

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

Bruna Gonçalves Cordeiro da Silva

**COMPARAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR DO QUADRÍCEPS FEMORAL
E ISQUIOTIBIAIS NOS EQUIPAMENTOS ISOCINÉTICO E DE
RESISTÊNCIA VARIADA**

**Porto Alegre
2009**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Bruna Gonçalves Cordeiro da Silva

**COMPARAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR DO QUADRÍCEPS FEMORAL
E ISQUIOTIBIAIS NOS EQUIPAMENTOS ISOCINÉTICO E DE
RESISTÊNCIA VARIADA**

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

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre

2009

RESUMO

A força muscular é um importante componente da aptidão física relacionada à saúde e também ao desempenho. Desta forma, é aconselhada que sua avaliação seja realizada com regularidade. Existem várias formas de medir a produção de força, entre elas estão o teste isocinético e o teste de 1RM. Sendo assim, o objetivo do presente estudo é correlacionar os valores de pico de torque (PT) e índice de fadiga (IF) e as razões de equilíbrio dos músculos extensores e flexores do joelho, medidos no dinamômetro isocinético, com os valores de 1RM e 60% de 1RM respectivamente, medidos nos equipamentos de musculação de resistência variada: flexor e extensor de joelhos. Cada teste foi realizado em dois momentos, separados por um período mínimo de 24 horas. Ademais, foi utilizada a correlação intraclasse (ICC) para verificar a associação entre teste e re-teste. A amostra utilizada foi de 10 homens jovens com idade média de $24,80 \pm 3,42$. Foram realizados testes isocinéticos com 5 e 20 repetições concêntricas de extensão e flexão de joelho a $60^\circ/s$, para se obter o PT e o IF, respectivamente, e testes unilaterais de 1RM e 60% de 1RM em equipamentos de resistência variável. A partir da coleta de dados, foram encontrados altos valores de ICC para 1RM, 60% de 1RM e PT de extensores e flexores e IF de extensores. Foram encontradas também correlações fortes entre 1RM e PT de extensores ($r > 0,60$) e flexores ($r > 0,70$). Para as razões (flexores/extensores) de 1RM e de PT, os resultados apresentaram altas correlações para as duas pernas ($r > 0,70$). Não foram encontradas correlações entre número de repetições a 60% de 1RM e IF de extensores e flexores de joelho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Objetivos.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Treinamento de força.....	10
2.2 Teste de uma repetição máxima.....	14
2.3 Teste Isocinético.....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 Amostra.....	22
3.2 Definição Operacional das Variáveis.....	24
3.3 Instrumentos.....	25
3.4 Procedimentos Metodológicos.....	26
3.5 Análise Estatística.....	32
4. RESULTADOS.....	33
4.1 Associação entre os resultados nos testes avaliados.....	33
4.2 Correlação entre as variáveis medidas em equipamentos isocinéticos e em equipamentos de resistência variada.....	36
5. DISCUSSÃO.....	39
6. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
APÊNDICES.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores de correção propostos por Lombardi.....	16
Quadro 2 – Desenho Experimental Simplificado.....	27
Quadro 3 – Desenho Experimental Teste e Re-teste 1.....	28
Quadro 4 – Desenho Experimental Teste e Re-teste 2.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Associação entre testes de 1RM de extensores de joelho.....	33
Tabela 2 - Associação entre testes de 1RM de flexores de joelho.....	33
Tabela 3 - Associação entre testes de 60% de 1RM e IF de extensores de joelho.....	34
Tabela 4 - Associação entre testes de 60% de 1RM e IF de flexores de joelho.....	34
Tabela 5 – Associação entre testes isocinéticos de 5 repetições de extensores de joelho.....	35
Tabela 6 – Associação entre testes isocinéticos de 5 repetições de flexores de joelho.....	35
Tabela 7 - Associação entre testes isocinéticos de 20 repetições de extensores de joelho.....	36
Tabela 8 - Associação entre testes isocinéticos de 20 repetições de flexores de joelho.....	36
Tabela 9 – Correlação entre 1RM e PT de extensores de joelho.....	37
Tabela 10 - Correlação entre 1RM e PT de flexores de joelho.....	37
Tabela 11 – Correlação entre 60% de 1RM e IF de extensores de joelho....	37
Tabela 12 - Correlação entre 60% de 1RM e IF de flexores de joelho.....	38
Tabela 13 – Correlação entre razões de 1RM e PT.....	38

1. INTRODUÇÃO

A força muscular é um importante componente da aptidão física relacionada à saúde e também ao desempenho, pois exerce papel relevante para o desempenho físico em inúmeras modalidades esportivas (DIAS et al., 2005). Desta forma, é aconselhada que sua avaliação seja realizada com regularidade. Existem várias formas de medir a produção de força, entre elas estão o teste isocinético e o teste de uma repetição máxima (1RM), por exemplo.

O teste isocinético realizado em um dinamômetro se destaca, pois é o único capaz de coletar informações sobre as propriedades neuromusculares durante a contração dinâmica e com velocidade constante (DVIR, 2002). Além das medidas dinâmicas isocinéticas, o equipamento também possibilita a realização de avaliações isométricas. As principais medidas (variáveis) obtidas em um teste isocinético são: pico de torque, trabalho, potência e índice de fadiga.

A partir dos dados coletados em uma avaliação isocinética, é possível realizar cálculos, análises e comparações e, desta forma, traçar um perfil das condições musculares do indivíduo avaliado. A razão entre pico de torque (PT) agonista e PT antagonista, assim como as diferenças de PT bilaterais são resultados importantes, pois se referem ao equilíbrio muscular.

Já os testes de 1RM são comumente utilizados para determinar a carga de treinamento e para verificar a ocorrência, bem como quantificar as adaptações decorrentes do treino. O teste de 1RM, que é de fácil aplicação e utilizado normalmente em centros de treinamento de força, segundo Sakamoto e Sinclair (2006) é aplicado para identificar a força máxima de um indivíduo para um dado exercício.

Pesquisas realizadas em atletas e em indivíduos saudáveis com o dinamômetro isocinético mostram que aqueles que se encontram fora dos valores considerados normativos, tanto de comparação de pico de torque

bilateral, quanto de comparação da razão do pico de torque entre músculos agonistas e antagonistas, possuem desequilíbrios musculares. Esse é um dado relevante, pois esses desequilíbrios podem estar relacionados com a ocorrência de determinadas lesões (IMPELLIZZERI et al., 2008).

Entretanto, o dinamômetro isocinético é um equipamento de alto custo, ao qual nem todos podem ter acesso. Já os equipamentos de musculação são mais comuns e de acesso mais fácil. A possibilidade de avaliar o equilíbrio muscular neles seria de grande importância, visando a prevenção de lesões.

Sendo assim, será que o equilíbrio muscular avaliado pelo teste de 1RM nos equipamentos de flexão e extensão do joelho tem equivalência com os valores de PT de flexão e extensão do joelho obtidos no teste isocinético? Da mesma forma, será que o número de repetições máximas a 60% de 1RM tem equivalência com o índice de fadiga obtido no teste isocinético?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

- Correlacionar os valores de pico de torque e índice de fadiga dos músculos extensores e flexores do joelho, medidos no dinamômetro isocinético, com os valores de 1RM e 60% de 1RM respectivamente, medidos nos equipamentos de musculação: flexor e extensor de joelhos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o pico de torque dos músculos extensores e flexores do joelho no dinamômetro isocinético;
- Avaliar o índice de fadiga dos músculos extensores e flexores do joelho no dinamômetro isocinético;

- Avaliar a força máxima por meio do teste de 1RM nos equipamentos: flexor e extensor de joelhos;
- Avaliar a resistência de força a partir do teste de 60% de 1RM nas equipamentos: flexor e extensor de joelhos;
- Verificar a reprodutibilidade dos dados com teste e re-teste de 1RM, 60% de 1RM, pico de torque e índice de fadiga;
- Correlacionar os valores de pico de torque com os de 1RM, obtidos nos testes isocinéticos e equipamentos de flexão e extensão de joelho, respectivamente;
- Correlacionar os valores de índice de fadiga com o número máximo de repetições a 60% de 1RM, obtidos nos testes isocinéticos e equipamentos de flexão e extensão de joelho, respectivamente;
- Comparar as razões (Isquiotibiais/Quadríceps) obtidas no teste isocinético com as obtidas nos equipamentos de resistência variada de flexão e extensão do joelho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Treinamento de Força

O treinamento de força hoje é uma das formas mais populares de atividade física procurada com o objetivo de melhora da saúde em geral. Faigenbaum (2000) afirma que independente da faixa etária, alguns dos benefícios que treinamento de força gera são: o aumento da força muscular, da massa muscular, da potência muscular e da resistência muscular localizada. Além destes o autor lista a melhora da composição corporal, da saúde mental e do bem-estar, como também a diminuição do risco a lesão.

Entretanto, para que esses benefícios sejam alcançados, deve-se ter atenção com as variáveis agudas do treinamento de força, que determinarão o alcance ou não dos objetivos requeridos com o treinamento.

2.1.1 Variáveis Agudas do Treinamento de Força

Uma sessão de treinamento corresponde a uma combinação de variáveis que irão produzir determinados estímulos de exercício, de maneira que, a escolha para cada uma dessas variáveis é que determinará as demandas fisiológicas da sessão (KRAEMER, 2003). Para Hatfield et al. (2006) o sucesso de uma sessão de treinamento de força depende da manipulação das variáveis agudas para maximizar os resultados que se pretende com o treinamento.

2.1.1.1 Seleção dos exercícios e Ordem dos exercícios

A seleção dos exercícios compreende a escolha dos exercícios para um programa de treinamento de força. Bird et al. (2005) afirmam que há diversos termos para classificar tipos de exercício, mas que todos são baseados no tamanho da área muscular envolvida.

O mesmo autor ainda afirma que exercícios que movimentam uma única articulação (mono-articulares) são freqüentemente utilizados para isolar grupos musculares específicos e podem apresentar menores riscos de lesão. Entretanto, exercícios multi-articulares exigem uma maior coordenação inter e intra-muscular e de uma forma geral, segundo a literatura, quanto a ordem dos exercícios, devem vir antes dos exercícios mono-articulares em uma sessão de treino (HASS et al., 2001). Sendo assim, a ordem dos exercícios consiste na seqüência em que os exercícios serão executados em um programa de treinamento.

Bird et al. (2005) afirmam que esta recomendação de se executar primeiramente exercícios multi-articulares deve-se ao fato de que este tipo de exercício é mais intenso, leva a uma mobilização de maiores massas musculares, promovendo um maior gasto total de energia do que aqueles que mobilizam pequenas massas musculares, como os exercícios mono-articulares. Os mesmos autores ainda declaram que tanto exercícios mono-articulares quanto multi-articulares devem estar presentes no treinamento, pois são efetivos para o incremento da força e da hipertrofia muscular. Platonov (2004) afirma que não é conveniente priorizar o desenvolvimento de certos grupos musculares, uma vez que o treinamento de força deve desenvolver de forma equilibrada a força dos músculos agonistas e antagonistas.

2.1.1.2 Número de séries

O número de séries para cada exercício em programa de treinamento de força está diretamente relacionado com o objetivo do mesmo. Esta variável afetará o volume total da sessão de treino.

Para indivíduos destreinados, a literatura aponta que o mais adequado é a utilização de séries simples no seu período inicial de treinamento; já para indivíduos treinados a utilização de séries múltiplas parece ser mais efetiva (BIRD et al., 2005). Wolfe et al. (2004), que realizaram um estudo com abordagem meta-analítica para investigar a existência de pesquisas sobre a utilização de séries simples e séries múltiplas em programas de treinamento de força, corroboram com esta idéia.

2.1.1.3 Intensidade

Esta variável é considerada por muitos pesquisadores da área como a mais importante (Bird et al., 2005). Pode ser avaliada como o percentual de uma repetição máxima (1RM), e para que se consiga um incremento da força muscular deve-se trabalhar com no mínimo 60% do 1RM (FLECK e KRAEMER, 1999).

Tal importância à intensidade é dada pois determinará quais adaptações ocorrerão com o treinamento, além disso, ela corresponde a carga que será utilizada nos exercícios. Esta carga a ser utilizada é inversamente proporcional ao número de repetições, ou seja, quanto mais alta é a intensidade (carga), menor será o número de repetições e vice-versa.

Dessa maneira, Hatfield et al. (2006) declaram que é o número de repetições que será executado em uma certa intensidade que determinará quais serão os efeitos e adaptações sobre a força muscular com o treinamento. Este mesmo autor então afirma que será desenvolvida: a força máxima com menores números de repetições e cargas mais altas (1-5 repetições com 80-100% RM), a hipertrofia muscular com número de repetições moderados (8-12) e cargas também moderadas, e a resistência muscular com altos números de repetições e cargas leves.

2.1.1.4 Períodos de repouso

Esta variável diz respeito aos intervalos tanto entre as séries de um exercício, quanto de um exercício para outro. Sabe-se que ela está estritamente relacionada à intensidade da sessão de treino. Bird et al. (2005) acrescentam que esta variável está relacionada também aos objetivos do treinamento e à condição do indivíduo.

Segundo Smilios et al. (2003) quando o objetivo do treinamento é potência, de 5 a 8 minutos de repouso são necessários, enquanto que para desenvolver força máxima são de 3 a 5 minutos, já para hipertrofia muscular o período de repouso deve ser de 1 a 2 minutos e de 30 a 60 segundos para resistência muscular.

2.1.1.5 Velocidade de execução

De acordo com a relação força-velocidade, a produção de força máxima decresce conforme a velocidade de contração aumenta (SAKAMOTO e SINCLAIR, 2006), conforme a curva clássica força-velocidade de Hill, na qual a força produzida diminui quando a velocidade de encurtamento dos músculos aumenta.

Todavia, Sakamoto e Sinclair (2006) encontraram em seu estudo que um número maior de repetições foi possível em velocidades mais altas. A esse fato, atribuíram o uso do ciclo alongamento-encurtamento durante os movimentos ocorridos na fase inicial de cada repetição, na transposição da fase excêntrica para a concêntrica, o que permitiu então mais repetições em velocidades mais altas.

A recomendação da literatura sobre essa variável, de uma maneira geral, é que os movimentos devem ser executados de forma controlada e com velocidade lenta para indivíduos iniciantes e intermediários no treinamento (BIRD et al., 2005). Para indivíduos em estágio avançado no treinamento, estes autores relatam que o incremento da velocidade de execução pode trazer

ganhos de força e principalmente potência muscular, porém deve-se ter cuidado, pois em velocidades altas há maior risco de lesão.

Sendo assim, uma das maneiras mais comuns e recomendadas para avaliar a força muscular é o teste de 1RM. A partir da realização deste teste em cada exercício poder-se-á manipular de forma correta todas essas variáveis agudas do treinamento de força e periodizar o treinamento com segurança.

2.2 Teste de uma repetição máxima (1RM)

Conforme já mencionado, o teste de uma repetição máxima (1RM) representa a carga máxima levantada em somente uma repetição. Pereira e Gomes (2003) corroboram com esta idéia e completam que a força máxima é freqüentemente medida pelo teste de 1RM, que consiste operacionalmente em medir a maior carga que pode ser movida com amplitude de movimento controlada e execução correta uma única vez, ou seja, em apenas uma repetição.

Segundo Kraemer e Hakkinen (2004), a prescrição de um treinamento de força por meio do percentual de uma repetição máxima pode ser preciso e eficaz. Para esses autores, depois de obtido o 1RM, deve-se estabelecer um percentual para o treino, em função do objetivo que se tem com o mesmo. No entanto, ressaltam que a avaliação do 1RM deve ser feita com regularidade, pois este valor altera-se com o treinamento.

Há duas formas de se realizar o teste de 1RM, de forma direta ou de forma estimada. A primeira forma é realizada quando um indivíduo consegue realizar apenas uma repetição com determinada carga, selecionada através de tentativa e erro, ou seja, se o indivíduo consegue realizar mais de uma repetição com uma certa carga, aumenta-se a carga até que ele consiga realizar apenas uma repetição com execução correta do movimento.

O teste direto de 1RM, embora tenha algumas limitações, é um método preciso (BAECHLE e GROVES, 2000) e seguro de avaliação da força tanto para indivíduos treinados quanto para destreinados saudáveis (REYNOLDS et al., 2006). Sakamoto e Sinclair (2006) concordam com essas afirmações, mas ressaltam que deve-se ter uma certa familiaridade com os exercícios antes do teste, caso contrário lesões podem ser associadas a uma má execução do teste.

A outra forma de realizar o teste de 1RM é por meio da estimativa do mesmo por testes submáximos. Visa avaliar a força muscular sem expor um indivíduo à avaliação direta do 1RM. É mais utilizado para indivíduos que possuem certos problemas de saúde, como cardiopatias.

Para se chegar ao 1RM estimado há duas maneiras bastante utilizadas, por meio de testes submáximos ou de coeficientes. Uma dessas maneiras de se estimar o 1RM surgiu a partir de estudos que foram feitos para identificar a relação entre um determinado número de repetições usando uma carga submáxima e a carga máxima possível levantada, uma vez que esta relação possibilitaria a estimativa de uma 1RM, sem a necessidade de um teste direto, reduzindo assim os eventuais riscos associados a este (SAKAMOTO e SINCLAIR, 2006).

A partir dessa relação, Reynolds et al. (2006) explicam que se podem criar equações para estimar a 1RM, equações essas baseadas em indivíduos movimentando a maior carga possível para um pré-determinado número de repetições ou uma determinada carga para o maior número de repetições possível. Sendo que, nesse estudo as repetições deveriam ficar entre 2 e 15, com equações lineares para menos do que 10 repetições e não lineares para até 15 repetições.

Outra maneira bastante comum de se estimar o 1RM é pelos fatores de correção, como os propostos por Lombardi (1989) em seu livro (Quadro 1). O mesmo apresenta uma tabela com valores para serem multiplicados relativos ao número de repetições realizados pelo indivíduo com a carga testada. Assim

sendo, o produto desta multiplicação resulta é o 1RM estimado (REYNOLDS et al., 2006).

Número de repetições executadas	Fator de Correção
1	1,00
2	1,07
3	1,10
4	1,13
5	1,16
6	1,20
7	1,23
8	1,27
9	1,32
10	1,36

Quadro 1 – Fatores de correção propostos por Lombardi (1989)

Por fim, tem-se como estimar o 1RM também a partir de coeficientes específicos, que segundo Baechle e Groves (2000) constituem-se de um número que foi estabelecido a partir de estudos de homens e mulheres, experientes e inexperientes em treinamento de força e que quando multiplicado pela massa corporal, pode ser usado para estimar as cargas de treinamento.

Operacionalmente, essa maneira de se estimar o 1RM é realizada a partir de estudos que identifiquem valores médios relativos à divisão do 1RM avaliado pela massa corporal de um grupo de indivíduos que apresentem características corporais semelhantes as do grupo investigado, sendo este valor definido como coeficientes preditivos de 1RM (BAECHLE e GROVES, 2000).

Conforme já mencionado, além do teste de 1RM existem outros meios de se avaliar a força muscular, e um dos meios mais precisos é avaliação em dinamômetro isocinético. No entanto, ao contrário do teste de 1RM, o teste isocinético não é utilizado comumente nas academias e clubes, devido ao seu alto custo, e sim em laboratórios de pesquisa do esporte e da fisioterapia.

2.3 Teste Isocinético

O termo isocinético é definido como a contração muscular dinâmica na qual a velocidade de movimento é mantida constante. Para tanto, é necessária a utilização de um equipamento especial. O dinamômetro isocinético é um equipamento que se pode considerar recente, pois surgiu na década de 60, o qual tem um dispositivo eletromecânico capaz de manter a velocidade do movimento constante e tem sido amplamente utilizado para obter os valores de torque máximo gerado em articulações específicas (AAGAARD, 2000).

Terreri et al. (2001) afirmam que a avaliação isocinética começou a ser utilizada como método para determinar o comportamento funcional da força e o equilíbrio muscular nos anos 70. Os autores afirmam também que os estudos relacionados com a avaliação isocinética na área da medicina esportiva intensificaram-se na década de 90 e vêm progredindo.

O teste isocinético é, por definição, de velocidade constante e representa uma combinação entre a velocidade pré-determinada e mecanicamente imposta, e o movimento do segmento (membro) avaliado. Cabe salientar que o movimento não ocorre em toda a sua amplitude com velocidade constante, existe um momento de aceleração inicial e o outro de desaceleração final. Desta forma, a velocidade é constante somente em um período do movimento. Quanto maior for a velocidade escolhida para a realização do movimento, menor será o período de velocidade constante, pois haverá maior tempo de aceleração para atingi-la. Em um estudo de Osternig (1986) foi observado que a 50°/s, o período de velocidade constante foi de 92%

da amplitude total do movimento, enquanto a 400°/s este período diminuiu para somente 15%. Desta forma, para que um teste seja realmente isocinético as velocidades não devem ser muito elevadas.

O teste isocinético permite a avaliação de uma série de variáveis, as principais são: pico de torque, trabalho, índice de fadiga e potência. Assim, a partir dessas podemos avaliar o equilíbrio muscular (DVIR, 2002).

2.3.1 Pico de Torque

O pico de torque é calculado a partir do produto da força máxima (aplicada no dinamômetro) pela distância (comprimento do segmento) e tem como resultado um valor na unidade de Newton metros (Nm). Esta é uma das medidas mais utilizadas em trabalhos clínicos e científicos, podendo ser considerada como a produção de força máxima que o sujeito consegue realizar, pois o pico de torque é o valor mais alto de torque que o avaliado consegue atingir em um determinado número de repetições (KANNUS, 1994).

O torque e a velocidade angular de movimento são inversamente proporcionais, sendo assim, quanto menor a velocidade angular, maior será o torque e vice-versa (TERRERI et al., 2001).

2.3.2 Trabalho

O trabalho rotacional é definido como o produto do torque pela distância percorrida, ou seja, equivale a área apresentada no gráfico de torque x distância e a sua unidade é o Joule (J) (DVIR, 2002). O trabalho total é a soma do trabalho realizado em todas as repetições e o pico de trabalho é somente o trabalho realizado durante a melhor repetição (KANNUS, 1994). Esta medida possibilita avaliar a habilidade do indivíduo de manter a produção do torque durante toda a amplitude de movimento.

2.3.3 Potência

A potência é calculada a partir do quociente: trabalho sobre o tempo, e pode também ser descrita como a habilidade de alguém expressar a força de explosão. Contrariando o pico de torque, a potência aumenta, quando a velocidade aumenta (TERRERI et al., 2001); isto significa que, a magnitude de queda que ocorre no valor de torque não é suficiente para compensar o decréscimo do tempo de movimento (aumento da velocidade) (KANNUS, 1994). A média da potência é definida como o trabalho total das contrações dividido pelo tempo total de movimento.

2.3.4 Índice de Fadiga

O índice de fadiga tem como objetivo analisar a habilidade do indivíduo de realizar o mesmo movimento várias vezes com uma determinada velocidade (BALZOPoulos e BRODIE, 1989). É medida a diferença do torque entre primeiras (geralmente 5) e as últimas (geralmente 5) repetições realizadas no teste e mostra a capacidade da pessoa manter a produção de força ao longo das repetições.

2.3.5 Razão Convencional

Para a articulação do joelho, o valor de pico de torque dos ISQUIOTIBIAIS dividido pelo valor de pico de torque do quadríceps (I_{con}/Q_{con}) coletados durante a mesma velocidade angular e mesmo tipo de contração é denominado razão convencional (AAGAARD et al. 1998, COOMBS e GARBUTT, 2002). Valores de razão variando de 0,43 a 0,90 já foram encontrados, porém eles dependem da velocidade angular, da amplitude do movimento, da população e da correção da gravidade. Existe um consenso que indica como valor normativo 0,6 para a razão convencional.

O uso somente desta razão como indicadora de desequilíbrios musculares para possível prevenção de lesão apresenta algumas limitações, pois a comparação do torque concêntrico, para o joelho, tanto dos ISQUIOTIBIAIS quanto do quadríceps é uma situação que não ocorre durante a execução de movimentos funcionais.

Todavia, Magalhães et al. (2001) afirmam que a avaliação de força no modo concêntrico/excêntrico (razão funcional) apresenta dificuldades de operacionalização no controle e acompanhamento de um treinamento, bem como por ser mais difícil de se executar, podendo ser influenciada pela aprendizagem de cada indivíduo. Os autores explicam que a avaliação isocinética no modo excêntrico, sem grandes experiências anteriores, é complexa e pode interferir então nos resultados. Além disso, declaram que a razão convencional pode ser sim um bom parâmetro para se avaliar o risco a lesão.

2.3.6 Razão Funcional

Durante a extensão do joelho, o quadríceps contrai-se concentricamente enquanto os isquiotibiais contraem-se excentricamente; já na flexão do joelho, os isquiotibiais contraem-se concentricamente e o quadríceps excentricamente. Desta forma, a razão funcional dos flexores e extensores do joelho são respectivamente a divisão do pico de torque excêntrico dos isquiotibiais pelo pico de torque concêntrico do quadríceps (I_{exc}/Q_{con}) e o pico de torque concêntrico dos isquiotibiais pelo pico de torque excêntrico do quadríceps (I_{con}/Q_{exc}).

Valores de 0,90 a 1,3 (I/Q) têm sido encontrados, indicando uma capacidade dos músculos isquiotibiais de estabilizar a articulação do joelho durante a extensão (AAGAARD et al., 2000). Esta capacidade de estabilização articular é progressivamente requisitada nas situações aonde se é esperado um estresse no ligamento cruzado anterior (LCA) potencialmente alto, em

posições com maior extensão do joelho e altas velocidades angulares (Aagaard et al. 1998).

Dvir e colaboradores (1989) foram os primeiros a fazer referências a razão do “controle dinâmico” e desde então, a necessidade de expressar a razão I/Q funcionalmente tem tornado-se mais evidente.

Além dessas variáveis até aqui mencionadas, a partir de testes isocinéticos podemos analisar também os déficits bilaterais, o comportamento da curva de torque e conseqüentemente os ângulos em que há uma maior produção de torque. Conclui-se então, que a avaliação isocinética é diferenciada e de grande importância, principalmente, para o controle do equilíbrio muscular e prevenção de lesões.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Amostra

A amostra foi composta por 10 homens jovens com idade entre 21 e 31 anos, saudáveis e não-atletas.

3.1.1 Procedimentos para Seleção da Amostra

Os indivíduos foram convidados, a partir de comunicação oral, a participar do estudo, como voluntários, comparecendo em data e horários pré-estabelecidos para a familiarização dos testes e coleta de dados. Antes dos testes, os indivíduos foram informados sobre os protocolos e procedimentos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice 1), aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (n° 2008155).

3.1.2 Critérios de Inclusão

- Homens entre 18 e 35 anos, familiarizados com o treino de força em, pelo menos, 6 meses.

3.1.3 Critérios de Exclusão

- Indivíduos que não estivessem familiarizados com o treino de força por, pelo menos, 6 meses.
- Indivíduos que apresentassem limitação severa da amplitude articular, inchaço importante, lesão muscular aguda, luxação aguda

ou hipertensão arterial não controlada, problema discal agudo (lombalgia aguda, por exemplo), fratura não-consolidada, epilepsia, aneurisma, problema pulmonar ativo ou cirurgia recente;

- Indivíduos que tivessem realizado algum esforço máximo nos dias dos testes.

3.1.4 Cálculo do Tamanho da Amostra

Para o presente estudo, calculou-se o “n” amostral com base nos estudos de Pereira et al. (2007), por esse estudo ter semelhança com as avaliações a serem realizadas aqui nos testes de 1RM e de repetições máximas (RMs), Croiser et al. (2007) e Bittencourt et al. (2005), para as variáveis isocinéticas, devido também aos estudos terem utilizado avaliações semelhantes as que foram realizadas.

O cálculo foi realizado para amostras pareadas no programa PEPI versão 4.0, tendo sido adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90%, e um coeficiente de correlação de 0,8 para as variáveis.

Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas nos estudos supracitados, utilizou-se o cálculo realizado que demonstrou, dentre os três, o maior “n”, tendo assim, a necessidade de um “n” de no mínimo 8 indivíduos para este experimento.

3.2 Definição Operacional das Variáveis

3.2.1 Variáveis Dependentes

- Pico de torque: melhor valor obtido no teste de 5 repetições a 60°/s de flexão e extensão do joelho realizado no dinamômetro isocinético e registrados pelo *software* do mesmo.

- Índice de fadiga: valor obtido no teste de 20 repetições a 60°/s de flexão e extensão do joelho realizado no dinamômetro isocinético, a partir da diferença do torque entre as primeiras e as últimas repetições e registrado pelo *software* do dinamômetro.
- Carga máxima (1RM): máxima carga com a qual o indivíduo é capaz de realizar somente uma repetição em toda amplitude de movimento e em ritmo controlado pelo metrônomo de 1 segundo e meio para a fase concêntrica e 1 segundo e meio para a fase excêntrica.
- 60% de 1RM: número máximo de repetições que o indivíduo é capaz de realizar com carga equivalente a 60% do 1RM, repetições estas avaliadas em ritmo controlado pelo metrônomo de 1 segundo e meio para a fase concêntrica e 1 segundo e meio para a fase excêntrica.

3.2.2 Variáveis Independentes

- Exercícios de flexão e extensão de joelhos na posição sentada realizados no dinamômetro isocinético.
- Exercício de força na posição de decúbito ventral no equipamento de musculação denominado flexor de joelhos, de resistência variável e crescente na maior parte da amplitude do movimento.
- Exercício de força na posição sentada no equipamento de musculação denominado extensor de joelhos, de resistência variável e crescente na maior parte de amplitude do movimento.

3.3 Instrumentos

3.3.1 Balança

Para a determinação da massa corporal, foi utilizada uma balança da marca FILIZOLA, com resolução de 100 g.

3.3.2 Estadiômetro

Para medir a estatura, foi utilizado um estadiômetro de metal da marca FILIZOLA, constituído de uma escala métrica com resolução de 1 mm, na qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição em pé. Esta escala é fixa a uma base apoiada no solo.

3.3.3 Plicômetro

Para a realização das medidas das dobras cutâneas o plicômetro científico da marca LANGE foi utilizado.

3.3.4 Cicloergômetro

Para realizar o aquecimento antes da realização do teste isocinético, os indivíduos pedalarão por 5 minutos em um cicloergômetro da marca ERGO-FIT.

3.3.5 Dinamômetro Isocinético

Para a medida das variáveis pico de torque e índice de fadiga, foi utilizado o dinamômetro isocinético (marca CYBEX NORM, Ronkonkoma, NY) do setor Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX).

3.3.6 Equipamentos de Musculação

Para a realização dos testes de 1RM e 60% de 1RM foram utilizados os equipamentos flexor de joelhos e extensor de joelhos (marca SCULPTOR, Porto Alegre, RS). Esses equipamentos pertencem à sala de musculação da Escola de Educação Física da UFRGS.

3.4 Procedimentos Metodológicos

Para a realização dos testes foram necessárias 4 sessões, sendo a primeira destinada à avaliação da composição corporal, familiarização com os testes (isocinético e 1RM) e preenchimento de uma ficha sobre as características do indivíduo quanto à composição corporal e históricos de atividade física, saúde e lesão; a segunda para a realização de um dos testes; e terceira também para a realização de um dos testes, assim como a quarta (Quadro 2).

Sessão 1	Intervalo	Sessão 2	Intervalo	Sessão 3	Intervalo	Sessão 4
Avaliação da composição corporal, familiarização com os testes e preenchimento de uma ficha com informações sobre o avaliado.	Mínimo de 24 horas	Teste 1	Mínimo de 24 horas	Teste 2	Mínimo de 24 horas	Teste 3

Quadro 2 – Desenho Experimental Simplificado

A ordem dos testes das sessões 2, 3 e 4 foram randomizados para cada participante, podendo então, alguns indivíduos realizarem primeiro o teste isocinético e depois o teste de 1RM e o de 60% de 1RM e outros o contrário.

Entretanto, o teste de 60% de 1RM foi realizado sempre seguido do teste de 1RM. Sendo assim, se o teste de 1RM fosse sorteado para a sessão 2, a sessão 3 seria de 60% de 1RM, restando a sessão 4 para o teste isocinético. Ou se fosse sorteado para a sessão 3, a sessão 4 seria de 60% de 1RM e a sessão 2 para o teste isocinético.

Além disso, para o teste de 1RM e de 60% de 1RM, a ordem dos exercícios extensão de joelhos e flexão de joelhos foi também randomizada.

Metade da amostra utilizada no estudo, ou seja, cinco indivíduos, realizaram duas vezes todos os testes utilizados, para que fosse verificada a sua reprodutibilidade. Dessa maneira, estes indivíduos passaram por sete sessões podendo iniciar pelos testes na sala de musculação (Quadro 3) ou pelo teste isocinético (Quadro 4).

Sessão 1	Intervalo	Sessão 2	Intervalo	Sessão 3	Intervalo	Sessão 4	Intervalo	Sessão 5	Intervalo	Sessão 6	Intervalo	Sessão 7
Avaliação da composição corporal, familiarização com os testes e preenchimento de uma ficha com informações sobre o avaliado.	Mínimo de 24 horas	Teste 1 (1RM)	Mínimo de 24 horas	Teste 2 (60% de 1RM)	Mínimo de 24 horas	Re-teste do teste 1	Mínimo de 24 horas	Re-teste do teste 2	Mínimo de 24 horas	Teste 3 (Isocinético)	Mínimo de 24 horas	Re-teste do teste 3

Quadro 3 – Desenho Experimental Teste e Re-teste (exemplo 1)

Sessão 1	Intervalo	Sessão 2	Intervalo	Sessão 3	Intervalo	Sessão 4	Intervalo	Sessão 5	Intervalo	Sessão 6	Intervalo	Sessão 7
Avaliação da composição corporal, familiarização com os testes e preenchimento de uma ficha com informações sobre o avaliado.	Mínimo de 24 horas	Teste 1 (Isocinético)	Mínimo de 24 horas	Re-teste do teste 1	Mínimo de 24 horas	Teste 2 (1RM)	Mínimo de 24 horas	Teste 3 (60% de 1RM)	Mínimo de 24 horas	Re-teste do teste 2	Mínimo de 24 horas	Re-teste do teste 3

Quadro 4 – Desenho Experimental Teste e Re-teste (exemplo 2)

3.4.1 Caracterização da Amostra

Em data estabelecida, no Laboratório de Pesquisa do Exercício (Lapex) da Escola de Educação Física da UFRGS, no setor neuromuscular, foi preenchida uma ficha com as características individuais de cada participante da pesquisa (apêndice 2). Foram anotados os dados referentes à massa corporal, estatura, dobras cutâneas, histórico de atividade física, histórico de saúde e lesão. A medida da composição corporal foi realizada a partir de sete dobras cutâneas (tríceps, subescapular, peitoral, axilar média, supra-ílica, abdominal, coxa) (JACKSON e POLLOCK, 1978). Esses procedimentos foram realizados antes da familiarização com os testes, mas no mesmo dia.

Os indivíduos da amostra estudada apresentaram idade entre 21 e 31 anos ($24,80 \pm 3,42$), média de estatura de $176,85 \pm 4,85$ cm e média de massa corporal de $78,85 \pm 9,04$ kg. Além disso, através da medição de dobras cutâneas, a amostra apresentou média de percentual de gordura de $12,4 \pm 3,8$.

3.4.2 Familiarização da Amostra

Após a mensuração da estatura, massa corporal, dobras cutâneas e preenchimento da ficha de dados, os indivíduos passaram por uma rotina de familiarização que constou de explanação quanto aos objetivos da pesquisa, metodologia e rotina de coleta, assim como explicações quanto à execução dos exercícios, ritmo de execução e demonstrações quando necessário. Os indivíduos realizaram a familiarização no dinamômetro isocinético e também nos equipamentos flexor e extensor de joelhos, sendo que nestes últimos equipamentos o ritmo de execução foi determinado por um metrônomo.

3.4.3 Protocolo do Teste Isocinético

No dia estabelecido para a coleta de dados no dinamômetro isocinético, foi realizado um aquecimento em um cicloergômetro de 5 minutos com uma intensidade equivalente a 25 Watts. Após, o indivíduo foi posicionado no dinamômetro e posteriormente foi feito o seu ajuste ao mesmo. Posteriormente, foram inseridos no *software* do dinamômetro os dados do avaliado para que se pudesse iniciar a coleta.

Antes do início do teste, o avaliado realizou um pré-teste, em que foi simulada a velocidade de execução do teste, sem que fosse produzida a força máxima durante a amplitude de movimento articular. Esse pré-teste foi realizado com 5 repetições. Após o pré-teste houve um tempo de descanso de 2 minutos e em seguida o teste foi iniciado.

O protocolo utilizado no dinamômetro isocinético contemplou:

- 5 repetições a 60°/s de extensão concêntrica e flexão concêntrica do joelho, para obter o pico de torque de extensores e flexores e a razão convencional;
- 20 repetições a 60°/s de extensão concêntrica e flexão concêntrica do joelho, para obter o índice de fadiga dos extensores e flexores do joelho.

O período de repouso entre estes testes isocinéticos foi de 5 minutos.

Concluída a realização dos testes previstos no dinamômetro, foi mensurado o comprimento da perna do maléolo lateral ao epicôndilo lateral do indivíduo e o mesmo foi orientado a realizar alongamento das musculaturas envolvidas no teste, a fim de evitar possíveis dores tardias.

Cabe ressaltar que os dados foram obtidos após correção automática da gravidade e comprimento do segmento pelo próprio dinamômetro.

3.4.4 Protocolo para o Teste de 1RM e Repetições Máximas (RMs)

O teste de 1RM foi realizado em uma sessão, tendo os indivíduos já passado pela sessão de familiarização. A familiarização foi realizada para minimizar os efeitos da aprendizagem do exercício para o teste de 1RM (HATFIELD et al., 2006).

Para determinar a carga inicial de cada indivíduo para cada exercício foi usado o método de tentativa e erro, baseado nas informações do próprio avaliado, até ser atingido um número inferior a 10 RM, sendo a carga então corrigida pela tabela de Lombardi (LOMBARDI, 1989), obtendo-se desta forma a 1RM estimada. Esta carga foi novamente testada e, se necessário, o mesmo procedimento foi realizado, com um intervalo de no mínimo 3 minutos, assim se procedendo até a obtenção de 1RM.

Para o aquecimento específico de cada exercício, realizado antes do teste, os indivíduos fizeram uma série com 10 repetições utilizando a metade

da carga inicial estimada para o teste e usando uma velocidade auto-selecionada. Depois desse aquecimento foi permitido 2 minutos de descanso e logo após foi iniciado o teste.

Os indivíduos foram orientados a realizarem os exercícios com o maior número de repetições possível, não passando de 10 repetições, no ritmo de execução pré-determinado de 1 segundo e meio para a fase concêntrica e 1 segundo e meio para a fase excêntrica. Esse ritmo de execução foi determinado por um metrônomo.

Caso o indivíduo conseguisse realizar mais de 10 repetições o teste seria interrompido, seria dado um intervalo de pelo menos 3 minutos de descanso (KRAEMER, 2003; SAKAMOTO e SINCLAIR, 2006). O procedimento se repetiu até ser encontrada a carga máxima de cada exercício, não ultrapassando o número 5 de tentativas por sessão, para minimizar os efeitos da fadiga (SAKAMOTO e SINCLAIR, 2006).

A ordem em que os exercícios foram executados foi randomizada, por um sorteio realizado para cada indivíduo antes de se iniciar a rotina do teste de 1RM.

Após a definição do 1RM, foi dado um intervalo de no mínimo 24 horas e iniciou-se a sessão do teste de 60% de 1RM. Neste, verificou-se quantas RMs o indivíduo foi capaz de realizar com 60% do valor de 1RM (60% de 1RM). Os indivíduos foram instruídos a realizar o número máximo de repetições em um ritmo de execução controlado por um metrônomo (1 segundo para fase concêntrica e 1 segundo para fase excêntrica). A ordem dos exercícios também foi randomizada.

Os valores de 1RM foram corrigidos pelo comprimento do segmento que foi medido após a sessão do teste isocinético.

Todos os testes foram unilaterais, e a perna dominante foi sempre testada primeiro. O teste da perna não-dominante iniciava-se logo após o término do teste da dominante.

3.5 Análise Estatística

Para a análise dos dados, foi utilizado, primeiramente, o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resultados.

A análise da associação entre teste e re-teste foi feita a partir do índice de correlação intraclass (ICC). Para tanto, foram considerados como critério de classificação coeficientes de correlação com valores acima de 0,60 como correlação forte, entre 0,30 e 0,60 correlação moderada, e com valores abaixo de 0,30 correlação pobre (CALLEGARI-JAQUES, 2003).

Para verificar a correlação entre: a. pico de torque e 1RM; b. índice de fadiga e número máximo de repetições a 60% de 1RM; c. razões de pico de torque de flexores de joelho pelo pico de torque de extensores e razões de 1RM da flexão de joelho pelo 1RM da extensão de joelho, foi utilizada a correlação Produto-Momento de Pearson para dados com normalidade assumida e correlação de Spearman para dados sem distribuição normal.

O nível de significância adotado foi de 0,05.

3.5.1 Tratamento dos Dados

Para tratamento dos dados foi utilizado o *software* SPSS versão 17.0 para Windows.

Para a análise dos dados de pico de torque dos indivíduos que realizaram teste e re-teste, foi selecionado o pico de torque com menor coeficiente de variação. E para a análise do índice de fadiga, 1RM e 60% de 1RM foram selecionados os melhores valores de cada indivíduo.

Além disso, para a análise da correlação entre variáveis, os valores de 1RM (de flexão e extensão de joelhos) foram corrigidos pelo comprimento do segmento, medido do epicôndilo lateral até o maléolo lateral de ambas as pernas.

4. RESULTADOS

4.1 Associação entre os resultados nos testes avaliados

4.1.1 Associação entre os testes de 1RM

Para os testes de 1RM de extensão de joelho, tanto para a perna direita (D), quanto para a perna esquerda (E) foram encontrados índices de correlação intraclassa (ICC) elevados entre o primeiro (1° 1-RM) e o segundo teste (2° 1-RM) (0,982 e 0,986, respectivamente) com índice de significância igual a 0,00 (Tabela 1).

Tabela 1- Associação entre os testes de 1RM de extensores de joelho

Variável	Média (kg)	Desvio padrão (kg)	ICC	p
1° 1-RM Extensores D	86,33	9,64	0,982	<0,001
2° 1-RM Extensores D	87,80	10,25		
1° 1-RM Extensores E	87,22	14,36	0,986	<0,001
2° 1-RM Extensores E	89,40	14,04		

Da mesma maneira, os testes de 1RM de flexão de joelho também apresentaram valores significativos associados para a perna direita (ICC=1,00) e esquerda (ICC=0,993) (Tabela 2).

Tabela 2 – Associação entre os testes de 1RM de flexores de joelho

Variável	Média (Kg)	Desvio padrão (Kg)	ICC	p
1° 1-RM Flexores D	38,66	4,09	1,000	<0,001
2° 1-RM Flexores D	37,20	4,14		
1° 1-RM Flexores E	38,11	4,67	0,993	<0,001
2° 1-RM Flexores E	37,00	4,00		

4.1.2 Associação entre os testes de 60% de 1RM

Os testes de 60% de 1RM (60%RM) de extensão de joelhos apresentaram valores significativos de reprodutibilidade para a perna direita (ICC=0,888; $p=0,016$) e valores não significativos para a perna esquerda (ICC=0,75; $p=0,072$) (Tabela 3).

Tabela 3 – Associação entre os testes de 60% de 1RM de extensores de joelho

Variável	Média (n° repetições)	Desvio padrão (n° repetições)	ICC	P
1° 60%RM Extensores D	12,55	1,33	0,888	0,016
2° 60%RM Extensores D	11,40	0,89		
1° 60%RM Extensores E	12,33	1,11	0,75	0,072
2° 60%RM Extensores E	11,80	0,83		

Já os testes de 60% de 1RM de flexão de joelho apresentaram valores significativos de associação entre os testes para a perna direita (ICC=0,845; $p=0,031$) e para a perna esquerda (ICC=0,840; $p=0,033$) (Tabela 4).

Tabela 4 – Associação entre os testes de 60% de 1RM de flexores de joelho

Variável	Média (n° repetições)	Desvio padrão (n° repetições)	ICC	p
1° 60%RM Flexores D	10,88	0,60	0,845	0,031
2° 60%RM Flexores D	9,80	0,44		
1° 60%RM Flexores E	10	0,86	0,840	0,033
2° 60%RM Flexores E	10	0,70		

4.1.3 Associação entre os testes isocinéticos de 5 repetições

Para os testes isocinéticos de 5 repetições utilizados para obter o pico de torque (PT) concêntrico, não foram encontrados valores significativos de associação entre o primeiro e segundo PT dos testes para extensores da perna direita (ICC=0,787; $p=0,082$). Entretanto, para extensores da perna esquerda,

foram encontrados valores significativos de associação (ICC=0,950; p=0,007) (Tabela 5).

Tabela 5 – Associação entre os testes isocinéticos de 5 repetições para extensores de joelho

Variável	Média (Nm)	Desvio padrão (Nm)	ICC	p
1° PT Extensores D	241,75	43,91	0,787	0,082
2° PT Extensores D	251,75	40,40		
1° PT Extensores E	240,75	51,03	0,95	0,007
2° PT Extensores E	254,00	58,06		

Já os valores de reprodutibilidade entre o primeiro e o segundo pico de torque de flexores obtidos nos testes apresentou valores significativos para a perna direita (ICC=0,868; p=0,038) e para a perna esquerda (ICC=0,982; p=0,001) (Tabela 6).

Tabela 6 – Associação entre os testes isocinéticos de 5 repetições para flexores de joelho

Variável	Média (Nm)	Desvio padrão (Nm)	ICC	p
1° PT Flexores D	140,75	36,42	0,868	0,038
2° PT Flexores D	135,75	22,29		
1° PT Flexores E	126	36,26	0,982	0,001
2° PT Flexores E	130,75	29,33		

4.1.4 Associação entre os testes isocinéticos de 20 repetições

Para os testes isocinéticos de 20 repetições utilizados para obter o índice de fadiga (IF) concêntrico, foram encontrados valores significativos de associação entre o primeiro e segundo teste para extensores, tanto na perna direita (ICC=0,993; p=0,000) quanto na perna esquerda (ICC=0,931; p=0,012) (Tabela 7).

Tabela 7 – Associação entre os testes isocinéticos de 20 repetições para extensores de joelho

Variável	Média (%)	Desvio padrão (%)	ICC	p
1° IF Extensores D	38	8,60	0,993	<0,001
2° IF Extensores D	40	9,12		
1° IF Extensores E	29	14,83	0,931	0,012
2° IF Extensores E	30,75	9,35		

Ao contrário, para flexores, não foram encontrados valores significativos de associação entre os testes para as duas pernas ($p \leq 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 8 – Associação entre os testes isocinéticos de 20 repetições para flexores de joelho

Variável	Média (%)	Desvio padrão (%)	ICC	p
1° IF Flexores D	37,75	5,90	0,434	0,297
2° IF Flexores D	37,50	11,67		
1° IF Flexores E	35,50	9,67	0,288	0,375
2° IF Flexores E	36,50	11,59		

4.2 Correlação entre as variáveis medidas em equipamentos isocinéticos e em equipamentos de resistência variada

4.2.1 Correlação entre valores de produção de força máxima

Ao correlacionar os valores de produção de força máxima, 1RM e pico de torque (PT) de extensores, medidas em equipamentos de resistência variada e em equipamentos isocinéticos, respectivamente, foram encontradas correlações fortes para as pernas direita ($r=0,669$; $p=0,049$) e esquerda ($r=0,788$; $p=0,012$) (Tabela 9).

Tabela 9 – Correlação entre 1RM e PT de extensores de joelho

Variáveis	Correlação	p
1-RM e PT Extensores D	0,669	0,049
1-RM e PT Extensores E	0,788	0,012

Para flexores também foram encontradas correlações fortes entre 1RM e PT para as pernas direita ($r=0,895$; $p=0,001$) e esquerda ($r=0,748$; $p=0,020$) (Tabela 10).

Tabela 10 – Correlação entre 1RM e PT de flexores de joelho

Variáveis	Correlação	p
1-RM e PT Flexores D	0,895	0,001
1-RM e PT Flexores E	0,748	0,020

4.2.2 Correlação entre os valores de resistência muscular

Ao correlacionar os valores relativos às variáveis de resistência muscular, número de repetições a 60% de 1RM e índice de fadiga de extensores, medidas em equipamentos de resistência variada e em equipamentos isocinéticos, respectivamente, não foram encontrados valores significativos de correlação para a perna direita ($r=-0,114$; $p=0,769$) e para a perna esquerda ($r=0,019$; $p=0,960$) (Tabela 11).

Tabela 11 – Correlação entre 60% de 1RM e IF de extensores de joelho

Variáveis	Correlação	p
60%RM e IF Extensores D	-0,114	0,769
60%RM e IF Extensores E	0,019	0,960

Assim como para os valores de extensores de joelho, para flexores de joelho também não foram encontrados valores significativos de correlação entre número de repetições a 60% de 1RM e índice de fadiga para ambas pernas (Tabela 12).

Tabela 12 – Correlação entre 60% de 1RM e IF de flexores de joelho

Variáveis	Correlação	p
60%RM e IF Flexores D	-0,272	0,480
60%RM e IF Flexores E	0,077	0,844

4.2.3 Correlação entre variáveis de equilíbrio muscular

Ao correlacionar os valores de 1RM de flexores de joelho divididos pelos de extensores de joelho com os valores de PT de flexores pelos de extensores de joelho (razão convencional) foi encontrada correlação forte para as pernas direita ($r=0,932$; $p=0,000$) e esquerda ($r=0,730$; $p=0,032$) (tabela 13).

Tabela 13 – Correlação entre razões de 1RM e PT

Variáveis	Correlação	P
Razão 1-RM e PT D	0,932	<0,001
Razão 1-RM e PT E	0,730	0,032

5. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi verificar a correlação entre variáveis obtidas em testes realizados em um dinamômetro isocinético com variáveis obtidas em testes realizados em equipamentos de musculação. Isso, afim de verificar se os valores que se obtêm em um teste isocinético, o qual oferece controle total de velocidade de execução e de amplitude do movimento, tem relação com os valores que se obtêm de testes em equipamentos de resistência variada, quando realizados com controle de ritmo de execução e amplitude de movimento.

Então, ao analisar a correlação entre as variáveis de força máxima, 1RM e pico de torque, tanto para extensores quanto para flexores de joelho das duas pernas, foram encontrados valores significativos ($p < 0,05$) e que indicam correlação forte ($r > 0,60$). A partir da análise destes resultados, fica evidente que quando realizado o teste de 1RM como neste estudo, com ritmo de execução controlado e equivalente à velocidade do teste isocinético, encontra-se relação entre os valores dos testes. Estes dados são de extrema importância, uma vez que o pico de torque é conhecido como uma medida adequada da capacidade do músculo de gerar força e haja vista a falta de acesso a um dinamômetro isocinético por muitos profissionais da área da saúde para realizar avaliações.

Gulick et al. (1998), tinham como objetivo determinar qual variável isocinética no teste de extensão e flexão de joelho melhor correlacionava-se com 1RM. Os autores analisaram os dados de pico de torque, trabalho total e trabalho da melhor repetição, tendo encontrado a maior correlação com o pico de torque ($r = 0,67$).

Com a análise da correlação entre variáveis de resistência muscular, número de repetições a 60% de 1RM e índice de fadiga, não foram encontradas correlações significativas ($r < 0,30$; $p > 0,05$). Acredita-se que isto tenha ocorrido ao elaborar o protocolo do teste isocinético, pois houve maior preocupação com a velocidade do teste, para que pudesse ser equivalente ao ritmo de execução do teste de 60% de 1RM. Entretanto, ao estabelecer uma avaliação com velocidade baixa em um teste isocinético ($60^\circ/s$), exige-se uma

força muito próxima da máxima dos músculos testados durante toda amplitude de movimento avaliada. Sendo assim, os músculos foram exigidos em nível muito próximo do máximo no teste isocinético de 20 repetições, enquanto que no de 60% de 1RM foram exigidos a 60% de sua capacidade máxima, refletindo assim em uma correlação pobre entre os valores dos referidos testes.

Ao verificar os resultados da correlação entre as razões de flexores pelos extensores de joelho de pico de torque e 1RM, foram encontradas correlações fortes para as pernas direita e esquerda ($r > 0,70$). Esses resultados apontam para a possibilidade de se avaliar o equilíbrio muscular de flexores do joelho, avaliados concentricamente, relativamente aos extensores do joelho, também avaliados concentricamente, nos equipamentos de resistência variada, já que possuem forte correlação com os valores de razão convencional obtidos no teste isocinético. Deve-se ressaltar que os valores desta razão são freqüentemente utilizados como parâmetro para se avaliar risco de lesão (DVIR, 2000).

Ademais, um dos objetivos deste estudo foi de verificar a reprodutibilidade dos valores obtidos nos testes e re-testes das variáveis neuromusculares avaliadas, utilizando-se para tal o índice de correlação intraclasse (ICC). Os resultados de associação entre teste e re-teste de 1RM, tanto de extensão de joelhos quanto para flexão de joelhos apresentaram valores altos de ICC (0,982 a 1,00) e significativos ($p < 0,001$), evidenciando-se assim a reprodutibilidade e confiabilidade destes testes.

Assim como neste estudo, Dias et al. (2005), que investigaram o impacto do processo de familiarização para a avaliação da força muscular em testes de 1RM em homens jovens saudáveis, também encontraram altos valores de ICC (de 0,96 a 0,98) de teste e re-teste para 1RM de diferentes exercícios (supino em banco horizontal, agachamento e rosca direta). Rikli et al. (1996) ao estudarem a confiabilidade de testes de 1RM com idosos nos exercícios *leg press*, extensão de joelho, supino livre e remada sentada, encontraram também altos valores de ICC de 0,97 a 0,98. Corroborando com estes achados, Barros et al. (2008) apresentaram valores de ICC de 0,984 para testes de 1RM de puxada pela frente em homens jovens saudáveis, bem como Hoeger et al. (1990), que analisaram diversos exercícios, inclusive extensão e flexão de

joelhos, para 1RM tendo sido descritos valores de ICC variando de 0,89 a 0,98 para homens e 0,79 a 0,98 para mulheres.

Ao analisar o ICC entre teste e re-teste de 60% de 1RM foram encontrados valores significativos para extensores na perna direita ($p \leq 0,05$) e flexores nas duas pernas ($p \leq 0,05$), representando os valores do teste serem confiáveis. Para o teste nos extensores na perna esquerda não foram encontrados valores significativos ($p = 0,072$). Acredita-se que a falta de associação significativa entre os valores observados no teste e re-teste de 60% de 1RM na extensão de joelhos do membro esquerdo tenha sido decorrente da dominância lateral dos sujeitos avaliados, predominantemente direita. Este fato ficou evidente a partir das observações dos sujeitos durante o referido teste, que ressaltaram dificuldade e desconforto durante a execução do teste de extensão de joelhos com o membro esquerdo.

Hoeger et al. (1990) além de analisarem o ICC dos testes de 1RM em diversos exercícios e inclusive extensão e flexão de joelhos, analisaram também nestes mesmos exercícios os valores associados entre teste e re-teste de 60% de 1RM e reportaram resultados semelhantes aos observados na presente investigação. Os autores também encontraram valores altos de ICC, variando de 0,79 a 0,96 para homens e 0,80 a 0,95 para mulheres nos diversos exercícios estudados.

Além de analisar o ICC nos testes realizados em equipamentos de resistência variada, foram analisados no presente estudo os ICCs nos testes isocinéticos. Os resultados de teste e re-teste isocinético de cinco repetições, apresentaram valores significativos de ICC para pico de torque de extensores da perna esquerda e flexores das duas pernas ($p \leq 0,05$). Não foram encontrados valores significativos nos extensores da perna direita ($p > 0,05$). Acredita-se que, conforme já mencionado, pelo fato da maioria da amostra ter a perna direita como dominante, ela foi testada primeiro. E ao contrário do teste em equipamentos de resistência variada, nos testes no dinamômetro isocinético é o equipamento quem controla a velocidade e necessita de uma adequada adaptação do indivíduo à máquina. Desta maneira, apesar de todos indivíduos terem passado por familiarização, talvez possa ter sido mais "fácil" realizar o teste com a perna esquerda, por já terem se adaptado no teste com a

perna direita e, assim, os dados de pico de torque da primeira perna testada serem um pouco prejudicados.

Sole et al. (2007) ao analisarem a reprodutibilidade do teste isocinético a 60°/s de extensão e flexão de joelhos em homens e mulheres jovens apresentaram valores altos de ICC tanto para extensores como para flexores (ICC>0,90). Corroborando com isso, Phillips et al. (2000), que analisaram o ICC dos picos de torque a 60°/s, encontraram altos valores de ICC para extensores (perna dominante: 0,982; e perna não-dominante: 0,972) e para flexores de joelho (perna dominante: 0,977; perna não-dominante: 0,952). Ambos os estudos citados, realizaram um pré-teste com maior número de repetições do que o realizado no presente estudo. Sendo assim, supõe-se que um maior número de repetições de pré-teste poderia diminuir a variação entre o teste e re-teste de extensores da perna direita (testada primeiro na maioria dos indivíduos da amostra).

Por fim, ao serem analisados os dados de teste e re-teste isocinético de 20 repetições, utilizados para obter-se o índice de fadiga, foram encontrados valores significativos de ICC para extensores das duas pernas ($p \leq 0,012$). Já para flexores, os valores de ICC não foram significativos ($p > 0,05$). Estes resultados ressaltam então, que o teste utilizado para avaliar o índice de fadiga apresenta elevada reprodutibilidade para os extensores do joelho, o mesmo não ocorrendo para os flexores de joelho. Acredita-se que isto possa ter ocorrido por se tratar de um protocolo bastante exaustivo e intenso e assim, não adequado para avaliar o índice de fadiga dos músculos flexores do joelho, os quais possuem maior proporção de fibras do tipo II em relação aos extensores (GARRETT, CALIFF e BASSETT, 1984), pode ter gerado uma grande variação de pico de torque entre as repetições ao longo do teste.

6. CONCLUSÃO

A análise do índice de correlação intraclasse de teste e re-teste, permite apontar que os dados dos testes de 1RM, 60% de 1RM e pico de torque são, de modo geral, reprodutíveis e, dessa maneira, pode-se utilizar os dados destes testes, ainda que testados uma única vez. Contudo, cabe ressaltar a importância da familiarização que antecede os referidos testes, a qual foi fundamental para que os mesmos apresentassem altos índices de ICC. Da mesma forma, deve-se ressaltar que, se a familiarização for estendida por um maior período de tempo, é provável que sejam observados índices mais elevados de reprodutibilidade nos testes utilizados na presente investigação, o que parece minimizar os efeitos de aprendizagem associados a tais testes.

A comparação da função muscular do quadríceps femoral e isquiotibiais em equipamentos isocinéticos e de resistência variada, a partir da correlação entre 1RM e pico de torque mostrou que os valores encontrados em testes de 1RM têm relação com aqueles encontrados em um teste isocinético, sendo este último muito utilizado como parâmetro para a avaliação da força muscular. Ou seja, a função muscular apresentada em testes isocinéticos pode ser observada também em estes de 1RM, quando realizados com ritmo de execução e amplitude controlados, como executado neste estudo.

Os resultados de correlação entre os valores do teste de 60% de 1RM e de índice fadiga evidenciaram uma falha do presente estudo na elaboração do protocolo do teste isocinético para obtenção do índice de fadiga, o qual deveria ter sido realizado em uma intensidade moderada, ou seja, em velocidades mais elevadas.

Ademais, a forte correlação encontrada entre as razões avaliadas em equipamentos de resistência variada (1RM) e equipamento isocinético (pico de torque), assinalam a possibilidade destas razões, avaliadas em equipamentos de resistência variada e de menor custo, apresentarem-se como representativas da adequada avaliação do equilíbrio muscular, já suficientemente evidenciada em equipamentos isocinéticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD P et al. **Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension.** *Scand J Med Sci Sports.* 10; 58-67. 2000.

AAGAARD P et al. **A New Concept for Isokinetic Hamstring: Quadriceps Muscle Strength Ratio.** *American Journal of Sports Medicine.* 26: 231. 1998.

BAECHLE TR.; GROVES BR. **Treinamento de força: Passos para o sucesso.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

BALTZOPOULOS V, BRODIE DA. **Isokinetic dynamometry: Applications and limitations.** *Sports. Medicine.* 8 (2); 101-116. 1989.

BARROS MAP et. al. **Reprodutibilidade no Teste de Uma Repetição Máxima no exercício de Puxada Pela Frente Para Homens.** *Rev Bras Med Esporte.* 14(4), 348-52. 2008.

BIRD, SP.; TARPENNING, KM.; MARINO, FE. **Designing Resistance Training Programmes to Enhance Muscular Fitness: A Review of the Acute Programme Variables.** *Sports Med.* 35(10):841-851. 2005.

COOMBS R, GARBUTT G. **Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance.** *Journal of Sports Science and Medicine.* (1), 56-62. 2002.

CALLEGARI-JAQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações.** Porto Alegre: Artmed, 2003

DIAS, RMR., et al. **Influência do processo de familiarização para avaliação da força muscular em testes de 1-RM.** *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 11(1); 39-42. 2005.

DVIR, Z. **Isocinética: Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínicas.** 1ª Ed. Manole, São Paulo, 2002.

FAIGENBAUM, AD. **Strength training for children and adolescents.** *Clin. Sports Med.* 19 (4):593–619; 2000.

FLECK, S J.; KRAEMER, W J. **Fundamentos do treinamento de força muscular.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1999.

GARRETT WE JR, CALIFF JC, BASSETT FH. **Histochemical correlates of hamstring injuries.** *Am J Sports Med.* 12 (2): 98-103; 1984.

HASS CJ, FEIGENBAUM MS, FRANKLIN BA. **Prescription of resistance training for healthy populations.** *Sports Med.* 31: 953-64; 2001.

HATFIELD, DL et al. **The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise.** *Journal of Strength and Conditioning Research.* 20(4):760-766. 2006.

HOEGER WWK, HOPKINS DR, BARETTE SL, HALE DF. **Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females.** *Journal of Applied Sport Science Research.* 4:47-54. 1990.

IMPELLIZZERI, FM et al. **Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer.** *Clinical Physiology and Functional Imaging.* 28(2):113-9. 2008.

JACKSON, A.S; POLLOCK, M.L. **Generalized equations for predicting body density of men.** *Brit J Nutr.* 40: 497-504. 1978.

KANNUS, P. **Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation.** *Int. J. Sports Med.;* 15: S11-S18. 1994.

KRAEMER, W. J.; HAKKINEN, K. **Treinamento de força para o esporte.** 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KRAEMER, W. J. **Strength training basics: Designing workouts to meet patients' goals.** *The Physician and Sportsmedicine.* 31(8). 2003.

LOMBARDI, V.P. **Beginning weight training: The safe and effective way.** Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1989.

MAGALHÃES, J et al. **Avaliação isocinética da força muscular de atletas em função do desporto praticado, idade, sexo e posições específicas.** *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.* 1(2); 13-21. 2001.

OSTERNIG LR. **Isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation.** *Caere Sports Sci Rev.* 14:45-80. 1986.

PEREIRA MIR, GOMES PSC. **Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências.** *Rev Bras Med Esporte .* 9,(5). 2003.

PHILLIPS, B.A.; LO, S.K.; MASTAGLIA, F.L., *Isokinetics & Exercise Science*. 8 (3). 147-1592000:

PLATONOV, V. N. **Teoria geral do treinamento desportivo olímpico**. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

REYNOLDS, JM.; GORDON TJ.; ROBERGS RA. **Prediction of 1 repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry**. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(3):584-592. 2006.

RIKLI RE, JONES CJ, BEAM WC, DUNCAN SJ, LAMAR B. **Testing versus training effects on 1RM strength assessment in older adults** [Resumo]. *Med Sci Sports Exerc*; 28:S153. 1996.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. **Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press**. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(3):523-527. 2006.

SMILIOS, I et al. **Hormonal responses after various resistance exercise protocols**. *Med Sci Sports Exerc*; 35:644-54; 2003.

SOLE, G et al. **Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion**. *Arch Phys Med Rehabil*. 88:626-31. 2007.

TERRERI AS, GREVE J, AMATUZZI M. **Avaliação isocinética no joelho do atleta**. *Rev Bras Med Esporte*. 7 (5). 2001

WOLFE, BL.; LEMURA, LM.; COLE, PJ. **Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training.** *Journal of Strength and Conditioning Research.* 18 (1); 35-47. 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Termo de Consentimento Informado

Eu entendo que participarei como sujeito do estudo intitulado “COMPARAÇÃO DA FUNÇÃO MUSCULAR DO QUADRÍCEPS FEMORAL E ISQUIOTIBIAIS NOS EQUIPAMENTOS ISOCINÉTICO E DE RESISTÊNCIA VARIADA” que envolverá a execução de exercícios de força com a utilização de pesos adicionais e testes no dinamômetro isocinético. Entendo que os testes que realizarei são parte desse estudo e terão a finalidade de verificar a possibilidade de analisar o equilíbrio muscular em máquinas da musculação de extensão e flexão de joelho.

Eu, por meio deste, autorizo a realizarem os seguintes procedimentos:

- Fazer-me responder a perguntas sobre meu histórico de atividade física e saúde;
- Fazer-me medidas corporais para a mensuração de minha composição corporal;
- Aplicar-me a execução de testes de força e resistência musculares para extensores e flexores de joelho.

Entendo que, durante a realização dos testes, estão envolvidos riscos e desconfortos tais como dor e cansaço musculares temporários. Há possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea durante os testes. Porém, entendo que posso terminar o teste em qualquer momento, sob meu critério.

Os pesquisadores que estão aplicando os testes têm formação em primeiros socorros e atendimento em urgências, e estará disponível uma linha telefônica para Assistência Médica de Emergência 192, assim como se

responsabilizarão por possível assistência pós testes, quando necessária.

Entendo que, o Professor Ronei Silveira Pinto e a aluna Bruna Gonçalves Cordeiro da Silva, irão responder a qualquer dúvida relativa aos procedimentos do estudo a qualquer momento através do telefone (0XX51) 3308-5894.

Entendo que tenho liberdade em recusar-me a participar ou retirar o consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem sofrer penalização alguma ou prejuízo.

Entendo que todos os dados relativos à minha pessoa serão confidenciais, e disponíveis somente sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, os dados publicados não serão associados a minha pessoa.

Entendo que não haverá compensação financeira pela minha participação no estudo.

Entendo que posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo, ou caso sentir que haja violação dos meus direitos, através do telefone (0XX51) 3308-3629.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2009.

Nome em letra de fôrma: _____

Assinatura: _____

APÊNDICE 2

Ficha de Dados

Nome: _____

Idade: _____ Data de nascimento: _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____ CEP: _____

Email: _____

Fone: _____

Peso	Estatura	IMC	Comprimento do segmento (perna)

Dobras Cutâneas	1ª medida	2ª medida	3ª medida	Média
Tríceps				
Subescapular				
Peitoral				
Axilar média				
Supra-ilíaca				
Abdominal				
Coxa				
Panturrilha				

1) É praticante de algum exercício regular?

Sim () Não ()

Qual(is)? _____

2) Há quanto tempo não pratica atividade física? _____

3) Qual(is) a(s) atividade(s) física(s) preferida(s)? _____

4) É fumante?

Sim () Não ()

5) Ingere bebidas alcoólicas?

Sim () Não ()

6) Faz algum tipo de reposição hormonal?

Sim () Não ()

7) Faz uso de algum medicamento?

Sim () Não () Qual? _____

8) Já passou por alguma cirurgia?

Sim () Não () Qual? _____

9) Já sofreu alguma lesão?

Sim () Não () Relate: _____

10) Sente algum desconforto físico?

Sim () Não () Relate: _____