da banda Z e aumento do comprimento do sarcômero em fibras do tipo II (contração rápida).

Souchard (1996) sugere que os preparadores físicos e Fisioterapeutas desportivos deveriam substituir os exercícios concêntricos realizados no treinamento físico preparatório por modalidades excêntricas de treinamento de forma global, o que seria uma revolução no treinamento desportivo.

#### **1.4 O Método de Reeducação Postural Global (RPG)**

O Método de Reeducação Postural Global (RPG) surgiu na década de 1970, em St. Mont (França), com Philippe Souchard, que partiu das considerações feitas por Françoise Mézières em 1947 (CITTONI, 1999).

O método de RPG utiliza posturas de alongamento excêntrico em cadeia e parte dos seguintes princípios básicos: os músculos estáticos posteriores que formam um conjunto de músculos antigravitacionais devem ser alongados; deve-se evitar o bloqueio diafragmático em inspiração; deve-se evitar igualmente a rotação medial dos membros, enquanto se corrigem as curvaturas vertebrais. Isso permite uma postura alinhada e melhora da capacidade funcional (SOUCHARD, 1988). Para o autor todo comportamento patológico é estritamente pessoal, portanto cada

tratamento deve ser individual e personalizado (individualidade); todo tratamento deve remontar às causas da lesão dado que os sintomas, na maior parte das vezes, surgem distantes das causas e com algum retardo (causalidade) e todo tratamento deve ser o mais abrangente possível, para poder ser global (globalidade).

Souchard (1996), considera que o homem apresenta dois “tipos” de músculos: o estático, muito tônico e considerado antigravitacional, que permite a posição ereta; e o dinâmico, pouco tônico e responsável pelos movimentos de grande amplitude. Os músculos inspiratórios, por exemplo, são estáticos e em caso de encurtamento, “bloqueiam” o tórax (apnéia inspiratória), limitando a expiração e, conseqüentemente, a ventilação. Desta forma, o método utiliza posturas que promovem alongamento dos músculos em cadeias. Toda atividade e em particular a desportiva, exercita de maneira indiferenciada os músculos estáticos e os dinâmicos e isto acarreta alguns efeitos positivos sobre os dinâmicos que têm uma tonicidade menor, porém acentua a tonicidade e a rigidez dos músculos estáticos.

O método de RPG considera o sistema muscular de forma integrada, organizando os músculos em cadeias musculares e baseando-se no alongamento de músculos encurtados. Esse método possibilita ao Fisioterapeuta a avaliação global e correta do real comprometimento do indivíduo, propondo uma atuação fisioterapêutica mais eficaz, que trata as causas e as conseqüências (MARQUES, 2000).

Os músculos da estática podem ser agrupados em um conjunto comumente chamado de cadeia muscular. Desta forma foram denominadas 7 cadeias musculares no corpo humano: (1) Cadeia Mestra Posterior, que compreende os músculos próprios do dorso, ísquiotibiais, poplíteo, tríceps sural e plantares; (2) Cadeia Mestra Anterior, se apresenta pelo sistema suspensor do diafragma e das

vísceras, músculos esternocleidomastóideo, longo do pescoço, escalenos, os pilares do diafragma, iliopsoas, fáscia ilíaca, adutores pubianos e tibial anterior; (3) Cadeia Inspiratória, compreendendo os músculos diafragma, esternocleidomastóideo, escalenos, intercostais, próprios do dorso, peitoral maior e menor; (4) Cadeia Ântero-Interna do Ombro, composta pelos músculos coracobraquial, subescapular e o peitoral maior parte clavicular; (5) Cadeia Ântero-Interna do Quadril, constituída pelos músculos iliopsoas e a fáscia ilíaca, além dos adutores do quadril; (6) Cadeia Superior do Ombro, formada pelos músculos trapézio parte descendente, deltóide parte acromial e peitoral menor; e (7) Cadeia Anterior do Braço, composta pelos músculos coracobraquial, bíceps braquial, braquial, supinador, todos os músculos anteriores do antebraço, como também aqueles da região hipotenar e tenar (SOUCHARD, 1986).

São 5 as posturas de RPG e elas variam de posicionamento, dependendo da cadeia que se pretende alongar. Duas variações angulares estabelecem a cadeia que será alongada: 1) abertura do ângulo do quadril – posturas “em pé no meio” e “rã no chão” que proporcionam o alongamento da cadeia anterior e inspiratória; 2) fechamento do ângulo do quadril – posturas “rã no ar”, “sentada” e “em pé com inclinação anterior”, que atuam principalmente para alongamento da cadeia posterior e inspiratória. Tais variações angulares do quadril podem ser realizadas com ou sem carga (MARQUES, 2000).

As posturas de RPG podem ser utilizadas tanto em cadeia cinética aberta quanto fechada.

Exercício de cadeia cinética aberta refere-se ao movimento que ocorre livremente no espaço e podem ser realizados de modo dinâmico (concêntrico ou excêntrico) ou isométrico. Exercício em cadeia cinética fechada refere-se ao

movimento que ocorre quando o corpo se move sobre um segmento distal fixo e envolve ação muscular concêntrica, excêntrica ou isométrica (KISNER; COLBY, 1998).

## **1.5 Alongamento Muscular**

Na prática clínica utiliza-se diversas formas de alongamento muscular. O alongamento estático, consiste em sustentar a posição de alongamento num ponto tolerável por um período de tempo; é o mais utilizado e apresenta o menor risco de lesão (ALTER, 1996).

O alongamento global consiste em manter o corpo em uma determinada postura que coloque em tensão um conjunto de músculos, as cadeias musculares. Este tipo de alongamento tem outra particularidade em relação aos demais; o tempo de permanência em alongamento é prolongado, acima de 20 minutos, contudo a literatura científica nada relata sobre os efeitos fisiológicos dessa modalidade de alongamento (ROSÁRIO; MARQUES; MALUF, 2004).

A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), envolve a mesma técnica do alongamento estático, no entanto utiliza contrações isométricas breves antecedendo o alongamento. A FNP procura facilitar o órgão neurotendíneo de Golgi (ONG) a inibir os músculos nos quais se situa e usa o princípio da inibição recíproca. Essa técnica promove resultados mais satisfatórios que o alongamento estático puro (SADY; WORTMAN; BLANKE, 1982; SHRIER; GOSSAL, 2000).

Uma preocupação comum quando se discute as questões fisiológicas que envolvem o alongamento muscular é o tempo de manutenção de tensão. Bandy, Irion e Briggler (1997), relataram os resultados de diversos tempos de manutenção

da tensão ao alongamento em vários grupos de indivíduos submetidos ao alongamento dos músculos isquiotibiais, (5 vezes por semana, durante 6 semanas). Os grupos analisados foram: (a) alongamento de 1 min. 1 vez por dia; (b) 1 min. 3 vezes por dia; (c) 30 seg. 1 vez por dia; (d) 30 seg. 3 vezes por dia e (e) grupo controle. Eles observaram que a flexibilidade aumentou significativamente em todos os grupos que tiveram a prática do alongamento, porém não foi observado diferença estatisticamente significativa entre os diferentes grupos.

Williams (1988), observou os efeitos do alongamento estático no músculo sóleo de ratos imobilizados em posição de encurtamento. Os ratos foram divididos em dois grupos de 5 animais. Um grupo ficou durante 10 dias com uma tala imobilizando o músculo durante todo o período experimental, sendo que o outro grupo foi imobilizado da mesma maneira, porém, a cada dois dias era submetido a 15 minutos de alongamento estático. Concluiu que o número de sarcômeros ficou consideravelmente reduzido em ambos os grupos, no grupo alongamento a composição do tecido conjuntivo se manteve em condições normais, porém não preveniu a redução em comprimento da fibra muscular, resultando em perda considerável da flexibilidade.

Williams (1990), observou os efeitos do alongamento estático diário prolongado no músculo sóleo imobilizado em posição de encurtamento durante 2 semanas em seis grupos de ratos. Os ratos foram divididos em grupo controle (somente imobilização), grupo controle (sem intervenção), Grupo alongamento (15 min.), grupo alongamento (30 min.), grupo alongamento (1 hora) e grupo alongamento (2 horas). Como resultados observou que no grupo imobilizado houve significativa diminuição da amplitude de movimento e diminuição do número de sarcômeros em série, sendo que nos grupos que realizaram alongamento de 30

minutos ou mais preveniram a perda de sarcômeros em série e a diminuição da amplitude de movimento.

Rosário, Marques e Maluf (2004) delinearam, em revisão sistemática, artigos que relatam sobre alongamento muscular, entre eles o alongamento por contração excêntrica e o alongamento global. Os autores observaram inúmeras publicações sobre o referido tema, porém há poucos estudos conclusivos e muita discordância entre pesquisadores. Nessa revisão, concluíram que “a falta de variáveis seguras para um tipo de exercício tão usado no esporte e na reabilitação é alarmante”, havendo a necessidade de mais pesquisas que assegurem com maior clareza os efeitos dos vários tipos de alongamento em seus diversos tempos de manutenção de tensão.

## **1.6 Plasticidade Neuromuscular**

O controle postural exige uma interação complexa entre os sistemas músculo-esquelético e neural. No sistema músculoesquelético estão envolvidos elementos como: amplitude de movimento, flexibilidade, propriedades musculares e relações biomecânicas entre os segmentos corpóreos. Os componentes neurais envolvidos são: processos motores, incluindo sinergias da resposta muscular e os processos sensoriais, abrangendo os sistemas visual, vestibular e sômato-sensitivo. Diversos fatores contribuem para o controle da postura estática. O sistema nervoso central organiza as informações dos receptores sensoriais de todo o corpo antes que possa determinar a posição do corpo no espaço. Normalmente as informações periféricas dos sistemas visual, somato-sensitivo (proprioceptivo, cutâneo e receptores articulares) e vestibular estão disponíveis para detectar o movimento e posição do

corpo no espaço em relação à gravidade e ao ambiente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

O aparelho vestibular é um órgão proprioceptivo que tem papel na orientação espacial e na percepção dos movimentos realizados, sendo excitado pela gravidade e aceleração linear e angular (LUNDY-EKMAN, 2000).

A via auditiva é muito difusa e alguns ramos colaterais fazem conexão direta com o sistema reticular ativador e com o cerebelo (UMPHRED, 1994).

Os órgãos sensoriais do músculo são o fuso neuromuscular e órgãos neurotendíneos de Golgi (ONG). O fuso neuromuscular está situado entre as fibras musculares esqueléticas e consiste de: fibras musculares, terminações sensoriais e terminações motoras. As terminações sensoriais do fuso respondem ao estiramento, ou seja, às variações do comprimento muscular e da velocidade com que ocorrem essas variações (LUNDY-EKMAN, 2000; WILMORE; COSTILL, 2001). Os órgãos neurotendíneos de Golgi, estão situados no interior do fascículo do tendão, próximos à junção musculotendinosa e transportam informações sobre a força da contração. Foi demonstrado que o ONG é mais sensível a forças ativas (contração muscular) do que a forças passivas (alongamento passivo). O principal papel do ONG consiste em fornecer informações sobre alteração dinâmicas da força durante a contração muscular sendo que contrações musculares dinâmicas exercerão maior influência na velocidade de disparo do órgão neurotendíneo de Golgi do que contrações estáticas (LEDERMAN, 2001).

As informações que chegam à medula espinhal pelos neurônios sensoriais associados aos fusos neuromusculares não terminam simplesmente neste nível. Os impulsos também são enviados às partes superiores do Sistema Nervoso Central, fornecendo informações ao encéfalo sobre o comprimento exato e o estado contrátil

do músculo, assim como a velocidade com que esses estados estão mudando. Essas informações são essenciais para a manutenção do tônus muscular e da postura e para a execução de movimentos, porém, antes que o encéfalo possa responder ao estímulo, ele tem que interpretar o que o músculo está fazendo (WILMORE; COSTILL, 2001).

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste estudo foi investigar a influência da contração excêntrica promovida pela postura “em pé com inclinação anterior” do método de RPG sobre o perfil fenotípico do músculo gastrocnêmio lateral e a flexibilidade de atletas de basquetebol masculino.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido com base na Resolução 196/96, do CNS, tendo obtido aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba, protocolo nº77/02 (Anexo 1).

Os voluntários foram convidados verbalmente a participar do estudo e, aos interessados, fez-se um esclarecimento sobre os detalhes de seu desenvolvimento, bem como informações sobre riscos e benefícios que constam no termo de consentimento livre e esclarecido (Anexos 2 e 3).

#### **3.1 Delineamento do Estudo**

Foram incluídos no estudo atletas de basquetebol masculino com idade entre 18 e 35 anos, das equipes de Maringá-PR e Assis-SP, que participaram de avaliação clínica prévia. Foram excluídos aqueles que já haviam realizado trabalho prévio de alongamento pelo método de RPG. Como critério de descontinuação, considerou-se os voluntários que faltaram 2 vezes ou mais às sessões de intervenção e aqueles que referissem dor durante o período considerado para o estudo.

#### **3.2 Sujeitos da Pesquisa**

Participaram deste estudo 12 atletas de basquetebol masculino com idade média de  $21,3 \pm 3,7$  anos conforme demonstrado na Tabela 1, divididos em 2 grupos (n=6): Grupo Controle (GC), constituído por atletas da equipe de Assis-SP e Grupo Experimento (GE), constituído por atletas da equipe de Maringá - PR.

A partir de acordo prévio entre os técnicos de ambas as equipes, foi aplicado o mesmo padrão de treinamento durante a fase experimental do projeto, para evitar possíveis influências no resultado.

Tabela 1 - Caracterização dos Sujeitos envolvidos na Pesquisa (n =12).

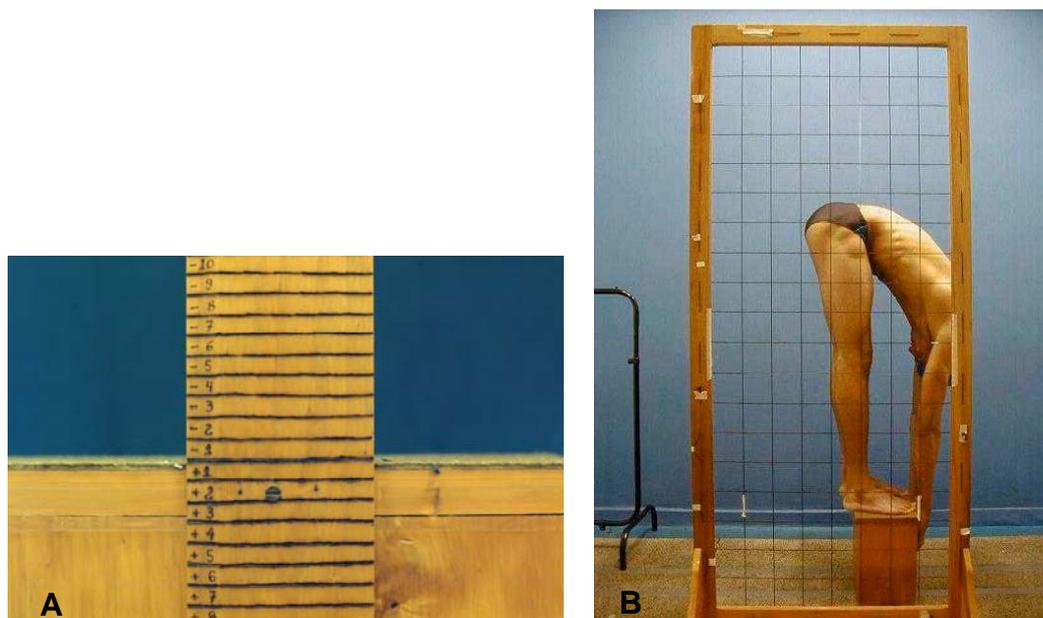
Grupo	Sujeitos	Idade (anos)	Peso (Kg)	Altura (m)	IMC* (Kg/m <sup>2</sup> )
GC	1	18	86,0	1,9	23,82
GC	2	19	80,0	2,07	18,67
GC	3	22	79,0	1,86	22,83
GC	4	19	76,1	1,91	20,86
GC	5	22	101,7	1,97	26,20
GC	6	28	77,1	1,79	24,06
GE	7	18	80,0	1,82	24,15
GE	8	28	114,0	1,96	29,67
GE	9	21	87,5	2	21,87
GE	10	24	70,8	1,77	22,59
GE	11	19	78,7	1,8	24,29
GE	12	18	71,0	1,88	20,08
	Média	21,3	83,5	1,9	23,25
	DP**	3,7	12,7	0,1	2,88

\* IMC: Índice de Massa Corporal

\*\* DP: Desvio Padrão

### 3.3 Avaliação da Flexibilidade

Para avaliar a flexibilidade da cadeia posterior foi utilizado um dispositivo composto de uma caixa de madeira em forma de retângulo com uma régua de madeira em centímetros disposta no centro dessa caixa, denominado Banco de Wells (Figura 1 - A). O indivíduo se posicionava em pé sobre o Banco de Wells com seus pés posicionados lateralmente à régua e era solicitado a realizar uma flexão do tronco com os joelhos em extensão e com os membros superiores acompanhando o movimento, como se as mãos tentassem tocar a ponta dos pés ou ultrapassá-los orientando os dedos das mãos em direção à régua (Figura 1 - B). Para avaliar a flexibilidade neste estudo, foi solicitado que o atleta realizasse três vezes o procedimento, sendo que na terceira tentativa foi anotado o valor, em centímetros, obtido na primeira avaliação e na reavaliação.



**Figura 1-** Detalhe da régua posicionada no centro do Banco de Wells para quantificação da flexibilidade (em cm) (A), e teste de Flexibilidade no Banco de Wells (B).

### 3.4 Biópsia Muscular

O procedimento para coleta da biópsia muscular foi realizado por médico vinculado à Faculdade de Ciências da Saúde da UNIMEP.

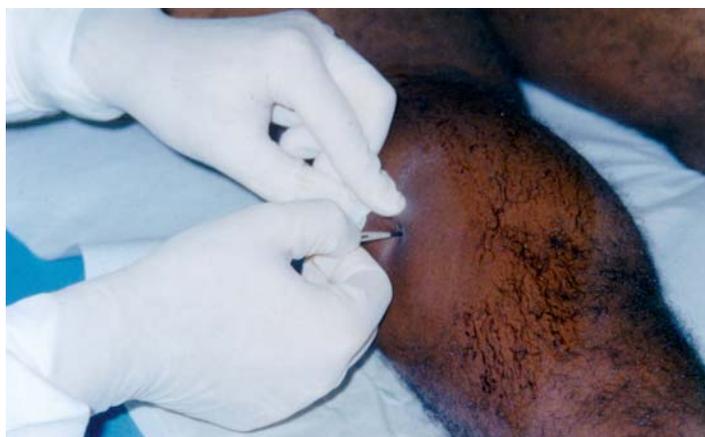
O músculo gastrocnêmio lateral foi escolhido por fazer parte da cadeia mestra posterior, submetida ao alongamento dentro da postura utilizada; por ser superficial e de fácil acesso cirúrgico; e por sua ação fundamental durante o jogo de basquetebol, especialmente na marcação e impulsão.

A biópsia muscular foi obtida com agulhas de *Bergström*, com 15,4 cm de comprimento e calibre de 0,4 cm (Figura 2), antes e após o período determinado para o estudo, nos dois grupos. As agulhas foram esterilizadas em autoclave Fabbe® modelo 102 e a coleta da biópsia realizada no Laboratório de Plasticidade Neuromuscular da FACIS-UNIMEP “Campus Taquaral”.



**Figura 2-** (A) componentes da agulha de *Bergström* (1,2,3), utilizada para coleta das biópsias musculares e (B) detalhe da agulha mostrando a “janela”(\*) onde o músculo era pressionado para que o segundo componente da agulha pudesse seccioná-lo.

Inicialmente, procedeu-se a tricotomia de uma área de aproximadamente 7 cm de diâmetro na região pósterolateral da perna de impulsão, abrangendo o terço médio do ventre do músculo gastrocnêmio lateral. A localização do ventre muscular se fez a partir de solicitação de flexão plantar resistida. A seguir, realizou-se assepsia e bloqueio anestésico local com injeção subcutânea de 3ml de Xylestesin<sup>®</sup> (cloridrato de lidocaína a 2%) sem vasoconstritor. Em condições estéreis, fez-se uma incisão da pele com bisturi sobre o ventre do músculo gastrocnêmio lateral paralelamente às fibras musculares (Figura 3).

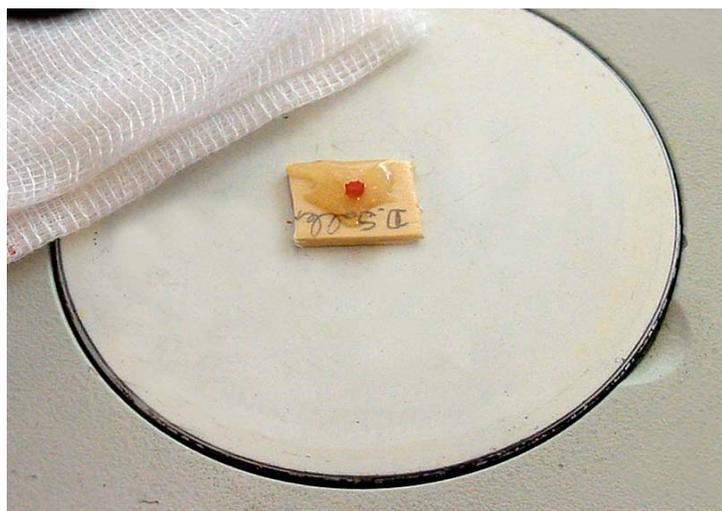


**Figura 3 -** Incisão com bisturi sobre o ventre do músculo gastrocnêmio lateral.

Em seguida, o primeiro componente da agulha foi introduzido, seguido do segundo componente (Figura 4), que realizou a secção do músculo para a retirada de um fragmento de aproximadamente 60 a 100 mg. O fragmento muscular coletado foi imediatamente posicionado em bloco de madeira com *tragacanth gum* (Figura 5), e congelado em isopentano resfriado em nitrogênio líquido a  $-159^{\circ}\text{C}$  (Figura 6), sendo posteriormente armazenado em *biofreezer* a  $-74^{\circ}\text{C}$ , para posterior microtomia.



**Figura 4** - Introdução da agulha de *Bergström* para retirada do fragmento muscular.



**Figura 5** - Fragmento muscular posicionado em *Tragacanth gum*.



**Figura 6** - Recipiente com isopentano (\*) resfriado em nitrogênio líquido.

Após a coleta da biópsia, o local da incisão (de aproximadamente 1 cm) foi protegido por curativo simples com gase e micropore®. No dia seguinte os voluntários realizaram suas atividades normalmente, seguindo apenas as orientações quanto aos cuidados com o local da incisão.

Após 72 horas da coleta da biópsia muscular, todos os voluntários retomaram a rotina de treinamento e os participantes do GE foram submetidos ao programa de intervenção.

Ao término do período de intervenção (72 horas após) realizou-se novamente o teste de flexibilidade e a biópsia muscular.

### **3.5 Protocolo de Intervenção**

Os participantes do GE realizaram 20 sessões individuais do método de RPG, com frequência de 2 vezes/semana e duração de 40 minutos ativos em postura de

alongamento (Figuras 7, 8 e 9). A duração de 40 minutos ativos de alongamento se refere ao tempo total que o voluntário permaneceu na postura, sem os intervalos, sendo que cada intervalo teve duração média de 1 minuto. Os dias e horários das sessões foram agendados de acordo com a disponibilidade de cada voluntário, sempre respeitando um intervalo mínimo de 2 dias entre cada sessão. A intervenção foi realizada durante dois meses e meio, sempre antes do treinamento esportivo e foi aplicada por Fisioterapeuta com formação no método.

### **3.6 Descrição da Postura**

A opção pela postura “em pé com inclinação anterior” (SOUCHARD, 1988) foi devida à sua ação sobre a cadeia mestra posterior e por ser uma postura em fechamento do ângulo do quadril em cadeia cinética fechada.

Inicialmente, o voluntário se posicionou em semi-flexão do quadril e joelhos, realizando discreta rotação lateral do quadril. O tronco foi mantido alinhado em crescimento axial, dando ênfase na expiração profunda. Os membros superiores eram posicionados paralelamente ao tronco, em rotação lateral, com a articulação úmero-ulnar em extensão, o punho em posição neutra e os dedos estendidos e aduzidos (Figura 7).

O terapeuta forneceu um apoio na região occipital e, através de comandos verbais e contatos manuais, orientou a respiração e o alongamento das cadeias: mestra posterior, ântero-interna do ombro, anterior do braço e cadeia inspiratória; a correção das curvaturas vertebrais e realizou a gradativa inclinação anterior do tronco, visando a contração excêntrica das cadeias musculares acima descritas.



**Figura 7** - Momento inicial da postura “em pé com inclinação anterior”.



**Figura 8** - Momento intermediário da postura “em pé com inclinação anterior”.

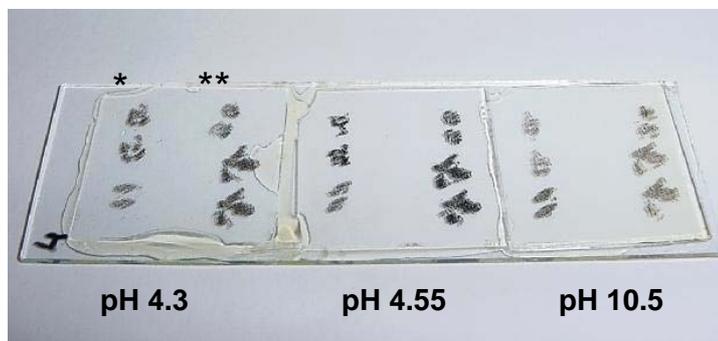


**Figura 9** - Posição final da postura “em pé com inclinação anterior”.

### **3.7 Determinação dos Tipos de Fibras**

A microtomia do fragmento muscular em criostato MICRON HM 505E, a  $-24^{\circ}\text{C}$  permitiu a obtenção de cortes de  $12\ \mu\text{m}$  de espessura, que foram armazenados em cubetas especiais e mantidos em *biofreezer* a  $-74^{\circ}\text{C}$ . Em seguida, todos os cortes foram submetidos à reação histoquímica simultaneamente (Figura 10). Os principais tipos e sub tipos de fibras foram delineados utilizando-se a técnica de mATPase de acordo com Staron (1997), após pré incubações em pH de 4.3, 4.55 e 10.5 (GUTH; SAMAHA, 1970). Foram feitas em microscópio trinocular OLYMPUS através do programa CAMEDIA MASTER, fotomontagens de todo o corte obtido no pH 4.55 em todas as lâminas que, em combinação com os cortes em pHs de 4.3 e 10.5,

permitiram a determinação do número e porcentagem de cada um dos tipos de fibras.



**Figura 10** - Posicionamento dos cortes em lamínulas montadas em lâmina de vidro, nos diferentes pHs. (\*) amostra da 1ª coleta; (\*\*) amostra da 2ª coleta.

### 3.8 Análise Estatística

Os dados foram processados no programa estatístico *Statgraphics-plus 5.1*. A comparação entre o grupo controle e o grupo experimento foi realizada através do teste *Mann-Whitney*. A comparação dentro do grupo experimental nas situações pré e pós intervenção, foi realizada através do teste das Ordens Assinaladas (*Rank*).

O teste *t* de *student* para amostras pareadas foi aplicado para comparar a flexibilidade antes e após o período de intervenção nos grupos experimental e controle.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Fenótipo Muscular

Não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) na porcentagem média de fibras em ambos grupos após o período de intervenção.

As porcentagens médias dos diferentes tipos de fibras musculares estão demonstradas na Tabela 2. As Tabelas 3, 4, 5 e 6 demonstram os valores individuais dos atletas dos dois grupos, em porcentagem de fibras musculares identificadas.

**Tabela 2** - Porcentagem média dos tipos de fibras antes (pré) e após (pós) intervenção pelo método de RPG, nos grupos controle (GC) e experimental (GE) ( $p > 0,05$ ;  $n = 6$ ).

Tipos de fibras	% fibras pré (GE)	% fibras pós (GE)	% fibras pré (GC)	% fibras pós (GC)
IC	1,01 ( $\pm 0,80$ )	0,55 ( $\pm 0,24$ )	0,47 ( $\pm 0,32$ )	0,50 ( $\pm 0,35$ )
IIC	0,15 ( $\pm 0,20$ )	0,19 ( $\pm 0,16$ )	0,34 ( $\pm 0,37$ )	0,17 ( $\pm 0,18$ )
I	55,84 ( $\pm 14,98$ )	54,47 ( $\pm 10,21$ )	59,91 ( $\pm 11,50$ )	58,91 ( $\pm 12,41$ )
IIA	41,69 ( $\pm 15,13$ )	43,87 ( $\pm 9,19$ )	38,35 ( $\pm 10,73$ )	39,27 ( $\pm 13,18$ )
IIB	0,28 ( $\pm 0,22$ )	0,08 ( $\pm 0,16$ )	0,17 ( $\pm 0,23$ )	0,18 ( $\pm 0,26$ )
IIAB	1,50 ( $\pm 1,15$ )	0,91 ( $\pm 1,40$ )	0,90 ( $\pm 0,86$ )	0,94 ( $\pm 1,01$ )

**Tabela 3** - Porcentagem de tipos de fibras do gastrocnêmio lateral de cada sujeito avaliado no grupo controle (GC) no início do estudo (pré) ( $p > 0,05$ ;  $n = 6$ ).

Grupo	Sujeitos	I	IC	IIC	IIA	IIAB	IIB
GC - Pré	1	68,17	0,18	0	30,19	1,44	0
	2	69,04	0,56	0,18	30,10	0,09	0
	3	54,25	0,56	0,94	41,39	2,26	0,56
	4	72,91	0	0	27,08	0	0
	5	48,69	0,86	0	49,68	0,62	0,12
	6	46,38	0,65	0	51,64	0,98	0,32
média		<b>59,90</b>	0,46	0,18	<b>38,34</b>	0,89	0,16
SD		11,50	0,31	0,37	10,73	0,85	0,22

**Tabela 4** - Porcentagem de tipos de fibras do gastrocnêmio lateral de cada sujeito avaliado no grupo controle (GC) ao término do estudo (pós) ( $p > 0,05$ ;  $n = 6$ ).

Grupo	Sujeitos	I	IC	IIC	IIA	IIAB	IIB
GC -Pós	1	67,52	0	0	31,05	1,41	0
	2	56,55	0,93	0,53	41,57	0,40	0
	3	63,29	0,83	0,08	32,59	2,71	0,49
	4	74,75	0,55	0,13	23,01	0,97	0,55
	5	51,60	0,45	0,15	47,78	0	0
	6	39,75	0,22	0,15	59,63	0,15	0,07
<b>média</b>		<b>58,91</b>	0,50	0,17	<b>39,27</b>	0,94	0,18
<b>SD</b>		12,41	0,35	0,18	13,18	1,01	0,26

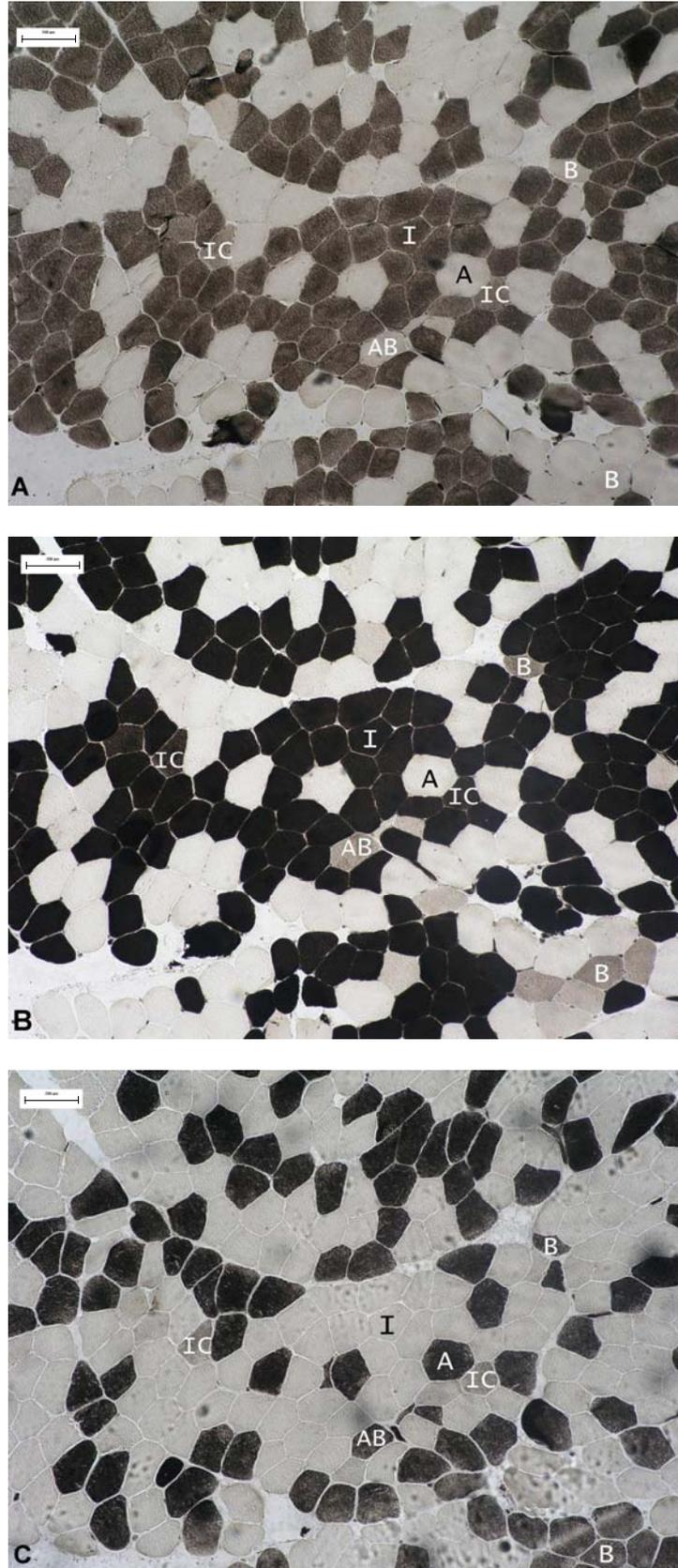
**Tabela 5** - Porcentagem de tipos de fibras do gastrocnêmio lateral de cada sujeito avaliado no grupo experimento (GE) antes da intervenção (pré) ( $p > 0,05$ ;  $n = 6$ ).

Grupo	Sujeitos	I	IC	IIC	IIA	IIAB	IIB
GE - Pré	1	69,48	0,49	0	29,68	0,16	0,16
	2	49,38	1,64	0,41	48,14	0	0,41
	3	36,42	1,26	0,42	59,07	2,25	0,56
	4	45,68	0,19	0,09	53,12	0,89	0
	5	58,01	0,29	0	41,39	0,29	0
	6	76,08	2,17	0	18,75	2,71	0,27
<b>média</b>		<b>55,84</b>	1,01	0,15	<b>41,69</b>	1,05	0,23
<b>SD</b>		14,98	0,80	0,20	15,13	1,15	0,22

**Tabela 6** - Porcentagem de tipos de fibras do gastrocnêmio lateral de cada sujeito avaliado no grupo experimento (GE) após intervenção (pós) ( $p > 0,05$ ;  $n = 6$ ).

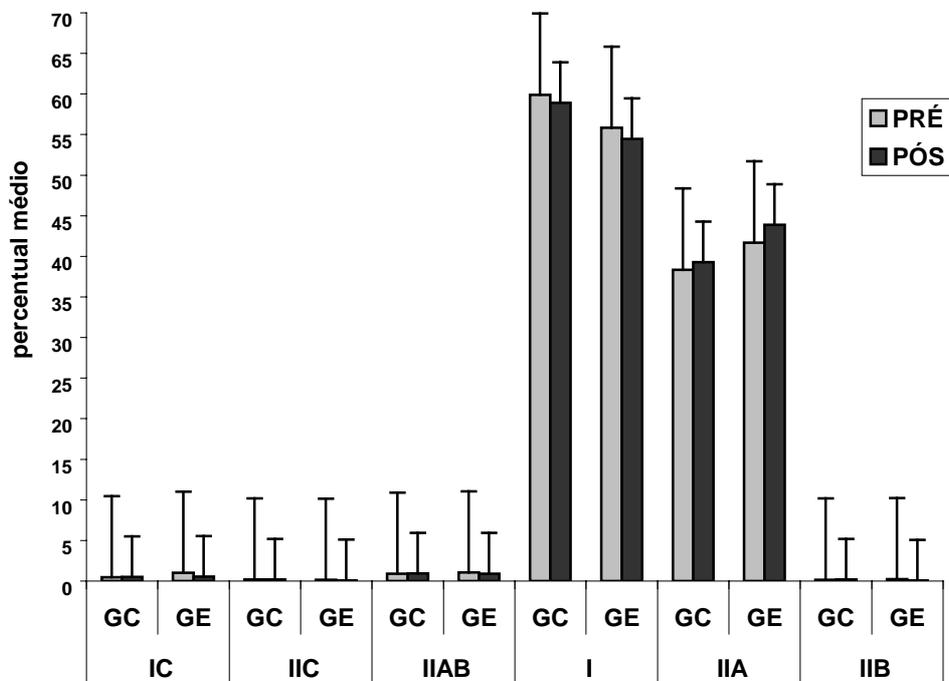
Grupo	V	I	IC	IIC	IIA	IIAB	IIB
GE Pós	1	69,44	0,64	0	29,69	0,14	0,07
	2	49,66	0,66	0	48,66	1	0
	3	41,80	0,40	0,40	53,27	3,68	0,40
	4	53,02	0,58	0	46,19	0,19	0
	5	63,65	0,16	0,16	35,54	0,48	0
	6	49,26	0,87	0	49,85	0	0
<b>média</b>		<b>54,47</b>	0,55	0,09	<b>43,87</b>	0,91	0,08
<b>SD</b>		10,21	0,24	0,16	9,18	1,40	0,16

A Figura 11 demonstra a identificação dos diferentes tipos de fibras nos pHs 4.3, 4.55 e 10.5 de um indivíduo do GE, de acordo com Staron (1997).



**Figura 11** - Fotomicrografia em corte transversal do músculo gastrocnêmio lateral de um indivíduo do (GE) mostrando reação histoquímica nos pHs 4.3(A), 4.55(B) e 10.5(C). Observar identificação das fibras do tipo (I, IC, IIA(A), IIAB(AB) e IIB(B)) Barra = 200µm.

A Figura 12 representa uma análise comparativa das porcentagens médias de fibras puras (I, IIA, IIB) e híbridas (IC, IIC, IIAB), observadas no músculo gastrocnêmio lateral dos sujeitos de ambos os grupos, caracterizando o predomínio de fibras de contração lenta e demonstrando não haver diferença estatisticamente significativa após o período de intervenção no GE ( $p>0,05$ ). Tal análise demonstra, também, que nas fibras híbridas, em ambos os grupos antes e após o período de intervenção, não há influência da postura realizada sobre a transição dos tipos de fibras ( $p>0,05$ ).

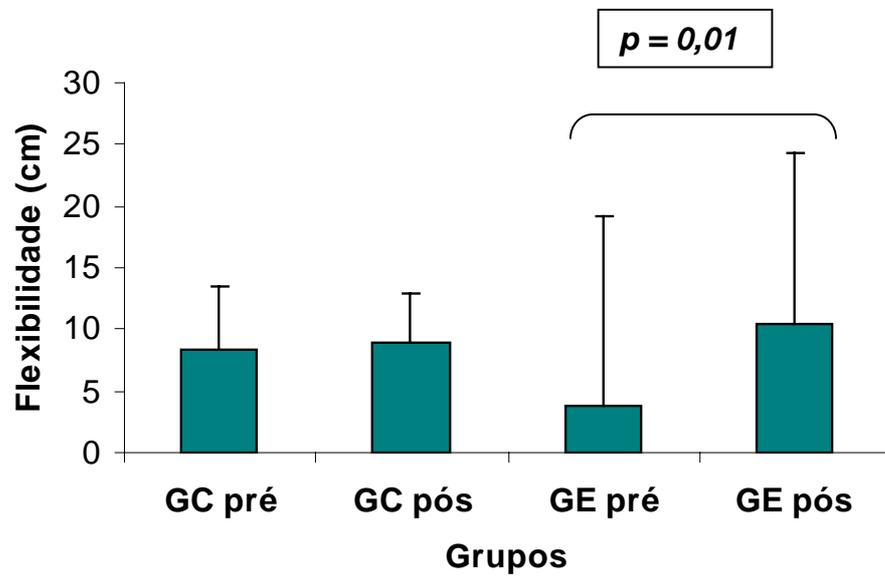


**Figura 12** - Porcentagem média de fibras puras (I, IIA, IIB) e híbridas (IC, IIC, IIAB) no músculo gastrocnêmio lateral de atletas de basquetebol no grupo controle (GC) e grupo experimento (GE), antes (pré) e após (pós) o período de intervenção ( $p>0,05$ ;  $n = 6$ ).

## 4.2 Flexibilidade

Houve aumento significativo da flexibilidade no GE após o período experimental ( $p= 0,01$ ), conforme mostra a Figura 13. Os valores médios da

flexibilidade no GE foram de  $3,83 \pm 15,26\text{cm}$  para  $10,5 \pm 13,8\text{cm}$  ( $p = 0,01$ ) após intervenção e no GC foram de  $8,33 \pm 5,16\text{cm}$  para  $9 \pm 3,9\text{cm}$ .



**Figura 13** - Valores médios da flexibilidade (cm) no grupo controle (GC) e grupo experimento (GE) antes (pré) e após (pós) o período de estudo ( $p = 0,01$ ;  $n = 6$ ).

## 5 DISCUSSÃO

Souchard (1996) cita que a cadeia posterior nos sustenta contra a gravidade e os principais músculos que a compõem são freqüentemente utilizados em várias modalidades esportivas. Relata ainda que os movimentos de extensão que a cadeia posterior permite são base para muitos gestos essenciais, em qualquer que seja a modalidade praticada, sendo o tríceps sural e os músculos próprios do dorso os mais solicitados.

Oliveira e Paes (2004) relatam alguns fundamentos básicos para a prática do basquetebol: marcação, contra-ataque, impulsão e agilidade, destacando que a integração destes fundamentos se torna essencial para uma *performance* adequada.

O grupo muscular tríceps sural participa efetivamente nas ações exigidas por esses fundamentos. Esse fato justifica a escolha do músculo gastrocnêmio e da postura “em pé com inclinação anterior” para a realização deste estudo.

Os estudos que tiveram como objetivo investigar os efeitos fisiológicos do método de RPG são escassos na literatura científica. Marques (1996) descreve em estudo de caso a diminuição do ângulo de uma escoliose torácica de 20° constatada através de exame radiográfico. Após utilização da postura “rã no chão” do método de RPG, observou diminuição de 10° na curva escoliótica. Ainda Marques (1994), em análise qualitativa relata uma melhora da dor de pacientes fibromiálgicos que utilizaram a postura “rã no chão”, do método de RPG como recurso terapêutico durante 6 sessões.

O estudo de Teodori et al. (2003) marca o início da investigação quantitativa relacionada aos efeitos das posturas do método de RPG. Os autores analisaram o efeito do alongamento dos músculos da cadeia muscular inspiratória sobre a força

muscular respiratória e a expansibilidade torácica. Para tanto, confrontaram dois grupos de 10 indivíduos cada, submetendo o primeiro grupo à postura “rã no chão com braços fechados” por 20 minutos, enquanto o outro grupo permaneceu em repouso pelo mesmo período de tempo. Concluíram que o método de alongamento utilizado proporcionou aumento da expansibilidade torácica, especialmente da região axilar, no grupo RPG, bem como das pressões respiratórias máximas. Os autores alertam, também, para a importância de estudos que permitam compreender outros mecanismos envolvidos na aplicação das diferentes posturas.

No que se refere à frequência de intervenção, Souchard (1996) relata que em afecções crônicas, a frequência ideal é uma vez por semana; em casos agudos e no esporte, duas sessões semanais podem ser necessárias. Desta forma, foi definida a frequência de duas sessões semanais neste estudo. No entanto, não há relatos que fundamentem os motivos para esta escolha .

Os resultados deste estudo demonstram que a flexibilidade aumentou significativamente ( $p = 0,01$ ) após a realização da postura “em pé com inclinação anterior” no GE. O mecanismo fisiológico que poderia explicar a inibição dos músculos da cadeia posterior a partir da contração excêntrica promovida por essa postura é a inibição autogênica (LUNDY-EKMAN, 2000).

É possível considerar, ainda, que a contração isotônica excêntrica de baixa velocidade aplicada por tempo prolongado através da postura utilizada, tenha provocado o disparo dos Órgãos Neurotendíneos de Golgi (ONG), sensíveis à força de contração, desencadeando o súbito relaxamento dos músculos em tensão. Durante o desenvolvimento da postura “em pé com inclinação anterior” esse súbito relaxamento só ocorre após vários minutos de contração excêntrica mantida, o que sustenta a hipótese de que os ONG dos músculos em contração disparam a partir da

detecção de máxima tensão, liberando impulsos à medula espinhal para informar sobre essa tensão e desencadeando a inibição do músculo que gerou o estímulo, com conseqüente facilitação de seu antagonista.

Lederman (2001) relata que o disparo do ONG é desencadeado de maneira mais efetiva durante uma contração isotônica em comparação com a isométrica. Cita que durante a contração isotônica, a velocidade de disparo do órgão neurotendíneo de Golgi é maior.

A contração durante a postura “em pé com inclinação anterior” é isotônica excêntrica de baixa velocidade, o que facilita o disparo mais rápido do ONG. A contração excêntrica, além de aproveitar o disparo do ONG, promove o aumento do comprimento do músculo, o que favorece o alongamento muscular e, conseqüentemente, o aumento da flexibilidade.

O aumento da flexibilidade no grupo GE reporta à discussão sobre a relação comprimento-tensão, cuja base morfofuncional foi destacada por Gordon, Huxley e Julian (1966), que observaram em fibras musculares isoladas, que a força isométrica máxima é obtida quando o sarcômero atinge comprimento próximo à sua posição de repouso e diminui quando este se encontra encurtado.

Considerando os efeitos positivos da postura aplicada sobre a flexibilidade e a importância dos músculos da cadeia posterior em todas as modalidades esportivas, sugere-se que a utilização dessa postura pode ser benéfica para praticantes de qualquer modalidade esportiva.

Lieber e Bodine-Fowler (1993) relatam que a relação comprimento-tensão, em sua forma mais básica, demonstra que a geração de tensão no músculo esquelético está diretamente relacionada à quantidade de sobreposição entre os filamentos de actina e miosina, ou seja, quanto menor a sobreposição desses filamentos em repouso, maior a capacidade do músculo para gerar tensão.

Durigon (1995) também afirma que quanto maior for o comprimento do músculo, maior será sua capacidade de produzir tensão até determinado limite e melhor será o rendimento de sua capacidade contrátil.

Guirro et al. (1995) após utilização de alongamento estático (15 minutos durante 5 semanas) observaram aumento significativo da força dos músculos posteriores da coxa de indivíduos sedentários do sexo feminino.

Neste estudo, considera-se que o aumento da flexibilidade seja decorrente do alongamento dos músculos da cadeia posterior e que o aumento do número de sarcômeros em série poderia favorecer a máxima sobreposição entre os filamentos de actina e miosina durante a contração muscular, favorecendo a força de contração. Isso sugere a investigação da força muscular para comprovação desta correlação, o que poderia trazer benefícios ao desempenho de atletas durante a fase de treinamento e competição.

Deve-se considerar que o aumento da flexibilidade neste estudo foi obtido a partir de uma amostra não homogênea, ou seja, os voluntários do GC e GE eram diferentes no que se refere ao peso, à idade, ao IMC e à flexibilidade antes do período de estudo. Como a intervenção foi aplicada a um grupo de atletas de uma mesma equipe, não foi possível controlar essa variável. Entretanto, um estudo que possibilitasse esse controle poderia fornecer dados mais precisos sobre a influência dessa postura que envolve o alongamento da cadeia posterior.

Outro aspecto relacionado aos efeitos da contração excêntrica é o aumento do número de sarcômeros em série e em paralelo (SALVINI, 2000).

Lieber (2002) aponta que quando o comprimento da fibra muscular é cronicamente alterado, o número de sarcômeros se ajusta no sentido de compensar essa mudança. Cita que a extensão dessa adaptação não é conhecida, mas que é

evidente que as mudanças no comprimento do músculo refletirão em sua capacidade funcional. Entretanto o autor alerta para o fato de que esses resultados foram observados em músculos de animais, havendo necessidade de comprovação em humanos.

Considerando que não há relatos científicos demonstrando o efeito do alongamento sobre a adição de sarcômeros em série em humanos, ressalta-se a importância de estudos que possibilitem verificar se os efeitos do alongamento observados em modelos experimentais poderiam ser confirmados em humanos.

Este estudo priorizou a avaliação do fenótipo das fibras musculares utilizando cortes transversais do músculo. A avaliação do número de sarcômeros em série seria possível em estudo da ultraestrutura do músculo em análise longitudinal de extensão considerável, para que um número adequado de sarcômeros pudesse ser avaliado. Além disso, a adição de sarcômeros em série após alongamento ocorre mais efetivamente nas regiões próximas ao tendão. As biópsias musculares obtidas neste estudo apresentavam cerca de apenas 60 a 100 mg, foram obtidas da região do ventre muscular e processadas para obtenção de cortes transversais, uma vez que o objetivo foi avaliar as possíveis alterações fenotípicas das fibras musculares após o programa de intervenção proposto.

Herring, Grimm e Grimm (1984) relataram que o comprimento do sarcômero é regulado pelo tempo de tensão ao qual o músculo é submetido, sendo que períodos prolongados de alongamento podem levar a um processo adaptativo muscular mais eficaz em comparação a curtos períodos de tempo.

Williams (1990), observou que a perda de sarcômeros em série e a diminuição da flexibilidade de músculos imobilizados podem ser prevenidas através de períodos de alongamento superior a 30 minutos.

Para Enoka (2002) e Hutton (1992), o alongamento por tempo prolongado pode induzir alterações plásticas nas propriedades mecânicas da unidade músculotendínea. Desta forma, é possível sugerir que o alongamento promovido pela postura “em pé com inclinação anterior” poderia favorecer o aumento do número de sarcômeros em série, uma vez que é mantido por tempo prolongado, aproveitando as respostas musculares obtidas a partir da contração isotônica excêntrica. Além disso, o alongamento é obtido dentro dos limites individuais dos voluntários, evitando reações neurofisiológicas que contraponham ao relaxamento do músculo que está sendo submetido ao trabalho, ou seja, possivelmente promovendo a diminuição da sensibilidade dos fusos neuromusculares.

A dor decorrente da contração excêntrica foi observada por diversos autores, sendo considerado um parâmetro subjetivo da lesão em consequência desta modalidade de contração (FRIDÉN et al., 1983; FRIDÉN, SJÖSTRÖM, EKBLÖM, 1983; LIEBER, 1992).

Em nosso estudo não foi relatado presença de dor durante ou após o período de intervenção, o que indica, de maneira subjetiva, que a postura “em pé com inclinação anterior” não provocou lesão muscular, podendo este fato estar relacionado à característica terapêutica da contração excêntrica promovida pela postura adotada.

As fibras musculares foram classificadas de acordo com Staron (1997), que baseado no método da mATPase, classifica sete tipos de fibras musculares no tronco e membros de humanos: I, IC, IIC, IIAC, IIA, IIAB e IIB.

Utilizando os pHs 10.5, 4.55 e 4.3 foram identificados neste estudo seis tipos de fibras musculares no músculo gastrocnêmio lateral de atletas de basquetebol masculino: I, IC, IIC, IIA, IIAB e IIB, sendo 57,87% de fibras tipo I (contração lenta) e

40,02% de fibras tipo IIA (contração rápida), quando avaliados antes do período de intervenção.

Wilmore e Costill (2001) observaram que no músculo gastrocnêmio de indivíduos não atletas, existe uma porcentagem de 52% de fibras de contração lenta e 48% de contração rápida, sendo um músculo que apresenta característica fenotípica mista. Johnson et al. (1973) também relataram que o músculo gastrocnêmio possui aproximadamente metade de fibras de contração lenta e metade de contração rápida. No entanto, nenhum desses autores especifica se os valores se referem à porção lateral ou medial do músculo gastrocnêmio.

Os resultados obtidos da tipagem de fibras dos atletas de basquetebol neste estudo são compatíveis com os valores observados por Wilmore e Costil (2001), que avaliou indivíduos não atletas.

Por serem as fibras musculares estruturas dinâmicas, capazes de mudar seu padrão fenotípico dependendo da demanda funcional (PETTE; STARON, 2001), quando se avalia a porcentagem dos tipos de fibras em músculos altamente recrutados para modalidades esportivas específicas, observa-se uma variação dessas porcentagens.

Wilmore e Costill (2001) relatam que em músculo gastrocnêmio de corredores de curta distância, a porcentagem média de fibras de contração lenta é de 24% e de contração rápida é de 76%, contrastando com corredores de longa distância que apresentam 79% de fibras de contração lenta e 21% de contração rápida, demonstrando a capacidade de adaptação muscular nas diversas condições.

A imobilização de músculos de contração rápida de coelhos em posição alongada causa aumento na proporção de fibras lentas (PATTULLO et al., 1992) e

transição de rápida para lenta na expressão das isoformas de miosina (GOLDSPINK, 1999b).

Demirel et al. (1999) demonstraram que o treinamento diário prolongado resulta em transição progressiva de rápida para lenta nas isoformas de miosina de músculo esquelético de ratos. Como os tipos de fibras estão relacionados ao conteúdo das MHC (STARON, 1997), o padrão fenotípico de tais fibras também refletiria uma transição de rápida para lenta.

Hostler et al. (2001) e Campos et al. (2002) observaram que o treinamento de *endurance* em humanos resultou em transição de fibras tipo IIB para IIA no músculo vasto lateral.

Fridén et al. (1983), observaram que após um longo período de contração excêntrica (8 semanas) ocorreu um aumento no número de fibras do tipo IIC do músculo vasto lateral em humanos.

Neste estudo não se observou diferença significativa entre os tipos de fibras do músculo gastrocnêmio lateral no grupo submetido à intervenção. As hipóteses que poderiam explicar esse resultado são: a) o treinamento foi aplicado 2 vezes por semana, não tendo aplicação diária, nem sendo considerado treinamento de *endurance*, como aqueles referidos na literatura por promover transição dos tipos de fibras musculares; b) apesar de utilizar contração isotônica excêntrica, essa contração ocorreu em baixa velocidade e, associada à frequência de treinamento, não foi suficiente para estimular a transição dos tipos de fibras.

O método de RPG utiliza-se de estímulos vestibulares, auditivos, táteis e cutâneo-plantares. Os estímulos auditivos, devido à conexão reflexa da via auditiva com o sistema reticular ativador e cerebelo (UMPHRED, 1994), facilitam o controle das respostas motoras, seja no sentido de sustentação postural ou para favorecer o

alongamento. As informações oriundas dos receptores cutâneo-plantares também facilitam o controle postural através de reações compensatórias (PERRY; McILROY; MAKI, 2000). Desta forma, é esperado que tais estímulos, agindo simultaneamente e de forma integrada, possam facilitar também a manutenção da postura e do equilíbrio, sendo este um aspecto importante para qualquer modalidade esportiva.

O método de RPG poderia ser empregado com maior frequência no âmbito esportivo, uma vez que promove melhora na flexibilidade, porém faz-se necessário estudo mais detalhado para esclarecer os demais mecanismos fisiológicos que poderiam fundamentar suas técnicas.

## CONCLUSÃO

- A postura “em pé com inclinação anterior” do método de RPG, da forma como aplicada neste estudo, foi efetiva no sentido de aumentar a flexibilidade dos atletas de basquetebol, o que poderia resultar em benefícios à sua *performance*.
- O padrão fenotípico do músculo gastrocnêmio lateral não foi alterado pela postura aplicada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos neste estudo, a transição dos tipos de fibras musculares não ocorreu a partir do protocolo de treinamento realizado. Talvez pudesse ocorrer como consequência de um aumento da frequência semanal de intervenção, porém, isso poderia tornar os voluntários mais susceptíveis à lesão muscular, uma vez que o método utiliza contração excêntrica.

Outro aspecto que necessita ser estudado é o tempo de duração do alongamento, ou seja, por quanto tempo a flexibilidade dos atletas é mantida após a interrupção da intervenção. Neste estudo, esse aspecto não foi avaliado em função do fim do campeonato e negociação dos atletas com outras equipes, perdendo-se a possibilidade de prolongar as avaliações.

Outras posturas do método de RPG precisam ser avaliadas, possibilitando a indicação da postura mais adequada às necessidades das diferentes modalidades esportivas.

Estudos que envolvam a avaliação da força muscular, efeitos da estimulação proprioceptiva, possibilidade de lesão muscular após repetição das posturas com maior frequência semanal, entre outros, podem auxiliar na indicação deste método de intervenção fisioterapêutica, tanto para os atletas, quanto para a população em geral, com o objetivo de prevenção e reabilitação.

## REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. B. et al. **Biologia molecular da célula**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

ALTER, M. J. **Ciência da flexibilidade**. São Paulo: Artmed, 1996.

BANDY, W. D.; IRION, J. M.; BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretch on flexibility of the hamstring muscles. **Phys. Ther.**, v. 77, p. 1090-1096, 1997.

CAMPOS, G. E. R. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 88, p. 50-60, 2002.

CITTONI, J. M. Método Mézières. **Encycl. Méd. Chir.**, Paris, E - 26-085-A-10, 1999.

COSTILL, D. L.; FINK, W. J.; POLLOCK, M. L. Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. **Med. Sci. Sports.**, v. 8, n. 2, p. 96-100, 1976.

DEMIREL, H. A. et al. Exercise-induced alterations in skeletal muscle myosin heavy chain phenotype: dose-response relationship. **J. Appl. Physiol.**, v. 86, n. 3, p. 1002-1008, 1999.

DURIGON, O. F. S. Alongamento muscular parte II: a integração mecânica. **Rev. Fisio. Univ. São Paulo.**, v. 2, n. 2, p. 72-78, 1995.

ENOKA, R. **Neuromechanics of human movement**. 3. ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2002.

EVANS, W. J. et al. Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. **J. Appl. Physiol.**, v. 61, p. 1864-1868, 1985.

FLYNN, M. G. et al. Muscle fiber composition and respiratory capacity in triathletes. **Int. J. Sports Med.**, v. 8, n. 6. p. 383-386, 1987.

FOSS, L. M.; KETEYIAN, J. S. **FOX Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

FRIDÉN, J. Changes in human skeletal muscle induced by long-term eccentric exercise. **Cell. Tissue Res.**, v. 236, p. 365-372, 1984.

FRIDÉN, J.; LIEBER, R. L. Serum creatine Kinase level is a poor predictor of muscle function after injury. **Scand. J. Med. Sci. Sports.**, v.11, p. 126-127, 2001.

FRIDÉN, J. et al. Adaptative response in human skeletal muscle subjected to prolonged eccentric training. **Int. J. Sports Med.**, v. 4, p. 177-183, 1983.

FRIDÉN, J.; SJÖSTRÖM, M.; EKBLÖM, B. Myofibrillar damage following Intense eccentric exercise in man. **Int. J. Sports Med.**, v.4, p. 170-176, 1983.

GOLDSPINK, G. Changes in muscle mass and phenotype and the expression of outocrine and systemic growth factors by muscle in response to stretch and overload. **J. Anat.**, v.194, p. 323-334, 1999a.

\_\_\_\_\_. Cellular and molecular aspects of muscle growth, adaptation and ageing. **Gerodontology**, v. 15, n. 1, p. 35-43, 1998.

\_\_\_\_\_. Molecular mechanisms involved in the determination of muscle fibre mass and fenotype. **Adv. Exerc. Sports. Physiol.**, v. 5, n. 2, p. 27-39, 1999b.

GOLLNICK, P. D.; MATOBA, H. The muscle fiber composition of skeletal muscle as a predictor of athletic success: An overview. **Amer. J. Sports Med.**, v.12, p. 212-217, 1984.

GORDON, A. M.; HUXLEY, A. F.; JULIAN, F. J. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers. **J. Physiol.**, v. 184, p. 170-192, 1966.

GUIRRO, R. et al. Alteração do sinal mioelétrico decorrentes do alongamento muscular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo. 1995. p. 245-250.

GUTH, L.; SAMAHA, F. J. Procedure for the Histochemical Demonstration of Actomyosin ATPase. **Exper. Neurol.** v. 28, p. 365-367, 1970.

HARRIDGE, R. D. R. et al. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. **Pflügers Arch. Eur. J. Physiol.**, v. 432, p. 913-920, 1996.

HERRING, S. W.; GRIMM, A. F.; GRIMM, B. R. Regulation of sarcomere number in skeletal muscle: a comparison of hypotheses. **Muscle Nerve**, n. 7, p. 161-173, 1984.

HUTTON, R. S. Neuromuscular basis of stretching exercise. In: KOMI, P. V. (Ed.). **Strength and power in sports**. Oxford: Blackwell, 1992. p. 29-38.

HOSTLER, D. et al. Skeletal muscle adaptations in elastic resistance-trained young men and women. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 86, p. 112-118, 2001.

JOHNSON, M. et al. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscle. An autopsy study. **J. Neurol. Sci.**, v. 18, p. 111-129, 1973.

JONES, D. A.; RUTHERFORD, O. M. Human muscle strenght training: the effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. **J. Physiol.**, v. 428, p. 639-652, 1987.

KISNER, C.; COLBY, L. A. **Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Manole, 1998.

LEDERMAN, E. **Fundamentos da terapia manual**. Fisiologia, neurologia e psicologia. Barueri: Manole, 2001.

LIEBER, R. L. **Skeletal muscle structure and function**. Baltimore-USA: Williams & Wilkins, 1992.

\_\_\_\_\_. **Skeletal muscle structure, function & Plasticity: The physiological Basis of Rehabilitation**. 2. ed. Baltimore-USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.

LIEBER, R. L.; BODINE-FOWLER, S. C. Skeletal muscle mechanics: Implications for rehabilitation. **Phys. Ther.**, v. 73, n. 12, p. 844-856, 1993.

LUNDY-EKMAN, L. **Neurociência- Fundamentos para a reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

MARQUES, A. P. Alongamento muscular em pacientes com fibromialgia a partir de um trabalho de reeducação postural global (RPG). **Rev. Bras. Reumatol.**, v. 34, n. 5, p. 232-234, set.-out. 1994.

\_\_\_\_\_. **Cadeias musculares: um programa para ensinar avaliação fisioterapêutica global**. São Paulo: Manole, 2000.

\_\_\_\_\_. Escoliose Tratada com Reeducação Postural Global. **Rev. Fisioter. Univ. São Paulo**, v. 3, n. 1-2, p. 65-68, jan.-dez., 1996.

MINAMOTO, V. B.; SALVINI, T. F. Função secretora do músculo regulada pelo estímulo mecânico. **Rev. Bras. Fisioter.**, v. 5, n. 2, p. 87-94, 2001.

NEWHAM, D. J. et al. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. **J. Neurol. Sci.**, v. 61, p. 109-122, 1983.

OLIVEIRA, V.; PAES, O. **Preparação e treinamento físico no basquetebol**. Londrina: Midiograf, 2004.

PATTULLO, M. C. et al. Effects of lengthened immobilization on functional and histochemical properties of rabbit tibialis anterior muscle. **Exp. Physiol.**, v. 77, p. 433-442, 1992.

PERRY, S. D.; McILROY, W. E.; MAKI, B. E. The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation. **Brain Research**, v. 877, p. 401-406, 2000.

PETTE, D.; STARON, S. R. Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. **Micr. Res. Tech.**, v. 50, p. 500-509, 2000.

\_\_\_\_\_. Transitions of muscle fiber phenotypic profiles. **Histochem. Cell. Biol.**, v. 115, p. 359-372, 2001.

PETTE, D.; VRBOVÁ, G. Neural control of phenotypic expression in mammalian muscle fibres. **Muscle and Nerve.**, v. 8, p. 676-689, 1986.

ROSÁRIO, J. L. R.; MARQUES, A. P.; MALUF, A. S. Aspectos Clínicos do Alongamento: Uma Revisão de Literatura. **Rev. Bras. Fisioter.**, v. 8, n. 1, p. 83-88. 2004.

SADY, S. P.; WORTMAN, M.; BLANKE, D. Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 63, p. 261-263, 1982.

SALVINI, T. F. Plasticidade e adaptação postural dos músculos esqueléticos. In: MARQUES, A. P. **Cadeias musculares: um programa para ensinar avaliação fisioterapêutica global**. São Paulo: Manole, 2000.

SHRIER, I.; GOSSAL, K. Myths and truths of stretching. **Phys. and Sports Med.**, v. 28, n. 8, p. 57-62, 2000.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, H. M. **Controle Motor: Teorias e aplicações práticas**. Barueri: Manole, 2003.

SMERDU, V.; ERZEN, I. Dynamic nature of fibre-type specific expression of myosin heavy chain transcripts in 14 different human skeletal muscles. **J. Muscle. Res. Cell. Motil.**, v. 22, p. 647-655, 2001.

SOUCHARD, PH-E. **Ginástica Postural Global**. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

\_\_\_\_\_. **O Strething Global Ativo: A reeducação postural global a serviço do esporte**. São Paulo: Manole, 1996.

SOUCHARD, PH-E. **Reeducação Postural Global (Método do Campo Fechado)**. São Paulo: Ícone, 1986.

STARON, R. S. Human skeletal muscle fiber types: delineation, development and distribution. **Can. J. Appl. Physiol.**, v. 22, n. 4, p. 307-327, 1997.

TEODORI, R. M. et al. Alongamento da musculatura inspiratória por intermédio da reeducação postural global (RPG). **Rev. Bras. Fisioter.**, v. 7, n. 1, p. 25-30, 2003.

UMPHRED, D. A. **Fisioterapia Neurológica**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1994.

WILLIAMS, P. E. Effect of intermittent stretch on immobilised muscle. **Ann. Rheu. Dis.**, v. 47, p. 1014-1016, 1988.

\_\_\_\_\_. Use of intermittent stretch in the prevention of serial sarcomere loss in immobilized muscle. **Ann. Rheu. Dis.**, v. 49, p. 316-317, 1990.

WILLIAMS, P. E.; GOLDSPINK, G. Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. **J. Anat.**, v. 127, p. 459-468, 1978.

\_\_\_\_\_. Longitudinal growth of striated muscle fibres. **J. Cell. Sci.**, v. 9, p. 751-761, 1971.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. São Paulo: Manole, 2001.

YANG, S. Y. et al. Cloning and characterisation of an IGF-1 isoform expressed in skeletal muscle subjected to stretch. **J. Muscle. Res. Cell. Motil.**, v. 17, p. 487- 495, 1996.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

Piracicaba, 15 de abril de 2003

Para: Prof<sup>a</sup> Rosana Macher Teodori

De: Coordenação do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP-UNIMEP

**Ref.: Aprovação do protocolo de pesquisa nº 77/02 e indicação de formas de acompanhamento do mesmo pelo CEP-UNIMEP**

Vimos através desta informar que o Comitê de Ética em Pesquisa da UNIMEP, após análise, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 77/02, com o título “Análise fenotípica e morfométrica do músculo gastrocnêmio em atletas de basquetebol submetidos a intervenção pelo método de reeducação postural global (RPG)” sob sua responsabilidade.

O CEP-UNIMEP, conforme as resoluções do Conselho Nacional de Saúde é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos promovidas nesta Universidade.

Portanto, conforme a Resolução do CNS 196/96, é atribuição do CEP “acompanhar o desenvolvimento dos projetos através de relatórios anuais dos pesquisadores” (VII.13.d). Por isso o/a pesquisador/a responsável deverá encaminhar para o CEP-UNIMEP um relatório anual de seu projeto, até 30 dias após completar 12 meses de atividade, acompanhado de uma declaração de identidade de conteúdo do mesmo com o relatório encaminhado à agência de fomento correspondente.

Agradecemos a atenção e colocamo-nos à disposição para outros esclarecimentos.

Atenciosamente,



Gabriele Cornelli

COORDENADOR

## ANEXO 2

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### GRUPO CONTROLE

DECLARO estar ciente de que o objetivo desta pesquisa é investigar a influência do método de RPG sobre o músculo esquelético a partir de biópsia muscular, considerando que o músculo esquelético pode se adaptar a diferentes atividades e que o sucesso no esporte pode estar relacionado ao tipo de fibra muscular que o indivíduo apresenta.

Também estou ciente de que o método de Reeducação Postural Global (RPG) é um recurso terapêutico utilizado amplamente na prática clínica e diversas condições clínicas têm sido melhoradas a partir dele, não havendo investigações sobre os mecanismos funcionais deste método.

Concordo em ser submetido à biópsia muscular no início da pesquisa e ao seu término, de acordo com as informações prestadas neste documento. Tenho clareza dos riscos que os procedimentos desta pesquisa podem ocasionar, como fadiga muscular local, câimbra ou inflamação e que esta é a única forma de avaliação que permite atingir os objetivos do trabalho. Todas as orientações e esclarecimentos necessários sobre o procedimento me serão fornecidos antes, durante e após o mesmo.

Estou certo de que terei acompanhamento e assistência necessária para qualquer eventual necessidade referente a esses procedimentos e de que não arcarei com nenhum custo, não necessitando assim de ressarcimento de despesas. Na eventualidade de ocorrer algum dano à minha saúde decorrente dos procedimentos da pesquisa e durante a realização da mesma, receberei indenização necessária para a reparação dos danos.

Os resultados desta pesquisa deverão ser mantidos em sigilo, não devendo outras pessoas ter acesso aos meus resultados sem minha autorização por escrito. Por outro lado, autorizo a utilização de tais dados para publicação científica, desde que seja resguardada a minha privacidade.

Também tenho ciência de que, se necessário, poderei retirar o meu consentimento e deixar de fazer parte do processo em qualquer fase da pesquisa, sem penalização ou prejuízo.

Piracicaba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Voluntário: \_\_\_\_\_

(Nome por extenso)

RG - Voluntário: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

#### Responsáveis:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosana Macher Teodori

**Orientadora**

Evandro Gonzalez Tarnhovi

**Mestrando**

Prof. Dr. Marcelo de Castro César

**Médico Colaborador**

Prof. Dr. Gerson Eduardo Rocha Campos

**Prof. Colaborador**

## ANEXO 3

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### GRUPO EXPERIMENTO

DECLARO estar ciente de que o objetivo desta pesquisa é investigar a influência do método de RPG sobre o músculo esquelético a partir de biópsia muscular, considerando que o músculo esquelético pode se adaptar a diferentes atividades e que o sucesso no esporte pode estar relacionado ao tipo de fibra muscular que o indivíduo apresenta.

Também estou ciente de que o método de Reeducação Postural Global (RPG) é um recurso terapêutico utilizado amplamente na prática clínica e diversas condições clínicas têm sido melhoradas a partir dele, não havendo investigações sobre os mecanismos funcionais deste método.

Concordo em ser submetido à biópsia muscular no início da pesquisa e ao seu término, de acordo com as informações prestadas neste documento. Tenho clareza dos riscos que os procedimentos desta pesquisa podem ocasionar, como fadiga muscular local, câimbra ou inflamação e que esta é a única forma de avaliação que permite atingir os objetivos do trabalho. Todas as orientações e esclarecimentos necessários sobre o procedimento me serão fornecidos antes, durante e após o mesmo.

Também concordo em ser submetido à intervenção terapêutica pelo método de Reeducação Postural Global, por um período de 2 meses, com frequência de duas sessões semanais, na cidade de Maringá-PR. Estou certo de que terei acompanhamento e assistência necessária para qualquer eventual necessidade referente a esses procedimentos e de que não arcarei com nenhum custo, não necessitando assim de ressarcimento de despesas. Na eventualidade de ocorrer algum dano à minha saúde decorrente dos procedimentos da pesquisa e durante a realização da mesma, receberei indenização necessária para a reparação dos danos.

Os resultados desta pesquisa deverão ser mantidos em sigilo, não devendo outras pessoas ter acesso aos meus resultados sem minha autorização por escrito. Por outro lado, autorizo a utilização de tais dados para publicação científica, desde que seja resguardada a minha privacidade. Também tenho ciência de que, se necessário, poderei retirar o meu consentimento e deixar de fazer parte do processo em qualquer fase da pesquisa, sem penalização ou prejuízo.

Piracicaba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Voluntário: \_\_\_\_\_  
(Nome por extenso)

RG - Voluntário: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

#### Responsáveis:

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosana Macher Teodori  
**Orientadora**

Evandro Gonzalez Tarnhovi  
**Mestrando**

Prof. Dr. Marcelo de Castro César  
**Médico colaborador**

Prof. Dr. Gerson Eduardo Rocha Campos  
**Prof.Colaborador**