

# **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO ISOCINÉTICO DA MUSCULATURA PLANTIFLEXORA NO MECANISMO FLEXOR DO JOELHO**

## *Analysis of the Plantarflexion Musculature Isokinetic Training Influence over Knee Flexion Mechanism*

Anselmo Grego Neto<sup>1</sup>

Cássio Preis<sup>2</sup>

Eduardo Bittencourt<sup>3</sup>

Elisângela Ferretti Manffra<sup>4</sup>

Vera Lúcia Israel<sup>5</sup>

### **Resumo**

O presente estudo analisou a influência que o treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo exerce no mecanismo flexor de joelho na condição de motora secundária da referida ação. Principalmente levando-se em consideração que a relação biomecânica e de sinergia existente entre os músculos isquiotibiais e flexores plantares pode notoriamente configurar uma valiosa ferramenta no processo de reabilitação otimizada da articulação do joelho. A pesquisa de campo foi realizada na Clínica Escola de Fisioterapia da PUCPR, no Setor de Dinamometria Isocinética, sendo utilizado como recurso principal tanto de avaliação quanto de treinamento muscular o Dinamômetro Isocinético CYBEX NORM 7000®. O Universo Amostral do presente trabalho constitui-se de 8 (oito) sujeitos, todos do sexo masculino, com idade entre 20 (vinte) e 23 (vinte e três) anos, todos sedentários e que apresentassem como dominante o membro inferior direito. Pela análise dos resultados obtidos é possível inferir que a musculatura responsável pela flexão plantar, quando treinada isocineticamente, visando fundamentalmente ao incremento da força muscular, apresentou ganho significativo de força dinâmica, a qual foi mensurada pelas valências musculares avaliadas na pesquisa, que foram o Pico de Torque (PT), o Trabalho Total (TT) e a Potência (P).

Palavras-chave: Dinamometria Isocinética; Pico de Torque; Trabalho Total; Potência; Fisioterapia.

<sup>1</sup> Fisioterapeuta graduado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Pós-graduado em Fisioterapia Traumatológica pelo Colégio Brasileiro de Estudos Sistemáticos (CBES), Fisiologia do Exercício pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Mestrando em Tecnologia em Saúde pela PUCPR (PPGTS). Endereço: Rua Sanito Rocha, 225, Cristo Rei – Curitiba / PR (CEP: 80050-380); e-mail: anselmo.fisio@gmail.com

<sup>2</sup> Fisioterapeuta graduado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Pós-graduado em Fisioterapia Traumatológica pelo Colégio Brasileiro de Estudos Sistemáticos (CBES) e Mestre em Tecnologia em Saúde pela PUCPR. Docente na Faculdade de Ensino Superior Dom Bosco.

<sup>3</sup> Fisioterapeuta graduado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Mestrando em Tecnologia em Saúde pela PUCPR (PPGTS), Fisioterapeuta da Prefeitura Municipal de Curitiba.

<sup>4</sup> Engenheira Elétrica graduada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Mestre em Física pela Universidade de São Paulo (USP), Doutora em Física pela Universität Wuppertal (BUGW, Alemanha), Pós-doutora pela USP e Docente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

<sup>5</sup> Fisioterapeuta graduada pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Educadora Física graduada pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Mestre e Doutora em Educação Especial pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) e Docente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

## Abstract

The present study analyzed the influence of plantarflexion musculature isokinetic training over knee flexion mechanism as secondary engine. Mainly taking into consideration that the biomechanical relation that exists between the hamstrings and the plantar flexion muscle can configure a primary tool on the optimized process of rehabilitation of knee joint. The field research was accomplished at the Physical Therapy Clinic School of PUCPR, at the Isokinetic Dynamometry Department, having the Dynamometer Isokinetic CYBEX NORM 7000® as the main resource tool for the evaluations and muscular training. The sample studied on the present essay was composed by 8 (eight) subjects, all male, having between 20 (twenty) and 23 (twenty three) years old, all non-physical active and having as the dominant member the right one. Through the analysis of the obtained results it is possible to infer that this musculature, when isoknetically trained, aiming for muscle strength improvement, presented considerable gain of dynamic strength, which was measured thought the valences evaluated in the research, which were Peak Torque, Total Work and Average Power.

**Keywords:** Isokinetic Dynamometry; Peak Torque; Average Power; Total Work; Physiotherapy.

## Introdução

Cientificamente, o treinamento com resistência isocinética tenta combinar as características positivas tanto do exercício isométrico quanto do levantamento dinâmico de pesos, também conhecidos como exercícios isotônicos. Talvez por esse motivo, houve nos últimos anos um aumento considerável em seu uso para a reabilitação e condicionamento muscular, pois a Isocinética é o método mais seguro e eficiente para condicionar dinamicamente um músculo ou grupo muscular, porque emprega uma velocidade fixa e resistência totalmente adaptável (1).

O conceito de exercício isocinético foi primeiramente descrito em 1967 por Hislop e Perrine *apud* Dvir (1). O termo "*contração muscular isocinética*" descreve um processo no qual um segmento do corpo acelera até alcançar uma velocidade fixa pré-selecionada contra uma resistência permanentemente adaptável imposta pelo dinamômetro, garantindo, assim, que a execução do movimento ocorra quase que totalmente na mesma velocidade de deslocamento angular. Independentemente da magnitude da força muscular exercida pelo indivíduo avaliado, a velocidade do segmento não excederá a velocidade pré-selecionada, caracterizando, portanto, o conceito de *isocinetismo*. Como o torque é produzido em uma tentativa para superar a velocidade pré-selecionada, a resistência varia para emparelhar a força aplicada a todo ponto no alcance do movimento. A magnitude da força aplicada pelo indivíduo submetido à atividade isocinética é mensurada em Newtons.metro (N.m) de torque e pode ser representada tanto numérica quanto graficamente (2). Essa modali-

dade de treinamento proporciona uma sobrecarga muscular para uma velocidade constante previamente determinada enquanto o músculo mobiliza sua capacidade geradora de força pela ADM (amplitude de movimento) plena. Qualquer esforço durante o movimento do exercício encontra uma força oponente relativa àquela aplicada ao dispositivo mecânico, o que representa a característica do exercício isocinético de apresentar resistência variável acomodação (3).

De acordo com Taylor (4), o treinamento isocinético ativa o maior número de unidades motoras de forma a impor sistematicamente uma sobrecarga aos músculos, até mesmo nos ângulos articulares relativamente "mais fracos", à medida que a mecânica do osso-músculo-alavanca produz variações na capacidade geradora de força pela ADM.

Portanto, diante desta contextualização, o objetivo primordial do presente trabalho concentrou-se em analisar qual o nível de influência o treinamento de força isocinético da musculatura flexora plantar exerceria frente à otimização do mecanismo flexor de joelho na qualidade de musculatura acessória da referida ação, haja vista que pouquíssimos estudos referendados na literatura enfocaram especificamente a relação anátomo-biomecânica existente entre os músculos isquiotibiais e os músculos gastrocnêmio e plantar que são responsáveis, devido ao seu caráter de biarticularidade, por uma ação sinérgica frente ao movimento de flexão de joelho (5). Evidentemente que esses dados podem apresentar ampla repercussão, sobretudo na condução otimizada dos protocolos de reabilitação das lesões de joelho.

## Metodologia

O universo amostral deste estudo constituiu-se de 8 (oito) sujeitos, todos do sexo masculino, sedentários, que apresentassem como dominante o membro inferior direito e acadêmicos do 2.<sup>o</sup> período do curso de Fisioterapia da PUCPR, na faixa etária entre 20 e 23 anos de idade. Todos os sujeitos que compuseram a amostra deste trabalho assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para que pudessem participar do estudo. A opção do critério “*sedentarismo*” como um dos fatores de inclusão neste trabalho deveu-se ao fato de que diferentes níveis de condicionamento físico, conforme referendado por McArdle (6), poderiam configurar um problema de validade interna da pesquisa na medida em que poderia haver forte interferência cruzada dos treinamentos realizados pelos sujeitos sem o controle dos pesquisadores em relação ao treinamento de força isocinético desenvolvido na presente pesquisa (7). Como critério *mor* de exclusão da pesquisa, figuravam os sujeitos que apresentassem quaisquer patologias ou disfunções osteomioarticulares, sobretudo nos membros inferiores.

A pesquisa de campo foi realizada no Centro de Dinamometria Isocinética da Clínica Escola de Fisioterapia da PUCPR.

## Materiais e Métodos

Os sujeitos da pesquisa foram aleatoriamente divididos em dois grupos com 4 (quatro) indivíduos cada. O primeiro grupo foi intitulado grupo joelho (GJ) e o segundo grupo tornozelo (GT), os quais foram submetidos à avaliação e reavaliação isocinética tanto para articulação do joelho quanto para a do tornozelo. Primeiramente, os indivíduos do GJ realizaram 10 (dez) sessões de treinamento isocinético específico para a articulação de joelho, ao passo que os indivíduos do GT realizaram 10 (dez) sessões de treinamento isocinético específico para a articulação de tornozelo. Para tanto foi utilizado o Dinamômetro Isocinético da marca CYBEX modelo NORM 7000® devidamente calibrado para a realização dos testes em conformidade com os critérios técnicos estabelecidos pelo Manual de uso da CYBEX NORM – Sistemas de Testes e Reabilitação (2), sendo empregados os módulos para membros inferiores (módulo para articulação do joelho e módulo para articulação do tornozelo).

Tabela 1

### AValiação e REAValiação NO DINAMÊTRO ISOCINÉTICO

<b>MODO</b>	<b>VELOCIDADE</b>	<b>NÚMERO REPETIÇÕES</b>
Excêntrico	60°/seg.	3
Isométrico	60° (ADM)	4
Concêntrico	60°/seg.	3
Concêntrico	180°/seg.	3
Concêntrico	240°/seg.	5

O protocolo de avaliação e reavaliação isocinética para a articulação do joelho que ambos os grupos foram submetidos foi estruturado da seguinte maneira:

Tabela 2

**AValiação e REAVALIAÇÃO NO DINAMÊTRO ISOCINÉTICO**

<b>MODO</b>	<b>VELOCIDADE</b>	<b>NÚMERO REPETIÇÕES</b>
Excêntrico	60°/seg.	3
Isométrico	30° (ADM)	4
Concêntrico	30°/seg.	3
Concêntrico	60°/seg.	3
Concêntrico	120°/seg.	5

O protocolo de treinamento isocinético para a articulação do tornozelo que ambos os grupos foram submetidos foi estruturado da seguinte maneira:

Tabela 3

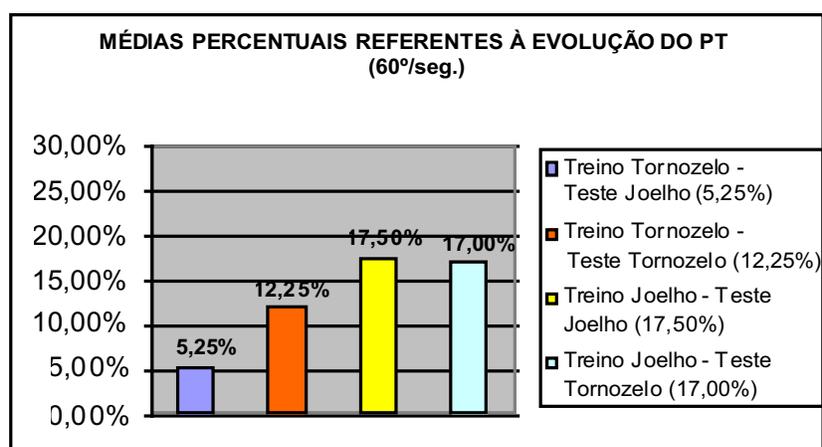
Microciclo: 5 séries / 6 repetições concêntricas (60°/seg.)

Mesociclo: 3 sessões de treinamento

Macro ciclo: 4 sessões de treinamento

*Resultados e Discussão*

*Figura 1: O gráfico representa o percentual de evolução referente ao Pico de Torque (PT), mensurado em N.m (Newtons x metro) apresentado pelos indivíduos que realizaram treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho (a 60°/seg.) plantiflexora de tornozelo (a 30°/seg.) (grupo joelho e tornozelo respectivamente).*

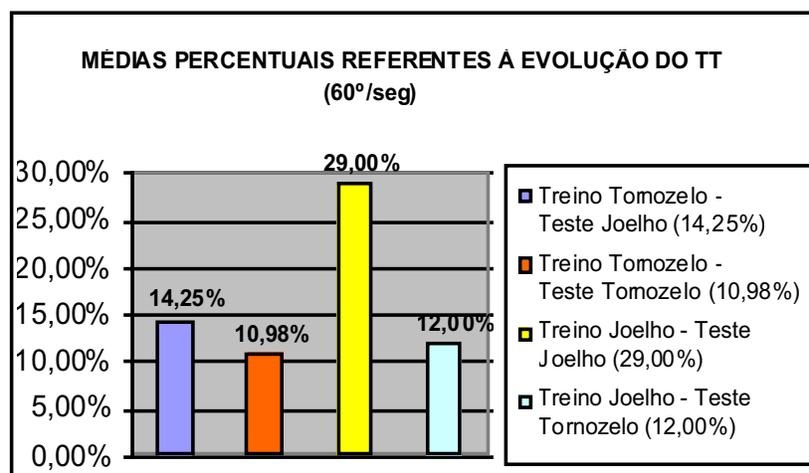


Em relação ao Pico de Torque (PT), percentualmente, constata-se progresso de 5,25%, na avaliação isocinética da musculatura flexora de joelho, para os indivíduos que foram submetidos ao treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo (grupo tornozelo). Esses mesmos indivíduos, quando submetidos à avaliação isocinética da musculatura plantiflexora de tornozelo, apresentaram progresso de 12,25%. Especialmente relevante foi a média de evolução supracitada (5,25%) em relação ao Pico de Torque apresentada pelos indivíduos que não realizaram treinamento isocinético específico da musculatura flexora de joelho, haja vista que a evolução apresentada da ordem de 12,25% em relação ao teste de tornozelo já seria esperada devido ao que Gomes (7) denominou como “Princípio da Especificidade do Treinamento”. Constatação essa que nos permite inferir que efetivamente o treinamento da musculatura plantiflexora de tornozelo (especialmente o músculo gastrocnêmio por sua característica de biarticularidade e pela sua constituição histo-bioquímica em relação à natureza de suas fibras musculares) exerce, na condição de motor secundário, significativa influência em relação à otimização do Pico de Torque durante o movimento de flexão de joelho.

No tocante aos indivíduos que foram submetidos ao treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho (grupo joelho), verifica-se progresso da ordem de 17,50%. No entanto, esses mesmos indivíduos, quando submetidos à avaliação isocinética da musculatura plantiflexora de tornozelo, apresentaram progresso de 17,00%. Em relação aos dados do grupo joelho, chama especialmente a atenção a elevada taxa de evolução referente à avaliação isocinética da musculatura plantiflexora de tornozelo (17,00%), sobretudo, tendo-se em vista que este progresso foi proporcional à taxa de evolução da musculatura flexora de joelho.

Comparativamente, observa-se que houve uma taxa de evolução muito mais significativa (17,00%) em relação ao Pico de Torque apresentado pelos indivíduos submetidos ao treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho (com o gastrocnêmio atuando como motor secundário no mecanismo flexor de joelho). Entretanto, os indivíduos que foram submetidos ao treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo, com o gastrocnêmio atuando na condição de motor primário, apresentaram evolução da ordem de 5,25%.

*Figura 2: O gráfico representa o percentual de evolução referente ao Trabalho Total (TT), mensurado em joules (J), apresentado pelos indivíduos que realizaram treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho (a 60°/seg.) e plantiflexora de tornozelo (a 30°/seg.) (grupo joelho e tornozelo respectivamente).*



De acordo com Enoka (8), o trabalho é o produto da força e da quantidade de deslocamento na direção adequada daquela força (é um meio pelo qual a energia é transferida de um objeto ou

sistema a outro). Matematicamente é expressa pela fórmula  $W = F \cdot d$ . Onde,  $W$  = trabalho;  $F$  = força média exercida e  $d$  = deslocamento do segmento corporal ao longo da linha de ação da força média.

Em relação ao Trabalho Total (TT), percentualmente, constata-se progresso de 14,25% na avaliação isocinética da musculatura flexora de joelho, para os indivíduos que foram submetidos ao treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo (grupo tornozelo). Esses mesmos indivíduos, quando submetidos à avaliação isocinética da musculatura plantiflexora de tornozelo, apresentaram progresso de 10,98%.

No tocante aos indivíduos que foram submetidos ao treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho (grupo joelho), verifica-se progresso da ordem de 29,00%. No entanto, esses mesmos indivíduos, quando submetidos à avaliação isocinética da musculatura plantiflexora de tornozelo, apresentaram progresso de 12,00%.

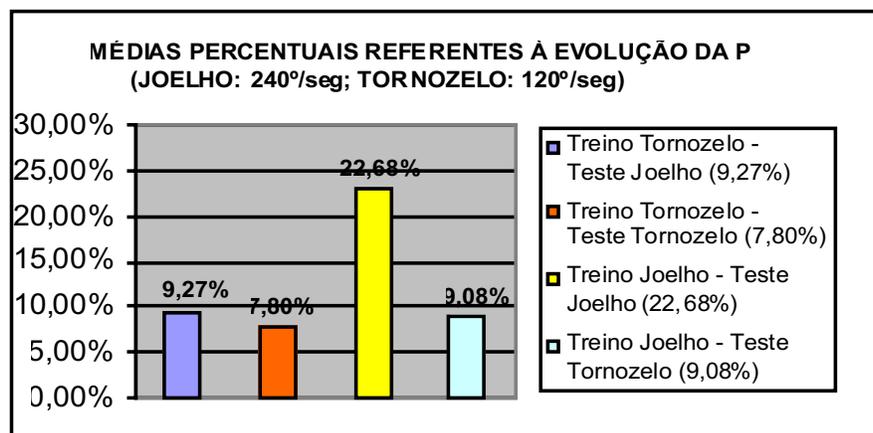
Comparativamente, em relação ao Trabalho Total, observa-se que houve discreta superioridade (14,25%) entre o percentual de progresso dos indivíduos que realizaram treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo quando da avaliação da musculatura flexora de joelho e dos que realizaram treinamento da musculatura flexora de joelho quando da avaliação desse mesmo grupo muscular (12,00%).

No que diz respeito ao problema de pesquisa abordado no presente estudo, a evolução supracitada da ordem de 14,25% reitera e fornece-nos indícios bastante sugestivos em relação à relevância do tríceps sural como movimentador assistente (motor secundário) no mecanismo flexor do

joelho. Convém lembrar ainda que, em relação à biomecânica e artrocinemática da articulação do tornozelo, o tríceps sural (composto pelas cabeças medial e lateral do gastrocnêmio, pelo sóleo e pelo músculo plantar) atua sinergicamente com os músculos fibular longo, fibular curto, tibial posterior, flexor longo dos dedos e o flexor longo do hálux durante o movimento de flexão plantar e antagonicamente com os músculos tibial anterior, extensor longo do hálux e extensor longo dos dedos, que realizam a dorsiflexão. Entretanto, dentre todos os músculos que fazem parte, anatomicamente, do compartimento posterior da perna, os dois únicos que apresentam inserção femoral são o gastrocnêmio e o músculo plantar, muito embora esse último apresente uma disposição anátomo-biomecânica que não o permite exercer grande influência (quando comparado ao braço de alavanca e torque produzido pelo músculo gastrocnêmio) durante o movimento de flexão do joelho (9).

Adicionalmente, no que tange à biomecânica, a posição adotada para o treinamento isocinético dos músculos plantiflexores na tentativa de isolar ao máximo sua ação em relação aos isquiotibiais, somada aos benefícios fisiológicos inerentes ao condicionamento muscular isocinético também já enumerados, fornecem sustentação teórico-prática em relação à evolução da média de Trabalho Total produzido pelo grupo tornozelo quanto ao teste para os flexores de joelho, de forma bastante significativa.

*Figura 3: O gráfico representa o percentual de evolução referente à Potência (P), mensurada em watts (W) apresentado pelos indivíduos que realizaram treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho (a 240°/seg.) e plantiflexora de tornozelo (a 120°/seg.) (grupo joelho e tornozelo respectivamente).*



De acordo com Winter (10), a Potência pode ser pensada como quão rapidamente ou lentamente o trabalho é executado. Ainda segundo o mesmo autor, biomecanicamente, a Potência pode ser caracterizada como sendo a taxa de trabalho executado ou quanto de trabalho é realizado em uma quantidade específica de tempo. Matematicamente é expressa pela fórmula:  $P = W/t$ . Onde, **P** = potência; **W** = trabalho executado e **t** = tempo decorrido para executar o trabalho.

Em relação à Potência (P), percentualmente, constata-se progresso de 9,27% na avaliação isocinética da musculatura flexora de joelho, para os indivíduos que foram submetidos ao treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo (grupo tornozelo). Esses mesmos indivíduos, quando submetidos à avaliação isocinética da musculatura plantiflexora de tornozelo, apresentaram progresso de 7,80%. Fundamentalmente torna-se relevante a taxa de evolução de 9,27% apresentada pelos indivíduos que realizaram o treinamento específico da musculatura plantiflexora de tornozelo, o que endossa a influência que a otimização do condicionamento muscular do tríceps sural exerce em termos de melhora da potência durante a flexão de joelho, mesmo nos indivíduos que não realizaram treinamento específico para a musculatura flexora de joelho, uma vez que, isocineticamente, o treino específico para Potência requereria velocidade angular de, no mínimo, 120º/segundo.

No tocante aos indivíduos que foram submetidos ao treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho (grupo joelho), verifica-se progresso da ordem de 22,68%. No entanto, esses mesmos indivíduos, quando submetidos ao treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo, apresentaram progresso de 9,08%. Mesmo já sendo esperado que houvesse uma evolução significativa em razão da especificidade do treinamento a que esse grupo foi submetido - em termos da biomecânica do movimento - ainda assim esta elevada taxa de progresso torna-se expressiva, considerando-se que os indivíduos não realizaram treino específico para incremento da potência, já que para tal seriam necessárias velocidades angulares isocinéticas mais elevadas, uma vez que, isocineticamente, o treino específico para Potência requereria velocidade angular de, no mínimo, 240º/segundo.

Fundamentalmente, um dos fatores que justifica a melhora nos níveis de Potência para ambos os grupos refere-se ao *Princípio da Sobrecarga Fisiológica da Força* citado por Gomes (7), imposta pelo exercício isocinético, já que inúmeras pesquisas indicam que indivíduos que se exercitam em uma velocidade angular específica obtêm incremento da Força de forma mais acentuada na velocidade específica do treinamento. No entanto, ocorre incremento da Força também em velocidades mais baixas e provavelmente também em velocidades mais altas (como no caso das velocidades sugeridas pela CYBEX para avaliação da Potência muscular).

Outro fator que seguramente pode ter influenciado de forma significativa no incremento da Potência refere-se à íntima correlação que essa valência física apresenta com o Trabalho Total produzido. Entretanto, sabendo-se que o trabalho é o produto da força pelo deslocamento angular e que este é diretamente proporcional à taxa de evolução de Potência, pode-se inferir que o aumento da força muscular dos indivíduos, após o término do macrociclo de treinamento, tenha repercutido positivamente no percentual de evolução do trabalho total produzido e, conseqüentemente, na melhora da Potência, haja vista que, como citado anteriormente, biofísicamente, ambas as valências mantêm correlação.

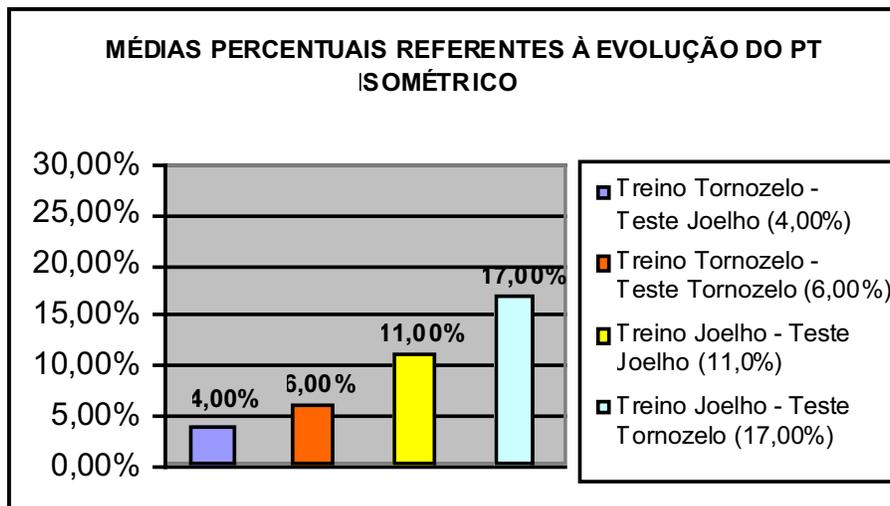
Uma terceira hipótese que pode ser aventada refere-se ao recrutamento progressivo das unidades motoras que ocorre durante o protocolo de avaliação isocinética, no qual o teste de Potência - realizado a 240º/seg - é propositalmente o último parâmetro a ser avaliado, uma vez que, fisiológica e biomecanicamente, o exercício isocinético executado a altas velocidades angulares impõe, ao músculo avaliado, uma exigência neuromuscular bastante acentuada (11) e, portanto, infere-se que a otimização do condicionamento muscular dos indivíduos treinados, sobretudo em termos de força dinâmica, exerça uma influência positiva no tocante à pré-solicitação das fibras musculares quando exigidas em esforços dinâmicos de alta intensidade e curta duração, como no caso dos exercícios isocinéticos relativos à Potência.

Comparativamente em relação à Potência, observa-se que houve equivalência entre as porcentagens de progressão dos indivíduos que realizaram o treino específico e não-específico da musculatura plantiflexora de tornozelo. O

percentual referente à evolução de Potência dos indivíduos que foram submetidos ao treino de joelho é de 9,08% (na avaliação de plantiflexores de

tornozelo). Ao passo que os indivíduos que realizaram treinamento específico da musculatura plantiflexora de tornozelo evoluíram 9,27%.

*Figura 4: O gráfico representa o percentual de evolução referente ao Pico de Torque (PT) Isométrico apresentado pelos indivíduos que realizaram treinamento isocinético da musculatura flexora de joelho e plantiflexora de tornozelo (grupo joelho e tornozelo respectivamente).*



Em relação às médias percentuais de evolução referentes ao Pico de Torque isométrico do grupo tornozelo durante o teste de tornozelo, nota-se que houve uma evolução da ordem de 6% em relação a um esforço isométrico máximo realizado a 30° da ADM, uma vez que Dvir (1) refere que nesta angulação o momento muscular isométrico supera o obtido a 0° (com a articulação em posição neutra). Logo, essa angulação parece ser a mais adequada para a obtenção do pico isométrico durante o teste isocinético de tornozelo.

O que especialmente chama a atenção é o percentual de 11% de evolução do Pico de Torque isométrico obtido pelo grupo joelho no teste de joelho, realizado a 60° da ADM, angulação também recomendada por Dvir (1) como sendo a mais indicada para a mensuração do pico isométrico tanto dos músculos flexores quanto extensores de joelho. Evidentemente, esses achados já seriam esperados tendo em vista o Princípio da Especificidade do Treinamento (perfeitamente aplicável ao exercício isocinético) e que certamente exerceu influência em relação ao engrama.

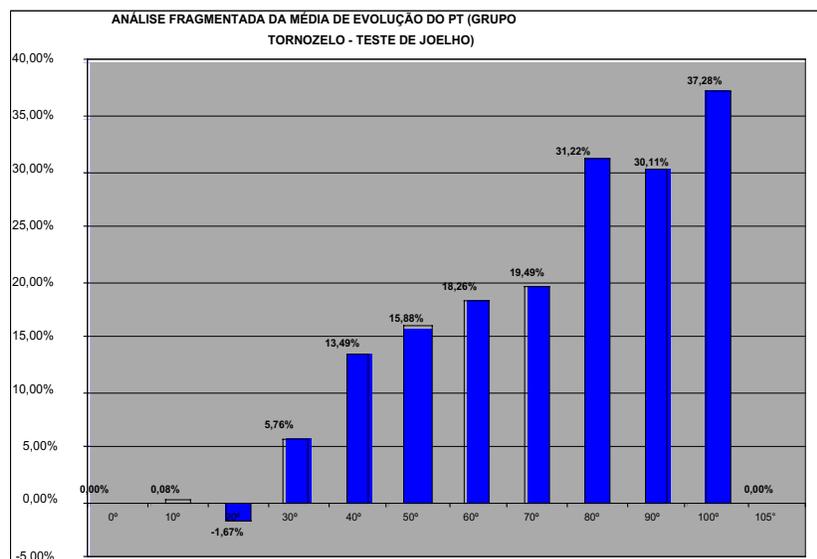
Em relação à evolução referente ao PT isométrico apresentado pelo grupo de indivíduos que treinou isocineticamente a musculatura flexora de joelho, chama a atenção o progresso de 17% apresentado na avaliação isométrica da musculatura plantiflexora (principalmente o músculo gastrocnêmio). Certamente, este fato endossa a influência exercida pelo músculo gastrocnêmio (único músculo do tríceps sural que atua sinergicamente no movimento de flexão de joelho) na qualidade de importante motor secundário no referido movimento.

Em relação ao grupo tornozelo, quando avaliados no teste isométrico para flexores de joelho, houve um progresso da ordem de 4% dado que, embora percentualmente possa parecer inexpressivo do ponto de vista isocinético e biomecânico, passa a ter caráter substancialmente representativo, haja vista que, teoricamente, já seria esperado que houvesse uma evolução menor do grupo tornozelo quando testado isometricamente na flexão de joelho em comparação com o grupo joelho testado isometricamente durante o movimento de flexão plantar. Fato este

plenamente justificável por meio da análise biomecânica de ambas as posições de treinamento isocinético, ou seja, embora não seja possível quantificar em valores precisos o grau de ativação das unidades neuro-motoras do gastrocnêmio durante a flexão de joelho (o que seria possível apenas com auxílio de um eletromiógrafo de superfície), infere-se que este músculo também tenha um grau de participação significativo durante o referido movimento. Em outras palavras, o grupo que treinou a musculatura flexora de joelho, além dos músculos ísquiotibiais, treinou, secundariamente,

o músculo gastrocnêmio, fato que inversamente não ocorreu com o grupo tornozelo que treinou a musculatura plantiflexora (haja vista que a própria disposição espacial do dinamômetro isocinético para o treino de panturrilha - vide protocolo em anexo - possibilita o treino dos plantiflexores de forma relativamente isolada em relação aos ísquiotibiais que se encontram em uma posição de insuficiência ativa e, portanto, infere-se que muito pouco ou quase nada influenciem na geração de força dinâmica durante a execução de flexão plantar de tornozelo).

*Figura 5: O gráfico acima representa a evolução média referente ao PT (medido em N.m a 60°/seg. de velocidade angular) dos indivíduos submetidos ao treinamento isocinético da musculatura plantiflexora de tornozelo em relação ao teste de joelho (musculatura flexora de joelho).*



O gráfico possibilita a realização de algumas considerações relevantes no tocante ao comportamento muscular em termos do aprimoramento dos níveis de força apresentados pela musculatura flexora de joelho na condição de motora primária e do músculo gastrocnêmio na qualidade de sinergista (motor secundário) na referida ação.

Dois pontos de fundamental relevância que nos chamam a atenção em relação a esta análise referem-se à involução apresentada pelos indivíduos em termos de valores absolutos de PT na angulação de 20° da ADM no mecanismo flexor de joelho. No entanto, nota-se que progressivamente ocorreu uma evolução na média geral do

PT nas demais angulações na flexão de joelho dentre as quais a maior evolução foi verificada na angulação de 80° (média de evolução em valores absolutos da ordem de 17,25 N.m). E, portanto, infere-se que na referida angulação (80°), durante a execução do mecanismo flexor de joelho, a melhora do condicionamento do músculo gastrocnêmio possa ter exercido algum grau de influência no mecanismo flexor de joelho. Fato que evidentemente poderia ser avaliado de forma mais fidedigna realizando-se uma eletromiografia de superfície (EMG) conforme citado por So (12). Esta constatação é de suma importância em relação ao presente estudo, tendo em vista que embora o

número de indivíduos avaliados possa não ser estatisticamente representativo, esta constatação nos fornece indícios senão totalmente concretos ao menos bastante sugestivos de que terapeuticamente – dentro do contexto da reabilitação musculoesquelética – a partir desta angulação, haveria um maior recrutamento de unidades motoras, especialmente do gastrocnêmio e possivelmente constituindo-se na amplitude mais favorável na qual poder-se-ia enfatizar o trabalho de fortalecimento desse músculo, objetivando-se potencializar secundariamente a ação concêntrica dos isquiotibiais durante o mecanismo flexor do joelho.

### Conclusão

As valências musculares avaliadas, uma vez que o objetivo primordial do trabalho concentrou-se no treinamento isocinético para ganho de força (dinâmica ou sustentada), foram o Pico de Torque (PT), o Trabalho Total (TT) produzido e a Potência (P) muscular desenvolvida para ambos os grupos treinados.

Diante dos resultados obtidos, mediante sua interpretação sistemática e tendo como referencial teórico literatura especializada em relação à Dinamometria Isocinética, pode-se concluir que, em relação ao problema de pesquisa levantado, obtiveram-se dados que, senão comprobatórios, ao menos podem ser caracterizados como sendo fortemente sugestivos de que, efetivamente, a melhora do condicionamento do tríceps sural (especificamente do músculo gastrocnêmio) acarretou um comportamento otimizado dos músculos que atuam sinergicamente durante o movimento de flexão de joelho, que tem como motor primário os músculos isquiotibiais (semitendíneo, semimembranáceo e bíceps femoral).

Em relação ao grupo que realizou treino específico da musculatura da panturrilha (grupo tornozelo, conforme citado na metodologia) verificou-se uma melhora na média do Pico de Torque, testado à velocidade angular de 60º/segundo, uma evolução da ordem de 5,25% em relação à avaliação isocinética para a musculatura flexora de joelho. No tocante ao Trabalho Total produzido (que é certamente o dado mais relevante na presente pesquisa) houve uma evolução da ordem de 14,25%. Este último dado endossa de forma

irrefutável a constatação de que *no presente estudo* o aumento da força da musculatura plantiflexora repercutiu positivamente no mecanismo flexor de joelho.

Embora o número de indivíduos avaliados neste trabalho possa não ser estatisticamente representativo, pode-se inferir que haveria um comportamento linear dos resultados obtidos (evidentemente tomando por base rigorosamente todos os critérios metodológicos preestabelecidos para o estudo em questão) se um maior número de indivíduos fosse submetido aos mesmos protocolos de treinamento e avaliação isocinéticos alocados na presente pesquisa.

Seguramente, todos os dados fornecidos pelo Dinamômetro Isocinético CYBEX NORM 7000, são bastante fidedignos, porém cabe ressaltar que talvez o principal fator limitante em relação à interpretação mais completa dos resultados obtidos na pesquisa refira-se a não realização do controle por meio da técnica de eletromiografia de superfície (EMG) que, supostamente, viabilizaria com muito mais precisão a noção da real magnitude de recrutamento das unidades neuromotoras, tanto dos isquiotibiais durante o treinamento específico para musculatura plantiflexora de tornozelo quanto do gastrocnêmio durante o treinamento da musculatura flexora de joelho, que, segundo pode-se concluir, não poderia ser caracterizado como um treinamento exclusivamente dos isquiotibiais, já que estes contam com o auxílio dos músculos gastrocnêmio e plantar durante a referida ação na qualidade de motores secundários (muito mais o gastrocnêmio do que o músculo plantar, tendo em vista as características biomecânicas de cada um, como citado anteriormente na discussão).

Obviamente que muitas outras variáveis poderiam ser controladas no presente estudo, as quais potencialmente endossariam, do ponto de vista científico, a validade e a credibilidade de estudos como esse. Sucintamente, poder-se-ia citar: o curto espaço de tempo empregado para a estruturação da periodização do protocolo de treinamento isocinético específico para incremento da força muscular, já que a literatura preconiza um mínimo de doze (12) semanas para ganhos efetivos de força. Outro fator relevante refere-se ao aumento da amostra pesquisada (cientificamente um mínimo de trinta (30) indivíduos constituintes do universo de pesquisa). Adicionalmente aos fatores supracitados pode-se mencionar que possi-

velmente seria conveniente avaliar o grau de influência que o *feedback* visual do indivíduo participante da pesquisa possa exercer em relação aos seus desempenhos nas sessões de treinamento e/ou avaliação isocinética subseqüentes, tendo em vista o fator psicológico de inquestionável relevância em termos da geração de força muscular máxima (13).

### Referências

1. Dvir Z. **Isocinética**: avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas. São Paulo: Manole; 2002.
2. Cybex N. **Manual de uso**. São Paulo: Cybex; 1998.
3. Wilmore JH, Costill DL. **Fisiologia do esporte e do exercício**. São Paulo: Manole; 2001.
4. Taylor DC. Viscoelastic properties of muscle-tendons units. **The American journal of sports medicine** 2004; 18:23-36
5. Hwang IS, Abraham L.D. Quantitative EMG analysis synergistic coactivation of ankle and knee muscles during Isokinetic ankle movement. **Journal Electromyography and kinesiology** 2001; 11: 319-325.
6. Mcardle WD, Katch F, Katch V. **Fundamentos de fisiologia do exercício**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
7. Gomes AC. **Treinamento desportivo**: estruturação e periodização. Porto Alegre: Artmed; 2002.
8. Enoka RM. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. São Paulo: Manole; 1999.
9. Prentice WE., Voight ML. **Técnicas em reabilitação musculoesquelética**. Porto Alegre: Artmed; 2003.
10. Winter DA. **Biomechanics and motor control of human movement**. Waterloo: Wiley John e Sons; 2005
11. Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. **Journal of Athletic Training** 2005; 40: 94-103
12. So R, Chan KM, SIU O. EMG power frequency spectrum shifts during repeated isokinetic knee and arm movements. **Research Quarterly for Exercise and Sport** 2002; 73:98-103
13. Albert M. **Treinamento excêntrico em esportes e reabilitação**. São Paulo: Manole; 2002.

Recebido em: 16/09/2004

Received in: 09/16/2004

Aprovado em: 21/10/2005

Approved in: 10/21/2005