

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

**Eurico Nestor Wilhelm Neto**

**EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBIO EM ESTEIRA E  
CICLOERGÔMETRO NA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE FORÇA  
MUSCULAR DOS EXTENSORES DO JOELHO**

Porto Alegre

2010

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

**Eurico Nestor Wilhelm Neto**

**EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBIO EM ESTEIRA E  
CICLOERGÔMETRO NA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE FORÇA  
MUSCULAR DOS EXTENSORES DO JOELHO**

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

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre

2010

**Eurico Nestor Wilhelm Neto**

**EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBIO EM ESTEIRA E CICLOERGÔMETRO  
NA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE FORÇA MUSCULAR DOS EXTENSORES  
DO JOELHO**

Conceito Final:

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_-UFRGS

Orientador – Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto – UFRGS

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Eurico Martellet Wilhelm e Marta Helena da Silva por tudo o que sempre fizeram por seus filhos e por seu amor imensurável.

Agradeço às minhas irmãs, Milena e Bruna por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado e em especial à minha irmã Paula, por seu apoio durante a minha graduação.

Agradeço à minha namorada e futura esposa, por me fazer feliz todos os dias e entender os meus trabalhos. Ao seu lado tudo ficou mais fácil.

Gostaria de agradecer aos professores Ronei Silveira Pinto e Álvaro Reischak de Oliveira, pela importância em minha formação tanto profissional quanto pessoal.

Agradeço aos sujeitos voluntários para o desenvolvimento desse projeto e aos amigos e pesquisadores Régis, Giovani e Diana, assim como a todos os funcionários do LAPEX, por fazerem esta pesquisa possível.

Por fim, agradeço aos familiares e amigos e a todos aqueles que me ajudaram ao longo dessa graduação.

## RESUMO

O treinamento concorrente tem sido muito investigado na literatura científica. Alguns autores reportam que o treinamento concorrente pode prejudicar o desenvolvimento das adaptações neuromusculares em relação a um programa de treinamento de força isolado. Tentando explicar tal efeito da interferência, inúmeros mecanismos foram propostos, dentre as quais enquadra-se a hipótese aguda. A hipótese do efeito agudo da interferência baseia-se na idéia de que uma sessão de treinamento aeróbio afetaria a sessão de treinamento de força a ser executada posteriormente. Nesse sentido, ainda não está claro se o efeito agudo realmente pode prejudicar a capacidade de produção de força muscular a ser executada subsequentemente e qual a influência da modalidade do exercício aeróbio na mesma. Sendo assim o objetivo do presente estudo é mensurar e avaliar a influência de uma sessão de treinamento aeróbio executada em esteira e uma sessão de treinamento aeróbio executada em cicloergômetro na capacidade de produção de força muscular isométrica e isocinética mensurada após cada protocolo. Para isso foram recrutados sete homens jovens e fisicamente ativos que tiveram seu pico de torque (PT) isométrico e isocinético mensurados em situações de referência, pós ciclismo e pós corrida. O exercício aeróbio foi executado a uma mesma intensidade relativa ao segundo limiar ventilatório, por 30 minutos, para ambas as condições. Os valores de pico de PT isométrico nas condições referência, pós ciclismo e pós corrida foram de  $248 \pm 28,9$ ,  $264,1 \pm 34$  e  $271 \pm 35,1$  N.m respectivamente. Já os valores de PT isocinético de extensão do joelho a  $60^\circ/\text{seg}$  de referência, pós ciclismo e pós corrida foram de  $225 \pm 24,8$ ,  $203 \pm 41,7$  e  $229,1 \pm 29,7$  N.m respectivamente. Devido ao pequeno "n" amostral, até o presente momento, não foi utilizada estatística inferencial para verificar se há diferença significativa entre as condições. No entanto é possível que o exercício aeróbio em cicloergômetro cause uma redução na capacidade de produção de força isocinética dos extensores do joelho, enquanto que uma sessão de exercício aeróbio de moderada intensidade pode não alterar ou aumentar a capacidade de produção de força isométrica dos extensores do joelho. Contudo, conclusões ainda não devem ser feitas no intuito de comparar as diferentes situações, uma vez que não foram feitos testes estatísticos inferenciais. Sendo assim, continuaremos com o desenvolvimento desse estudo até que a amostra calculada de 14 indivíduos seja completada, testes inferenciais sejam utilizados e conclusões referentes a comparação das situações de referência, pós ciclismo e pós corrida possam ser adequadamente feitas.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	7
REVISÃO DE LITERATURA .....	9
Força Muscular e o Treinamento de Força .....	9
O Treinamento Concorrente .....	13
A Capacidade de Produção de Força e o Exercício Aeróbio .....	15
OBJETIVO.....	19
Objetivo Geral.....	19
Objetivos Específicos.....	19
MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
Problema da Pesquisa.....	20
Definição Operacional das Variáveis .....	20
Variáveis Independentes:.....	20
Variáveis Dependentes: .....	20
Delineamento da Pesquisa .....	20
População.....	20
Amostra .....	20
Critérios de Inclusão .....	21
Protocolos de Avaliação .....	21
Desenho Experimental.....	22
Composição Corporal .....	23
Contrações Isométricas Voluntárias Máximas (CVIMs) .....	23
Teste Isocinético de Extensão de Joelho.....	23
Teste de Consumo Máximo de Oxigênio .....	24
Determinação dos Limiares Ventilatórios: .....	24
Protocolos de Exercício Aeróbio.....	24
Instrumentos de Coletas de Dados.....	25
Balança e Estadiômetro: .....	25
Adipômetro:.....	25
Esteira Ergométrica e Bicicleta Estacionária:.....	25
Ergoespirômetro:.....	25
Dinamômetro Isocinético:.....	26
Termômetro, Barômetro e Higrômetro: .....	26
Frequencímetro:.....	26

Análise Estatística.....	26
RESULTADOS .....	27
Caracterização da Amostra .....	27
Valores VO <sub>2</sub> e RER Durante os Protocolos de Exercício Aeróbio.....	27
Valores de PT Isométricos.....	27
Valores de PT Isocinéticos .....	28
DISCUSSÃO .....	30
CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS .....	32
ANEXO 1.....	37
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	37

## INTRODUÇÃO

Dentre a literatura científica o treinamento de força (TF) tem sido cada vez mais investigado. O TF é um método amplamente utilizado, tanto no âmbito esportivo do alto rendimento, quanto em ambientes onde se busca a promoção da saúde e melhora da qualidade de vida (FLECK e KRAEMER, 2006). Seus benefícios, muito discutidos na literatura, empregam-se predominantemente no sistema neuromuscular e mostram-se de grande utilidade tanto para o atleta, que busca incrementar seus índices e desempenho físico, quanto para o idoso, que deseja melhorar sua qualidade de vida (FLECK e KRAEMER, 2006). O treinamento aeróbio (TA), por sua vez, é bastante utilizado por pessoas que desejam melhorar sua saúde por meio de um incremento e adaptações em parâmetros cardiorrespiratórios e musculares, assim como por atletas de modalidades predominantemente aeróbias. Contudo, muitos esportes exigem que seus praticantes desenvolvam tanto a força muscular, quanto a capacidade aeróbia (BELL et al., 1997; DOCHERTY e SPORER, 2000; NADER, 2006). Assim, muitos esportistas utilizam uma metodologia de treinamento misto, denominada por inúmeros autores como treinamento concorrente ou combinado (TC), a fim de alcançar adaptações específicas das duas formas de treinamento (LEVERITT et al., 1999; DOCHERTY e SPORER, 2000).

O TC é caracterizado pela utilização tanto do TF quanto do TA em uma mesma sessão de treino (KRAEMER et al., 1995, HÄKKINEN et al., 2003). Além do âmbito esportivo, o TC também vem sendo eficiente em incrementar a saúde de não atletas, já que permite ganhos em variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias do indivíduo, causando uma melhoria mais global em suas capacidades físicas do que com a utilização de apenas um método de treino (força ou aeróbio isoladamente, por exemplo) (KRAEMER et al., 1995; BELL et al., 2000; HÄKKINEN et al., 2003)

Apesar das vantagens de gerar um incremento mais global das características físicas de indivíduos que utilizam o TC, inúmeros estudos têm relatado um prejuízo no ganho de força de sujeitos que utilizam um treinamento combinado em relação aos que executam um programa de TF isolado (HICKSON, 1980; KRAEMER et al., 1995; NADER, 2006). Assim, foi proposto inicialmente por Hickson (1980), o “efeito de interferência” no desenvolvimento da força devido ao TC. Contudo, nem todos os estudos suportam essa teoria, pois não reportam tal diminuição significativa no ganho de força em pessoas que praticaram um programa de TC em relação a indivíduos que



executaram um programa de TF (MCCARTHY, POZNIAK e AGRE, 2002; HÄKKINEN et al., 2003).

Aceitando que o TC pode ser responsável por um prejuízo no ganho de força, um tópico de extrema relevância é, tanto para atletas quanto para a população em geral, entender qual o efeito da modalidade do treinamento aeróbio, feito prévio ao TF, na força muscular.

Observando-se que tanto a corrida quanto o ciclismo são utilizados como modalidade de treinamento aeróbio e que essas modalidades devem repercutir em diferentes demandas para a musculatura esquelética exercitada, podemos esperar que essas diferentes formas de exercício físico também possam causar diferenças agudas significativas na força muscular, avaliada logo após o treinamento aeróbio, e conseqüentemente afetar o TF a ser executado em seguida. De fato, inúmeros estudos que avaliaram a força muscular aguda após exercício aeróbio observaram uma redução na capacidade de produzir força (MILLET et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2008; THEUREL e LEPERS, 2008; LEPERS et al., 2008), porém não foram encontrados estudos que compararam se há diferença nessa redução da capacidade de produzir força após corrida ou ciclismo. Dessa maneira é possível que o prejuízo no ganho de força encontrado em diversos estudos sobre TC possa ter sido influenciado pela modalidade do exercício aeróbio feito antes da sessão de TF. Assim, propomos a seguinte questão: há diferença estatística nos níveis agudos de força e ativação muscular dos extensores do joelho em indivíduos destreinados após corrida ou ciclismo?

Sendo assim, o objetivo geral do presente estudo foi avaliar a força muscular isométrica e isocinética máxima da musculatura extensora do joelho após dois protocolos de exercício aeróbio realizados em esteira e cicloergômetro durante trinta minutos.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Força Muscular e o Treinamento de Força

Força (F) pode ser definida por seu conceito físico como uma grandeza vetorial capaz de deformar e/ou alterar o estado de repouso ou movimento de um objeto, sendo que para um corpo de massa invariável seu módulo é igual ao produto entre massa (m) e a aceleração (a). Assim força é igual à seguinte equação:  $F = m \cdot a$  (KNUTTGEN e KRAEMER, 1987).

Entretanto, tal conceito nem sempre pode ser aplicado no âmbito esportivo visto que a força muscular se manifesta de distintas formas, dentre as quais cabe ressaltar a força isométrica, que se caracteriza pela tensão produzida por um grupo muscular sem que haja movimento (BADILLO e AYESTARÁN, 2001). Assim, apesar do sistema neuromuscular estar produzindo tensão, força não estaria sendo produzida se considerado o conceito físico, pois como não há movimento também não ocorre aceleração e o resultado final da equação seria igual a zero. Dessa maneira, como sugerido por Badillo e Ayestarán (2001), consideraremos força como a capacidade do sistema neuromuscular em produzir tensão.

A utilização do TF demonstra inúmeros benefícios. O incremento da força máxima é decorrente de adaptações neurais e estruturais (SALE, 1988; BADILLO e AYESTARÁN, 2001; KOMI et al., 2006). Sale (1998) sugeriu um gráfico hipotético das adaptações causadas pelo treinamento de força em relação ao tempo. Nele observa-se claramente a influência das adaptações neurais no ganho de força durante as primeiras semanas de treinamento. Após esse período inicial o incremento da força muscular deve ocorrer predominantemente por adaptações morfológicas da fibra muscular.

Os fatores morfológicos, ou estruturais, compreendem adaptações hipertróficas e diretamente nas fibras musculares. A hipertrofia muscular é resultado de um aumento do tamanho e do número das miofibrilas, do tecido conjuntivo, do tamanho e, possivelmente, do número de fibras musculares.

O aumento do tamanho das miofibrilas, segundo MacDougall apud Badillo e Ayestarén (2001) deve ocorrer devido a um acréscimo de filamentos de actina e miosina na periferia das fibras musculares. O aumento do número de miofibrilas é mais complexo e menos conhecido. O mecanismo para isso poderia ser semelhante ao que ocorre com crianças nos primeiros anos de vida. A miofibrila iria se adaptando por aumento no

comprimento até chegar a um nível ao qual contrações sucessivas provocariam microrrupturas das bandas Z das miofibrilas. A partir daí se formariam duas novas miofibrilas “filhas” que têm o mesmo comprimento de sarcômero.

Como as miofibrilas constituem o componente mais importante do volume total das fibras musculares é evidente que com o aumento do tamanho das miofibrilas também deve ocorrer um incremento no volume das fibras musculares. De fato, estudos observaram um aumento na área de secção transversa de fibras musculares de humanos após treinamento de força (KRAEMER et al., 1995; HÄKKINEN et al., 2001).

Segundo Fleck e Kraemer (2006) os ganhos iniciais de força, sem que ocorra hipertrofia muscular significativa, são decorrentes de adaptações neurais. Tais ganhos são relacionados aos processos de aumento da sincronização das unidades motoras, aumento da ativação dos agonistas, diminuição da coativação dos antagonistas, melhora da coordenação de todas as unidades motoras e dos músculos envolvidos no exercício e a inibição dos mecanismos reflexos protetores. Corroborando tais dados, Häkkinen et al. (2001) observaram que durante 6 meses de treinamento ocorreu o aumento da força máxima de extensão do joelho unilateral, avaliada por teste de uma repetição máxima (1RM), e da força isométrica máxima de extensão de joelho unilateral. Esses aumentos foram acompanhados de incremento do sinal EMG em ambas as situações. Tais ganhos foram observados tanto nos grupos de homens e mulheres de meia idade assim como nos grupos de homens e mulheres idosos, indicando que o incremento da força é influenciado pela capacidade de ativação muscular, mesmo em indivíduos mais velhos. Já Alkner, Tesch e Berg. (2000) demonstraram que com aumento da capacidade de produção de força isométrica também ocorre um incremento do sinal EMG do músculos extensores do joelho nos exercícios de extensão do joelho e *leg press* isométrico. Ou seja, quanto mais força o quadríceps estava produzindo, maior era o sinal EMG. No entanto, apenas o vasto lateral demonstrou um padrão de aumento do sinal EMG em relação ao aumento da produção de força.

O TF sistemático também tem demonstrado ser capaz de incrementar a taxa de produção de força (TPF) (HÄKKINEN et al., 2001a; NEWTON et al., 2002; HÄKKINEN et al., 2003). A TPF é uma medida da força muscular explosiva e pode ser definida *in vivo* com a inclinação da curva torque-tempo ( $\Delta\text{torque}/\Delta\text{tempo}$ ) e pode ser avaliada em vários períodos de tempo (ANDERSEN e AAGAARD, 2006). Ela é influenciada por inúmeros fatores como o nível de ativação neural (AAGAARD et al., 2002), a massa muscular e a composição das fibras musculares do segmento avaliado (HARRIDGE,

1996 *apud* AAGAARD et al., 2002). Aagaard et al. (2002) observaram que um período de treinamento de 14 semanas foi capaz de incrementar de maneira significativa a TPF de extensão do joelho de homens jovens, avaliada durante contrações voluntárias isométricas máximas (CVIMs), em 30, 50, 100 e 200 ms após o início da contração. Além disso, quando a TPF foi normalizada em relação às CVIMs, foi observado um incremento de aproximadamente 15% na TPF ( $p < 0,05$ ) avaliada do zero até que se alcançasse um sexto do valor máximo obtido na CVIM. Tais aumentos na TPF podem ser parcialmente explicados pelo incremento da atividade neural dos músculos extensores do joelho que também apresentaram aumento da ativação nas fases iniciais da CVIM (de 0 a 200 ms). Já Häkkinen et al. (2001b) treinaram mulheres idosas por 21 semanas com um protocolo que apresentava algumas séries executadas com baixas cargas e altas velocidades e demonstraram que ganhos da TPF isométrica do membro inferior em resposta ao TF podem ocorrer nessa população, mesmo com uma frequência de treino de apenas 2 vezes por semana. Segundo os mesmos autores um incremento da capacidade de desenvolver força rapidamente é importante para auxiliar nas tarefas funcionais da vida diária assim como pode, possivelmente, prevenir quedas. Nesse sentido Izquierdo et al. (1999) relataram haver correlação entre a TPF e o equilíbrio de homens idosos e de meia idade, o que reforça a necessidade do desenvolvimento da força rápida para a prevenção de acidentes em idosos.

Nessa linha de raciocínio, outros autores que demonstraram a efetividade do treinamento de força em incrementar a TPF (NEWTON et al 2002; HÄKKINEN et al. 2003) também sugerem que uma alta capacidade de produzir força rapidamente deve ser extremamente importante para a prevenção de quedas e desequilíbrios para as populações já mencionadas, assim como deve ser de grande importância para o desenvolvimento atlético dinâmico. Contudo, apesar da TPF avaliada em contrações isométricas ser uma variável amplamente utilizada na literatura científica (WILSON e MURPHY, 1996; IZQUIERDO et al., 1999; NEWTON et al., 2002; HÄKKINEN et al., 2003; ANDERSEN e AAGAARD, 2006) poucos estudos suportam a sua utilização como maneira de avaliar o desempenho esportivo dinâmico (WILSON e MURPHY, 1996; VITASALO et al., 1984 *apud* WILSON e MURPHY, 1996), enquanto outros ainda observaram falta de correlações estatisticamente significativas entre o desempenho esportivo dinâmico e a TPF isométrica (WILSON et al., 1995; WILSON e MURPHY, 1996). Entretanto, a falta de correlação reportada por tais estudos pode ser devido a falhas metodológicas como a não utilização de uma faixa de intervalos da TPF que se

aproxime ao tempo necessário para que se possa executar a ação dinâmica avaliada (ANDERSEN e AAGAARD, 2006).

Para a correta prescrição do TF, Kraemer e Ratamess (2004) descreveram a necessidade de manipular as variáveis agudas do TF. Tais variáveis incluem: a ação muscular utilizada, a resistência/carga utilizada, o volume do treino, a seleção dos exercícios e a estrutura das sessões de treino, a sequência dos exercícios executados, o tempo de intervalo entre as séries, a velocidade das repetições e a frequência do treinamento. A manipulação das mesmas acaba por afetar diretamente as adaptações em resposta ao TF (KRAEMER e RATAMESS, 2004; FLECK e KRAEMER, 2006).

Dentre as variáveis agudas do TF cabe destacar a carga utilizada pelo treinamento e o volume do mesmo. A carga no TF representa o peso levantado nos exercícios e é dependente de outras variáveis como a ordem e o volume dos exercícios, assim como o tempo de intervalo entre as séries. O volume do treinamento, por sua vez, é normalmente caracterizado pelo número total de séries e repetições utilizadas durante uma sessão de treinamento. Ambas são extremamente importantes para o TF, visto que elas afetarão as respostas de adaptação crônicas ao treinamento, assim como as respostas neurais, metabólicas e hormonais agudas (CAMPOS et al., 2002; SMILIOS et al., 2003). Por exemplo, Smilios et al. (2003) observaram que diferentes protocolos de treinamento também causavam diferentes respostas hormonais. Sendo que cargas de 6 repetições máximas (RMs) causaram insignificante incremento nos níveis plasmáticos de GH e cortisol, independente do número de séries utilizadas, enquanto protocolos com cargas menores e em que as repetições foram máximas, geraram resposta hormonal mais pronunciada. Nesse estudo o número de séries também afetou as respostas agudas observadas.

No estudo de Campos et al. (2002) observou-se que o grupo de treino com baixas repetições e altas cargas obteve ganhos de força máxima, avaliado por 1RM, significativamente maiores no agachamento e *leg press* do que os grupos que treinaram com número intermediário e alto de repetições máximas. Além disso, foi observada diferença significativa no ganho de força máxima de extensão do joelho entre o grupo que treinou com baixo número de repetições e o grupo de altas repetições. Inversamente, ao se avaliar a endurance muscular, através do número máximo de repetições executadas com uma carga equivalente a 60% do 1RM relativo dos indivíduos, foi observado um incremento significativamente maior no grupo que treinou com altas repetições em comparação aos outros grupos. Também foi encontrada

diferença no aumento da área de secção transversa das diferentes fibras musculares em relação aos protocolos de treino. Os grupos que executaram baixo e intermediário número de repetições máximas obtiveram incremento na área de secção transversa de todos os tipos de fibras analisadas, enquanto que nenhum incremento estatisticamente significativo na área de secção transversa das fibras do grupo que utilizou alto número de repetições foi observado. Esses estudos demonstram a influência da manipulação do volume e carga de treinamento e corroboram com a idéia de especificidade do treinamento.

Sendo assim, é de se esperar que, caso ocorra alguma interferência na carga ou no volume utilizado no TF também haverá interferência direta nas adaptações adquiridas por meio desse treinamento.

### **O Treinamento Concorrente**

Em 1980, Robert Hickson sugeriu que o incremento da força muscular era afetado quando o TF era acompanhado pelo treinamento aeróbio. Desde então inúmeros estudos vêm investigando o TC, porém os resultados encontrados são controversos (KRAEMER et al., 1995; HENNESSY e WATSON, 1994; MCCARTHY, POZNIAK e AGRE, 2002; HÄKKINEN et al., 2003; GLOWACKI et al., 2004).

No estudo de Kraemer et al. (1995), soldados norte-americanos foram treinados de forma que o grupo que executou o TC executava a sessão de TF no mesmo dia que o treino aeróbio. Nesse estudo, os autores observaram uma interferência no ganho de força dos membros inferiores após o período de treinamento. Eles sugeriram que a interferência ocorre de maneira local, já que o grupo que utilizou o TC apenas apresentou prejuízo significativo no incremento da força muscular dos membros inferiores. Corroborando essa idéia, Hennessy e Watson (1994) também relataram prejuízo no ganho de força dos membros inferiores de jogadores de rúgbi submetidos a um treinamento misto, mas tal desvantagem no ganho de força não ocorreu nos membros superiores. Por outro lado Häkkinen et al. (2003), ao utilizarem uma rotina de TC por 21 semanas, com o treino de força executado apenas 2x na semana e de endurance em outros 2 dias separados, não observaram nenhum prejuízo no ganho de força máxima dos indivíduos submetidos a esse programa de treinamento. No entanto, a capacidade de produção de força rápida (em 500 ms) não se desenvolveu como no grupo que treinou apenas força.

Em relação ao prejuízo da força no TC e a modalidade do exercício aeróbio utilizado no mesmo pode-se observar que parte dos estudos que utilizam a corrida como meio de intervenção também observam prejuízo no ganho de força (HENNESSY e WATSON, 1994; KRAEMER et al., 1995). Por outro lado, resultados controversos são observados em pesquisas que utilizaram o ciclismo como modalidade de exercício aeróbio de um programa de TC, em que alguns estudos não observaram influência negativa no desenvolvimento da força (DUDLEY et al., 1985; MCCARTHY, POZNIAK e AGRE, 2002; HÄKKINEN et al., 2003; GERGLEY, 2009). Assim, é hipotetizado que a modalidade de exercício aeróbio pode influenciar distintamente a resposta adaptativa da força muscular. Dentro dessa perspectiva, o único estudo encontrado que avaliou a influência da modalidade do treinamento aeróbio na adaptação crônica da força de sujeitos submetidos a um programa de TC foi o de Gergley (2009). Nesse estudo o autor treinou homens e mulheres, sendo que um grupo utilizava caminhada em esteira rolante inclinada como modalidade de exercício aeróbio e outro exercitava-se em ciclo ergômetro durante a parte aeróbia do TC. O grupo que se exercitou em ciclo ergômetro obteve um prejuízo na força menor do que o grupo que fez a parte aeróbia em esteira. Mesmo assim, ambos os grupos apresentaram redução no ganho de força dos membros inferiores em relação aos sujeitos que treinaram apenas força. Esse estudo, apesar de não ter utilizado corrida como forma de intervenção, suporta a ideia de que a modalidade do exercício aeróbio deve influenciar as adaptações na força muscular. Contudo, devido a inúmeras diferenças metodológicas observadas nos estudos e a falta de estudos comparativos entre as modalidades do exercício aeróbio, torna-se difícil fazer comparações e conclusões em relação a tal hipótese. Dessa maneira, é possível que os inúmeros resultados observados nos diversos estudos sejam decorrentes das diferentes metodologias empregadas, como por exemplo, a intensidade, o volume total e a frequência de treinamento semanal, bem como o nível de treinamento dos indivíduos.

Da mesma forma que a força máxima, a TPF também pode ser afetada quando o treinamento aeróbio é adicionado a um programa de TF (HÄKKINEN et al., 2003). No estudo de Häkkinen et al. (2003) foi observado que o incremento na TPF em adaptação ao TC foi prejudicado em homens de meia idade que executaram um programa de TC em relação a um grupo que treinou apenas força. Dessa maneira, é possível que diluir o volume de treino semanal possa evitar o efeito negativo do exercício aeróbio no desenvolvimento da força máxima, mas não na força explosiva. Entretanto, a influência exata do modo do exercício aeróbio na TPF aguda e crônica é pouco conhecida.

Para tentar explicar o efeito da interferência do ganho de força em decorrência ao TC, alguns autores (LEVERITT et al., 1999) sugeriram mecanismos responsáveis pela interferência do TC. Estes incluem o *overtraining*, a hipótese crônica e a hipótese aguda. Esta última baseia-se na ideia de que uma sessão de treinamento aeróbio afetaria o TF a ser executado em seguida devido ao efeito de uma possível fadiga residual causada pelo treinamento aeróbio. Nesse sentido, investigar a influência da hipótese aguda no treinamento de força parece de suma importância para a organização de programas de TC.

### **A Capacidade de Produção de Força e o Exercício Aeróbio**

O exercício aeróbio agudo tem demonstrado causar redução significativa na capacidade de produção de força isométrica máxima e isocinética logo após a sua prática (BENTLEY et al., 2000; LEPERS et al., 2002; PLACE et al., 2004; RUAS et al., 2007; NUMMELA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008; THEUREL e LEPERS, 2008; LEPERS et al., 2008). Bentley, Zhou e Davie (1998) avaliaram a produção de torque dos extensores do joelho em dinamômetro isocinético em 14 atletas após um protocolo de ciclismo em bicicleta estacionária. Eles observaram que a força isocinética avaliada a 60°/seg decaiu em aproximadamente 21% após o protocolo aeróbio e permaneceu significativamente reduzida em relação aos níveis pré-treino até 6 horas após o mesmo.

Bentley et al. (2000) observaram que a força isométrica, avaliada por meio de CVIMs, sofria redução de aproximadamente 12% em 11 atletas que pedalarão por meia hora a 80% do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) e executaram 4 séries de 60 segundos a 120% do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . A redução da força permaneceu significativa até no mínimo 6 horas depois do teste. Além disso, ainda foi relatada uma diminuição significativa da integral eletromiográfica (iEMG) do reto da coxa e do vasto medial durante a CVIM logo ao término do teste. A redução da iEMG do reto da coxa permaneceu significativa até 6h após a realização do protocolo aeróbio, indicando a incapacidade do sistema neuromuscular de se recuperar desse tipo de sessão. Assim, esses autores sugerem que o exercício aeróbio pode afetar o desempenho do TF caso este seja executado em seguida, e que o mesmo pode sofrer interferência ainda que um período longo de recuperação seja permitido (como o de 6 horas referido em seus estudos). Entretanto esse estudo utilizou séries de 60 segundos de alta intensidade (120% do  $VO_{2m\acute{a}x}$ ) durante o exercício aeróbio, o que é pouco usual em programas de treinamento contínuos executados nos estudos longitudinais de TC e deixa dúvidas se a



redução na capacidade de produção de força ocorreu devido à toda sessão de treinamento aeróbio ou apenas às séries de alta intensidade.

Alguns estudos também verificaram a redução aguda da força após corridas longas e ultra-longas. Por exemplo, Millet et al. (2002) notaram que após ultra maratona ocorria uma redução significativa de aproximadamente 30% da força de extensores do joelho, avaliada na CVIM. Millet et al. (2003) observaram uma redução significativa de aproximadamente 23,5% na força muscular isométrica dos extensores do joelho após corrida de 30 km. Oliveira et al. (2008) utilizaram um protocolo que durou  $35 \pm 5,39$  minutos, o qual se assemelha muito mais com os utilizados em programas de TC do que às provas utilizadas nos estudos anteriores, até que se alcançassem um gasto calórico de 500 kcal e observaram uma redução significativa apenas da força isocinética excêntrica a 180°/s, tanto para extensão quanto para flexão de joelho.

Já com o ciclismo, Lepers et al. (2002) utilizaram um protocolo realizado a 55% da potência aeróbia máxima durante 5h e avaliaram a força isométrica máxima durante cada hora de exercício e após 30 minutos de recuperação. Os autores observaram redução dessa variável logo após a primeira hora de exercício, a qual continuou sendo reduzida nas horas subsequentes. Para a comparação da modalidade do exercício aeróbio, Place et al. (2004) utilizaram um protocolo de corrida semelhante, em que os sujeitos corriam a 55% da velocidade aeróbia máxima por 30 minutos. Nesse estudo a CVIM dos sujeitos diminuiu de forma semelhante ao estudo de Lepers et al. (2002), que utilizou ciclismo como intervenção. Contudo ao final do estudo uma redução maior da força isométrica parece ter sido observada em relação ao prejuízo encontrado no estudo de Lepers. Entretanto, pelo fato dos estudos não terem sido feitos com os mesmos indivíduos e possivelmente terem sido conduzidos de maneira diferentes, torna-se difícil especular o efeito da modalidade do exercício aeróbio na força.

Além da força isométrica máxima e isocinética, a força rápida também parece ser afetada pelo exercício aeróbio agudo. Bentley, Zhou e Davie, (1998) reportaram que a TPF, avaliada durante o *squat jump*, apresentou redução significativa até mesmo após seis horas de recuperação a um protocolo de exercício aeróbio feito em bicicleta. Não foram encontrados estudos que avaliassem a TPF após uma sessão aguda de corrida, porém inúmeros estudos verificaram-na, após diferentes atividades aeróbias, durante contrações evocadas (MILLET et al., 2002; PLACE et al., 2004).

Sendo assim, a capacidade de produção de força muscular isométrica, isocinética e a TPF podem sofrer alteração após uma sessão de treinamento aeróbio. No entanto,

grande parte dos estudos investigaram a redução da capacidade de produção de força em atletas em situações de competição, provas simuladas ou protocolos de ultra-longa duração (Quadro 1), principalmente em situações de corrida, o que reduz a aplicabilidade desses dados para o entendimento e organização de um programa de TC, bem como para desenvolver conhecimentos sobre a organização desse tipo de treinamento voltado para a saúde, onde os indivíduos normalmente executam o exercício aeróbio em intensidades relativamente moderadas mas com o volume muito menor do que o utilizado nesses estudos.

**QUADRO 1-** Efeito do exercício aeróbio de longa e ultra-longa duração na capacidade de produção de força muscular dos extensores do joelho

<u>AUTORES</u>	<u>EXERCÍCIO</u>	<u>SUJEITOS</u>	<u>INTENSIDADE/PROVA</u>	<u>EFEITO NA PRODUÇÃO DE FORÇA</u>
Millet et al. (2002)	Corrida	Triatletas e corredores	Prova de ultramaratona	Redução de 30% na CVIM
Lepers et al. (2002)	Ciclismo	Ciclistas	5h a 55% da potência aeróbia máxima	Redução de 9 a 19% na CVIM (avaliada a cada hora a após a recuperação)
Millet et al. (2003)	Corrida	Corredores	Prova de 30 km	Redução de 23,5% na CVIM
Place et al. (2004)	Corrida	Corredores	5h a 55% da potência aeróbia máxima	Redução de 8 a 30% na CVIM (avaliada a cada hora a após a recuperação)
Nummela et al. (2008)	Corrida	Corredores	Prova de 5000 m	Redução de 15,1% na CVIM

Ao se referir aos estudos que investigaram a capacidade de produção de força muscular voluntária máxima após protocolos de treinamento de menor duração é importante ressaltar que grande parte dos estudos utiliza intensidades relativamente altas ou onduladas, com séries de alta e baixa intensidade durante todo o protocolo de treinamento (BENTLEY, ZHOU e DAVIE, 1998; BENTLEY et al., 2000; OLIVEIRA et al.,

2008). Tais protocolos nem sempre são usuais em pesquisas que investigam o TC (MCCARTHY, POZNIAK e AGRE, 2002; HÄKKINEN et al., 2003), e muitos protocolos geram dúvidas se a influência do exercício aeróbio na capacidade de produção de força ocorreu devido à todo o protocolo de exercício aeróbio ou apenas às séries de alta intensidade. Somado a isso, não são conhecidos estudos que compararam o efeito do modo de exercício aeróbio na capacidade de produção de força muscular avaliada de forma aguda.

Sendo assim é possível que uma redução da capacidade de produção de força muscular após o exercício aeróbio prejudique o TF devido a uma necessidade de redução da carga (caso alguém queira manter o mesmo número de repetições em cada exercício) e/ou redução do número de repetições em um exercício específico (caso procure-se manter a carga utilizada), afetando desse modo uma das duas principais variáveis agudas do TF. Além disso, a taxa de produção de força também pode ser afetada, prejudicando assim desenvolvimento da mesma em resposta ao treinamento. Assim, podemos esperar que as adaptações ao treinamento de força sejam comprometidas se tais alterações realmente ocorrerem.

Dessa maneira, o conhecimento do prejuízo causado na força muscular pelas diferentes modalidades de exercício aeróbio e em uma intensidade e volume semelhantes aos utilizados em sessões de TC parece essencial, uma vez permitirá a seleção do modo de exercício que cause a menor redução da força muscular aguda que possivelmente afetará com menor magnitude o treinamento de força, se feito posteriormente ao aeróbio.

## **OBJETIVO**

### **Objetivo Geral**

Avaliar a produção de força dinâmica (isocinética) e isométrica (CVIM) do quadríceps femoral, após dois protocolos de exercício aeróbios realizados na mesma intensidade.

### **Objetivos Específicos**

1- Avaliar e comparar produção de força isométrica máxima dos extensores do joelho antes e após 30 minutos de corrida em esteira na intensidade relativa entre 75 a 85% do 2º limiar ventilatório.

2- Avaliar a força isométrica máxima dos extensores do joelho antes e imediatamente após 30 minutos de ciclismo em bicicleta estacionária na intensidade relativa entre 75 a 85% do 2º limiar ventilatório.

3- Avaliar e comparar a produção de força isocinética dos extensores do joelho, a 60º/seg, antes e após os dois protocolos de exercício aeróbio.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Problema da Pesquisa**

Considerando os argumentos referidos anteriormente propomos a seguinte questão: há diferença estatisticamente significativa na produção de força muscular voluntária máxima dos extensores do joelho avaliada após corrida em esteira ou ciclismo em bicicleta estacionária em uma mesma intensidade relativa ao 2º limiar ventilatório de cada indivíduo?

### **Definição Operacional das Variáveis**

#### **Variáveis Independentes:**

- O protocolo de exercício aeróbio em bicicleta estacionária.
- O protocolo de exercício aeróbio em esteira.

#### **Variáveis Dependentes:**

- A produção de força isométrica e isocinética máxima de extensão do joelho após os dois protocolos aeróbios.

### **Delineamento da Pesquisa**

O presente estudo é do tipo quase-experimental com três grupos dependentes.

### **População**

A população é constituída de indivíduos não atletas do sexo masculino com idade entre 20 e 30 anos.

### **Amostra**

A seleção da amostra ocorreu por meio de cartazes e anúncios colocados na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEF/UFRGS) ou por contato telefônico. O tamanho da amostra foi calculado por meio do programa PEPI versão 4.0. O “n” amostral foi calculado baseando-se nos estudos de Bentley et al. (2000), que avaliaram o pico de torque dos extensores do joelho antes e pós um protocolo de exercício aeróbio e de Oliveira et al. (2008), que avaliaram o pico de torque isocinético após um protocolo de exercício aeróbio. Foi adotado um nível de

significância de 0,05, um poder de 90% para ambos os estudos enquanto que um coeficiente de correlação de 0,7 para as variáveis do estudo de Bentley et al.(2000) e de 0,8 para a variável do estudo de Oliveira et al (2008). Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas dos estudos supracitados, os cálculos realizados demonstraram um “n” mínimo de 14 indivíduos. Sendo assim, foi estabelecido que nosso estudo fosse composto por no mínimo 14 indivíduos.

Os sujeitos foram informados sobre os procedimentos metodológicos dessa investigação, e assinaram um documento individual em que é manifestado o interesse em fazer parte da amostra. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (número: 17680).

### **Critérios de Inclusão**

- Ser do sexo masculino.
- Ter de 20 a 30 anos.
- Possuir índice de massa corporal (IMC) de 20 a 26,9 kg/m<sup>2</sup>.
- Não apresentar doença cardiorrespiratória e/ou neuromuscular que prejudique ou inviabilize a execução dos testes.
- Ser classificado no IPAQ (versão curta) como ativo.

### **Protocolos de Avaliação**

Os indivíduos que participaram desse estudo compareceram à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em diferentes dias de avaliação para as coletas de dados. Todas os dias de avaliação (A, B, C, D, E e F) ocorreram com no mínimo 48 horas de intervalo entre eles para reduzir possíveis efeitos de fadiga e foram executados conforme a descrição a seguir:

Dia A: Foram apresentados os objetivos e os detalhes metodológicos do estudo e, posteriormente, solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e executadas 3 CVIMs e 5 ações isocinéticas de extensão do joelho para familiarização e a avaliação de medidas antropométricas.

Dia B: Foi realizado o teste de consumo máximo de oxigênio em bicicleta estacionária para determinar o consumo máximo de oxigênio e o primeiro e segundo limiares ventilatórios de cada indivíduo.

Dia C: Foi executado o teste de consumo máximo de oxigênio em esteira rolante para determinar o consumo máximo de oxigênio e o primeiro e segundo limiar ventilatório de cada indivíduo

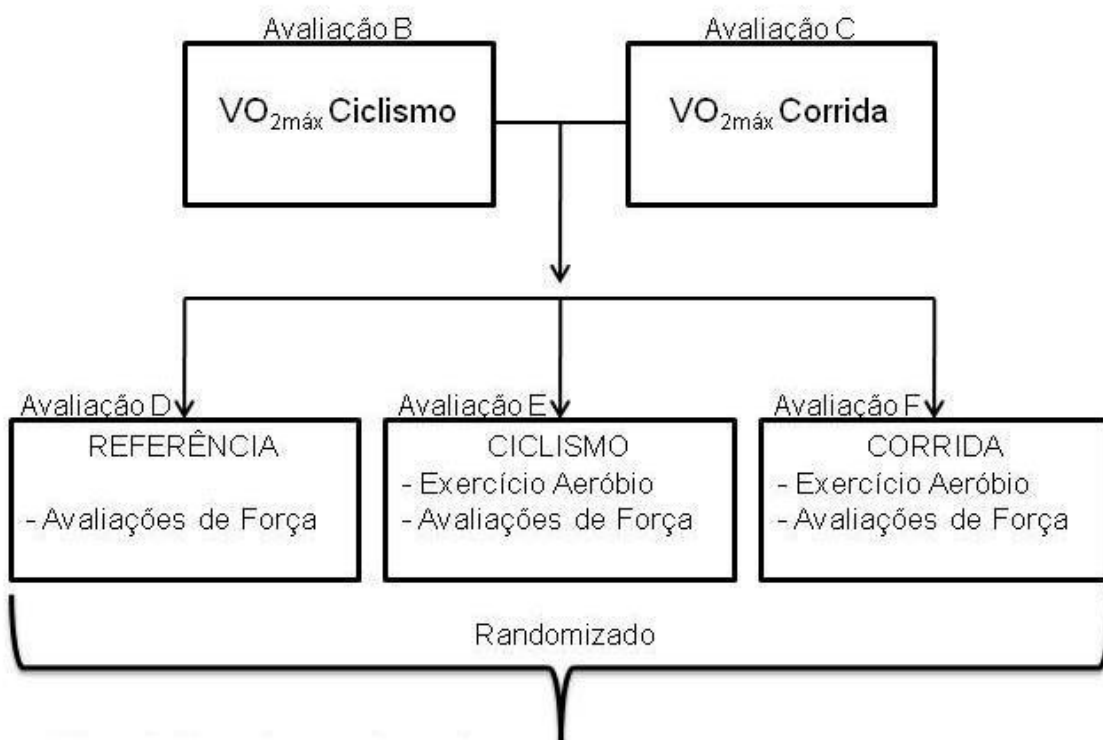
Dia D: Cada sujeito executou 3 CVIMs de extensão do joelho seguido de 5 contrações isocinéticas concêntricas máximas de extensão de joelho.

Dia E: Foi executado o protocolo de exercício aeróbio em bicicleta estacionária. Após o protocolo de exercício aeróbio, foi executado o mesmo protocolo de testes de força como descrito no dia de avaliação D.

Dia F: Foi executado o protocolo de exercício aeróbio em esteira. Após o protocolo de exercício aeróbio, foi executado o mesmo protocolo de testes de força como descrito no dia de avaliação D.

## Desenho Experimental

O desenho experimental está esquematizado na Figura 1.



**Figura 1** – Desenho experimental

## **Composição Corporal**

No dia A foi mensurado a massa corporal total, a estatura e espessura das dobras cutâneas dos indivíduos, sendo estas últimas conforme proposição de Jackson e Pollock (1978). Foram mensuradas as espessuras das dobras cutâneas tricipital, peitoral, subscapular, supra-íliaca, abdominal, da coxa e axilar média. As dobras foram medidas de forma alternada, totalizando 3 medidas de cada dobra cutânea. Foi utilizado para tal um adipômetro da marca Langue. O percentual de gordura foi estimado a partir da densidade corporal, pela fórmula de Siri (*Apud* FONTOURA, 2008).

## **Contrações Isométricas Voluntárias Máximas (CVIMs)**

As CVIMs de extensão do joelho foram executadas em um dinamômetro isocinético Cybex Norm (Ronkokoma, EUA), o qual foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. O ângulo articular de extensão de joelho foi o de 60° e de quadril de 85° (sendo 0° referente ao joelho e quadril completamente estendidos). O ângulo articular do quadril e do joelho foi determinado por medidas do próprio dinamômetro. As CVIMs foram executadas de maneira unilateral e apenas com o membro inferior dominante de cada sujeito (determinado pelo membro inferior utilizado para chutar uma bola). Os sujeitos foram instruídos a fazerem a contração “tão rápido e forte quanto possível” (BEMBEN, CLASEY e MASSEY, 1990; SAHALY et al. 2001).

Três CVIMs de 5 segundos foram executadas em cada dia de teste e um intervalo de 5 minutos foi dado entre cada uma delas para minimizar os efeitos da fadiga. No dia D de avaliação, a CVIM de maior valor de pico de torque (em N.m) de cada indivíduo foi selecionada para a posterior normalização das CVIMs executadas após os protocolos de exercício aeróbio. As CVIMs nos dias em que foram feitos os protocolos aeróbios (dias E e F) foram executadas 10 minutos após o término do protocolo aeróbio e seguiram o mesmo protocolo descrito anteriormente.

## **Teste Isocinético de Extensão de Joelho**

Os testes isocinéticos de extensão do joelho foram executados no mesmo dinamômetro isocinético citado anteriormente a uma velocidade angular de 60°/seg, nos dias D, E e F. O teste isocinético teve início 5 minutos após o término da 3ª CVIM. Cinco



ações concêntricas de extensão de joelho foram executadas e ao valor de pico de torque foi utilizado para as comparações.

### **Teste de Consumo Máximo de Oxigênio**

Os testes de consumo máximo de oxigênio foram realizados por ergoespirometria utilizando um ergoespirômetro da marca Medgraphics Cardiorespiratory Diagnostic Systems, modelo CPX-D, nos dias B e C, utilizando um protocolo de teste de esforço máximo em rampa na bicicleta estacionária e em esteira rolante, sendo realizados na sala de avaliação do LAPEX. O protocolo de rampa em bicicleta iniciou com carga de trabalho de 25 Watts e aumentos de 25 Watts a cada minuto ocorreram até a exaustão. Na esteira, o protocolo em rampa iniciou com velocidade de 7 km/h e aumentos de 1 km/h ocorreram a cada minuto até a exaustão. O valor de consumo máximo de oxigênio foi determinado apenas quando alcançado os critérios propostos por Howley, Bassett e Welch (1995).

#### **Determinação dos Limiares Ventilatórios:**

Os limiares ventilatórios correspondem ao comportamento da curva de ventilação em função do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) durante o teste de consumo máximo de oxigênio. Para a determinação do primeiro e segundo limiares ventilatórios ( $LV_1$  e  $LV_2$  respectivamente) foram seguidos os procedimentos a seguir:

-  $LV_1$ : Atribuído à primeira quebra da curva da ventilação durante o exercício e a carga mínima em que o equivalente ventilatório de oxigênio ( $VE/VO_2$ ) aumenta e o equivalente ventilatório de dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ ) permanece constante.

-  $LV_2$ : Atribuído à segunda quebra na curva da ventilação durante o teste Máximo e associado à carga de trabalho em que  $VE/VO_2$  aumenta concomitantemente com o  $VE/VCO_2$ .

A determinação, tanto do  $VO_{2máx}$  quanto dos limiares ventilatórios, foi feita por um fisiologista experiente.

### **Protocolos de Exercício Aeróbio**

Os protocolos de exercício aeróbio ocorreram nos dias E e F de avaliação. No dia E foi executado o protocolo em bicicleta estacionária enquanto que no dia de coleta D ocorreu o protocolo feito em esteira. Os protocolos foram iguais em intensidade relativa ao 2º limiar ventilatório para ambos os dias, com a exceção do equipamento usado em

cada um. Ambos os protocolos de exercício aeróbio foram constituídos de um período inicial de 5 minutos de aquecimento em intensidade confortável. Logo após, a intensidade dos mesmos foi aumentada de forma que se atingisse intensidade relativa de 75% a 85% do consumo de oxigênio do  $LV_2$ . Para isso a captação de gases ocorreu de maneira simultânea ao protocolo de exercício aeróbio e foram captados os valores de  $O_2$ ,  $CO_2$ , bem como a taxa de troca respiratória (RER). Depois de alcançada a carga relativa à intensidade descrita os sujeitos exercitaram-se por trinta minutos. Na bicicleta os sujeitos foram instruídos a manter uma cadência de pedalada entre 60 a 80 rpm e os watts foram aumentados até que se alcançasse a carga desejada. Na esteira o incremento da carga ocorreu pela alteração na velocidade. Dez minutos após o término do exercício aeróbio foi executado o protocolo de CVIMs e de contrações isocinéticas de extensão de joelho para verificar o efeito do exercício aeróbio capacidade de produção de força muscular voluntária máxima de maneira aguda.

## **Instrumentos de Coletas de Dados**

### **Balança e Estadiômetro:**

Balança de alavanca da marca Urano, modelo OS 180 A, com resolução de 10 g. A estatura foi verificada por um estadiômetro inserido na balança com resolução de 5 mm.

### **Adipômetro:**

Foi utilizado um adipômetro científico de Lange, da marca Beta Technology (Maryland, EUA) com resolução de 1 mm e pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup>.

### **Esteira Ergométrica e Bicicleta Estacionária:**

Os testes de consumo máximo de oxigênio e os protocolos de exercício aeróbio foram realizados em uma esteira ergométrica da marca Quinton Instruments (EUA) e em uma bicicleta estacionária da marca Cybex Norm (Rokonkoma, EUA).

### **Ergoespirômetro:**

A ergoespirometria tanto para o teste de  $VO_{2máx}$  quanto para os protocolos submáximos foi realizada com um ergoespirômetro da marca Medgraphics Cardiorespiratory Diagnostic Systems, modelo CPX-D.

**Dinamômetro Isocinético:**

As contrações musculares isométricas máximas e isocinéticas serão executadas em um dinamômetro isocinético da marca Cybex Norm (Ronkokoma,USA).

**Termômetro, Barômetro e Higrômetro:**

Um conjunto composto de termômetro, barômetro e higrômetro foi utilizado para medir a temperatura ambiente, a pressão atmosférica e a umidade do ar nos dias de coleta de dados B, C, E e F.

**Frequencímetro:**

Foram utilizados frequencímetros da marca Polar, modelo S610, para a aquisição da frequência cardíaca dos sujeitos durante o teste de consumo máximo de oxigênio e nos protocolos de exercício aeróbio.

**Análise Estatística**

Para a análise dos dados coletados foi utilizada estatística descritiva (Média e Desvio Padrão). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste Shapiro-Wilk. Devido ao pequeno “n” amostral até o presente momento (7 sujeitos), não foi utilizada estatística inferencial para a comparação dos dados. Sendo assim os valores apresentados no presente projeto representam apenas uma análise descritiva dos dados coletados até agora. No entanto, esse projeto continuará sendo executado até que sejam coletados os dados referentes ao “n” amostral calculado de 14 indivíduos. A partir de então os valores de PT isométrico e isocinético das três situações diferentes serão comparados por meio de ANOVA para medidas repetidas, enquanto que o valor médio do RER durante o protocolo de exercício em cicloergômetro e em esteira será comparado por meio do Teste T pareado. O nível de significância utilizado em todos os procedimentos estatísticos será de 0,05, sendo estes realizados no *software* SSPS, versão 14.0 para Windows.

## RESULTADOS

### Caracterização da Amostra

A amostra desse estudo foi composta até o presente momento por 7 homens ( $24 \pm 2$  anos). Todos os indivíduos foram classificados como, no mínimo, ativos ao responderem o IPAQ versão curta. Todos os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e estavam cientes dos riscos e benefícios do presente estudo. Os dados de caracterização da amostra são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Caracterização da Amostra

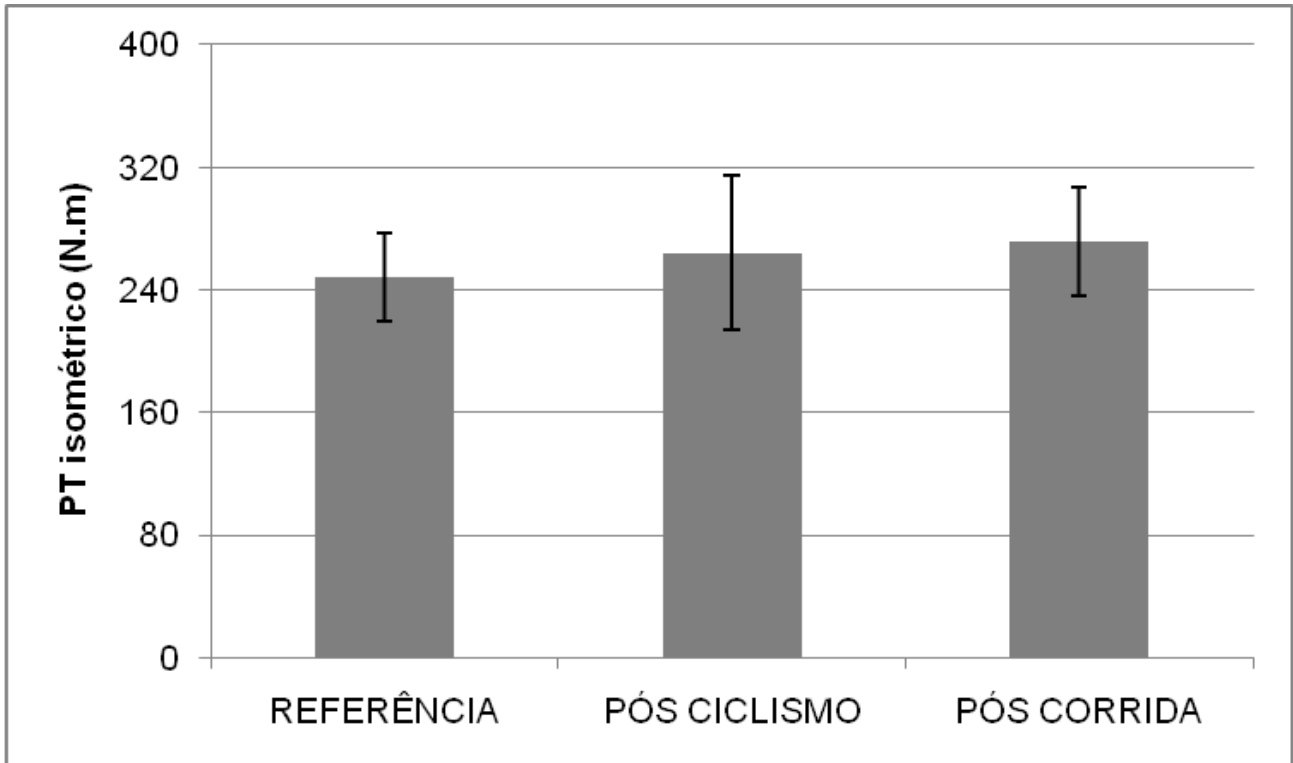
Variável	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	24	2
Massa corporal total (kg)	74,3	11,1
Percentual de gordura (%)	16,7	8,6
Estatura (cm)	174,1	5,3
VO <sub>2</sub> máx em cicloergômetro (ml/kg/min)	42,2	4,5
VO <sub>2</sub> máx em esteira (ml/kg/min)	48,7	4,7

### Valores VO<sub>2</sub> e RER Durante os Protocolos de Exercício Aeróbio

Os valores médios da faixa de treinamento relativos a 75 e 85% do VO<sub>2</sub> do LV<sub>2</sub> dos indivíduos foram de  $23,1 \pm 2,7$  a  $26,5 \pm 2,9$  ml/kg/min para o ciclismo e de  $28,1 \pm 3,2$  a  $31,8 \pm 3,6$  ml/kg/min para a corrida. Durante o protocolo submáximo de ciclismo (sessão E) os sujeitos se exercitaram a um VO<sub>2</sub> médio de  $24,3 \pm 2,4$  ml/kg/min, enquanto que no de corrida em esteira (sessão F) o VO<sub>2</sub> médio foi de  $28,7 \pm 2,7$  ml/kg/min. Os valores de RER médio da sessão de treinamento em ciclismo foi de  $0,991 \pm 0,023$  enquanto que RER médio foi de  $0,955 \pm 0,040$  durante a sessão de corrida.

### Valores de PT Isométricos

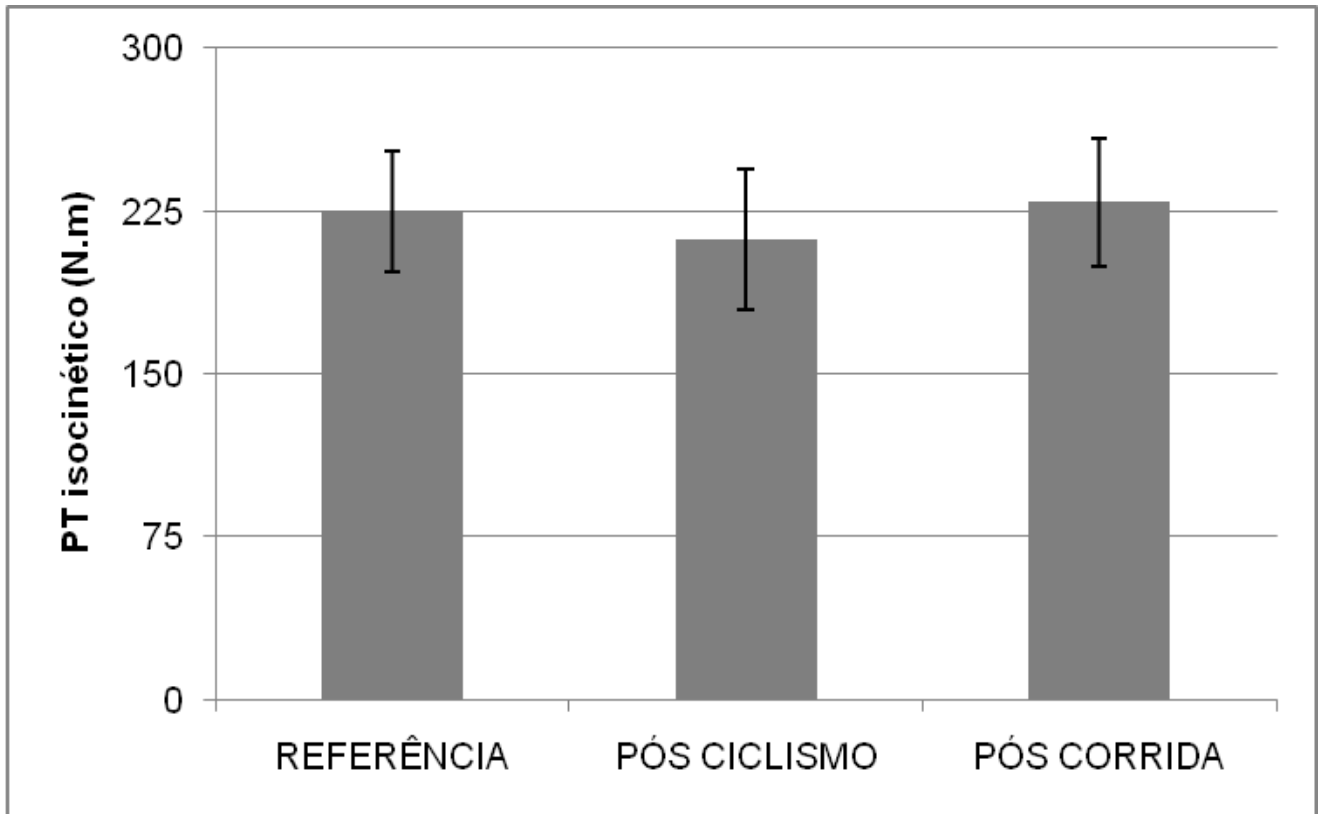
Os valores médios de PT isométricos de referência, pós ciclismo e pós corrida foram de  $248 \pm 28,9$ ,  $264,1 \pm 34$  e  $271 \pm 35,1$  N.m respectivamente. Os dados de PT isométrico são apresentados graficamente na Figura 2.



**Figura 2-** Valores de PT isométrico de extensão do joelho nas condições referência, pós ciclismo e pós corrida.

### Valores de PT Isocinéticos

Os valores de PT isocinéticos de extensão de joelho de referência, pós ciclismo e pós corrida foram de  $225 \pm 24,8$ ,  $203 \pm 41,7$  e  $229,1 \pm 29,7$  N.m respectivamente. Os valores de PT isocinético pós ciclismo e pós corrida são apresentados graficamente na Figura 3.



**Figura 3-** Valores de PT isocinético de extensão do joelho nas condições referência, pós ciclismo e pós corrida.

## DISCUSSÃO

Os dados do presente estudo não sofreram análise estatística inferencial, portanto não é possível saber se as diferenças nas médias observadas entre as diferentes situações são ou não significativas. Mesmo assim levantaremos algumas hipóteses e especulações a partir dos dados presentes dados.

Os valores de PT isométrico após os dois protocolos de exercício aeróbio parecem serem maiores do que durante a condição de referência. Esse resultado surpreendeu, visto que a maioria dos estudos observou uma redução na capacidade de produção de força após o exercício aeróbio. No entanto, como citado anteriormente, a diferença observada pode não ser significativa. Mesmo assim alguns estudos demonstram que a redução na capacidade de produção de força depende de como ela é avaliada (BENTLEY, ZHOU e DAVIE, 1998). Se esse fato for verdadeiro, é possível que a intensidade e/ou volume do treinamento aeróbio utilizado no presente estudo não tenha sido capaz de afetar a capacidade de produção de força, ou qualquer alteração negativa pode não ter sido observada pela falta de especificidade do teste isométrico. No entanto ainda não somos capazes de explicar o motivo de uma sessão de exercício aeróbio aguda poder aumentar a capacidade de produção de força muscular, se é que de fato ocorreu alguma alteração significativa. Talvez a intensidade moderada de exercício utilizada no presente estudo possa ter estimulado um potencial pós ativação, apesar de este ter sido reportado em exercícios de força e curta duração (TILLIN e BISHOP, 2009), que poderia aumentar a capacidade de produção de força voluntária máxima. No entanto isso é apenas especulação.

Em relação à capacidade de produção de força voluntária máxima isocinética, observamos uma aparente redução da mesma após o exercício aeróbio em cicloergômetro. Tem sido observado que o ciclismo causa uma maior elevação na concentração de lactato sanguíneo do que a corrida quando executado a uma mesma intensidade relativa do  $VO_{2máx}$  específico da modalidade (MILES, CRITZ e KNOWLTON, 1980; MARTINEZ et al., 1992; ACHTEN, VENABLES e JEUKENDRUP, 2003; KNECHTLE et al., 2004). Além disso, alguns estudos demonstram que a oxidação de lipídios é mais elevada durante a corrida enquanto que a oxidação de carboidratos é maior durante o ciclismo para a mesma intensidade (ACHTEN, VENABLES e JEUKENDRUP, 2003; KNECHTLE et al.,

2004). Portanto, apesar da utilização da mesma intensidade relativa ao  $VO_{2m\acute{a}x}$ , a demanda metabólica para produção de energia nas diferentes modalidades de exercício aeróbio parece ser diferenciada, sendo que o ciclismo acarreta em uma maior ativação da rota glicolítica do que a corrida, provavelmente por uma menor massa muscular estar envolvida para produzir um dado consumo de oxigênio e metabolizar o lactato produzido, assim como pelos diferentes tipos de contração muscular utilizados nessas modalidades de exercício aeróbio. Esses dados parecem terem sido parcialmente replicados no presente estudo ao observar um provável maior valor médio de RER dos indivíduos investigados durante a sessão de treino em ciclismo quando comparada com a de esteira.

Em relação à ativação muscular nas na corrida e no ciclismo, algumas evidências demonstram que a utilização dos músculos extensores do joelho e flexores plantares é de fundamental importância para o ciclismo, enquanto que durante a corrida há um importante recrutamento apenas dos flexores plantares quando a carga externa é aumentada (BIJKER, GROOT, e HOLLANDER, 2002). Se esse for o caso é de se esperar que o PT dos extensores do joelho sofram uma maior redução após o ciclismo do que a corrida, uma vez que esta musculatura seria mais exigida tanto mecânica quanto metabolicamente durante o exercício para uma mesma intensidade relativa. Contudo, essas referências não dão subsídios aos possíveis aumentos no PT isométricos em ambas as condições.

Dessa maneira, será necessário aumentar o “n” amostral para que conclusões definitivas sejam feitas ao invés de simples especulações baseadas em dados descritivos. Portanto, o presente estudo seguirá em andamento para concluir a coleta de dados e, posteriormente, utilizar testes estatísticos inferenciais.

## **CONCLUSÃO**

A partir das especulações feitas no presente é de se esperar que o ciclismo repercuta mais negativamente na capacidade de produção de força aguda dos indivíduos do que a corrida, quando executados a uma mesma intensidade relativa. Contudo é necessário ressaltar que essas conclusões são baseadas em especulações a partir de dados puramente descritivos. Os resultados e conclusões definitivas serão feitas após o termino desse projeto.



## REFERÊNCIAS

1. ACHTEN, J; VENABLES, M; JEUKENDRUP, AE. Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. *Metabolism*, v. 56, n. 6, p. 747-752, 2003.
2. AAGAARD, P; SIMONSEN, EB; ANDERSEN, JL; MAGNUSSON, P; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, v. 93 p. 1318-1326, 2002.
3. ALKNER, B; TESCH, PA; BERG, HE. Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, n. 2, p. 459-463, 2000.
4. ANDERSEN, LL; AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European Journal of Applied Physiology*, v. 96, p. 46-52, 2006.
5. BADILLO, JGG; AYESTARÁN, EG. **Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo** / Juan José Gonzáles Badillo, 2. ed. – Porto Alegre. Artmed, 2001.
6. BEMBEN, MG; CLASEY, JL; MASSEY, BH. The effect of the rate of muscle contraction on the force-time curve parameters of male and female subjects. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 61, n.1 p. 96-99, 1990.
7. BENTLEY, D J; ZHOU, S; DAVIE, AJ. The effect of endurance exercise on muscle force generating capacity of the lower limbs. *Journal of Science and Medicine in Sports*, v. 1, n. 3, p. 179-188, 1998.
8. BENTLEY, DJ; SMITH, PA; DAVIE, AJ; ZHOU, S. Muscle activation of the knee extensors following high intensity endurance exercise in cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, v. 81, p. 297-302, 2000.
9. BRANCACCIO, P; LIMONGELLI, FM; D'APONTE, A; NARICI, M; MAFFULI, N. Changes in skeletal muscle architecture following a cycloergometer test to exhaustion in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 11, p. 538-541, 2008.
10. CAMPOS, GER; LUECKE, TJ; WENDELM, HK; TOMA, K; HAGERMAN, FC; MURRAY, TF; RAGG, KE; RATAMESS, NA; KRAEMER, WJ; STARON, RS. Muscular adaptation in response to three different resistance-training exercise: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, v. 88, p. 11-29, 2006.

11. DE SOUZA, EO; TRICOLO, V; FRANCHINI, E; PAULO, AC; REGAZZINI, M; UGRINOWITSCH, C. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, vol. 21, n. 4, p. 1286-1290, 2007.
12. DOCHERTY, D; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. ***Sports Medicine***, v. 30, n. 6, p. 385-394, 2000.
13. FLECK, SJ; KRAEMER, WJ. **Fundamentos do treinamento de força muscular 3ª. ed.** Porto Alegre. Artmed, 2006.
14. FONTOURA, AS. **Guia prático de avaliação física: uma abordagem didática, abrangente e atualizada.** São Paulo: Phorte, 2008.
15. GERGLEY, JC. Comparison of two lower-body modes of endurance training on lower-body strength development while concurrently training. ***Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association***, v. 23, p. 979-987, 2009.
16. GLOWACKI, SP; MARTIN, SE; MAURER, A; GREEN, WBS; CROUSE, SF. Effects of resistance training endurance training, and concurrent training outcomes in men. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, v. 36, n. 12, p. 2119-2127, 2004.
17. HÄKKINEN, K; KOMI, PV. Electromyography changes during strength training and detraining. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, v. 15, n. 6, p. 455-460, 1983.
18. HÄKKINEN, K; ALLEN, M; KRAEMER, WJ; GOROSTIAGA, E; IZQUIERDO, M; RUSKO, H; MIKKOLA, J; HÄKKINEN, A; VALKEINEN, H; KAARAKAINEN, E; ROMUM S; EROLA, V; AHTIAINEN, J; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. ***European Journal of Applied Physiology***, v. 89, p. 42-52, 2003.
19. HÄKKINEN, K; KRAEMER, WJ; NEWTON, RU; ALLEN, M. Changes in electromyographic activity, muscle fiber and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. ***Acta Physiologica Scandinavica***, v. 171, p. 51-62, 2001a.
20. HÄKKINEN, K; PAKARINEN, A; KRAEMER, WJ; HÄKKINEN, A; VALKEINEN, H; ALLEN, M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. ***Journal of Applied Physiology***, v. 91, p. 569-580, 2001b.
21. HENNESSY, LC; WATSON, AWS. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, v. 8, n. 1, p. 12-19, 1994.

22. HICKSON, RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology*, v. 45, p. 255-263, 1980.
23. HOWLEY, ET; BASSETT, DR; WELCH, HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.
24. IZQUIERDO, M., AGUADO, M; GONZALES, R; LÓPEZ, JL; HÄKKINEN, K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *European Journal of Applied Physiology*, v. 79, p. 260-267, 1999.
25. JACKSON, AS; POLLOCK, ML. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, v. 40, p. 497–504, 1978.
26. KNECTHLE, B; MÜLLER, G; WILLMANN, F; KOTTECK, K; ESER, P; KNECTH, H. Fat oxidation in men and women endurance athletes in running and cycling. *International Journal of Sports Medicine*, v. 25, p. 38-44, 2004.
27. KNUTTGEN, HG; KRAEMER, WJ. Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, v. 1, n. 1, p. 1–10, 1987.
28. KRAEMER, WJ; PATTON, JF; GORDON, SE; HARMAN, EV; DESCHENES, MR; REYNOLDS, K; NEWTON, RU; TRIPLETT, NT; DZIADOS, JE. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, v. 78, n. 3, p. 976 – 989, 1995.
29. KOMI, P. **Força e potência no esporte 2. ed.** Porto Alegre. Artmed, 2006.
30. LEIS, AA; TRAPANI, VC. *Atlas of electromyography*. Oxford, Oxford University Press, 2000.
31. LEPERS, R; MAFFIULETTI, NA; ROCHERTE L; BRUGNIAUX, J; MILLET, GY. Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 92, p. 1487-1493, 2002.
32. LEPERS, R; THEUREL, J; HAUSSWIRTH, C; BERNARD, T. Neuromuscular fatigue following constant versus variable-intensity endurance cycling in triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 11, p. 381-389, 2008.
33. LEVERITT, M; ABERNETHY, PJ; BARRY, BK; LOGAN, P. Concurrent strength and endurance training: A review. *Sports Medicine*, v. 28, n. 6, p.413-427, 1999.
34. MACARDLE, WD; KATCH, FI; KATCH, VL. **Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance, 4<sup>th</sup> edition.** Williams & Wilkins, 1996.

35. MARTINEZ, ML; MNDREGO, A; SANTOS, JI; GRIJALBA, A; SANTESTEBAM, MD; GOROSTIAGA, EM. Physiological comparison of roller skating, treadmill running and ergometer cycling. ***International Journal of Sports Medicine***, vol. 14, n. 2, p. 72-77, 1993.
36. MCCARTHY, JP; POZNIAK, MA; AGRE, JC. Neuromuscular adaptation to concurrent strength and endurance training. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, vol. 34, n. 3, p. 511-519, 2002
37. MILES, D; CRITZ, JB; KNOWLTON, RG. Cardiovascular, metabolic, and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and treadmill exercise. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, v. 12, n. 1, p. 14-19, 1980.
38. MILLET, GY; LEPERS, R; MAFFULETTI, NA; BABAULT, N; MARTIN, V; LATTIER G. Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. ***Journal of Applied Physiology***, v. 92, p. 486-492, 2002.
39. MILLET, GY; MARTIN, V; LATTIER G; BALLAY Y. Mechanisms contributing to knee extensors strength loss after prolonged running exercise. ***Journal of Applied Physiology***, v. 94, p. 193-198, 2003.
40. NADER, GA. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, v. 38, n. 11, p. 1965-1970, 2006.
41. NARICI, M; VROI, GS; LANDONI, L; MINETTI, AE; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. ***European Journal Applied Physiology***, v. 59, p. 310-319, 1989.
42. NEWTON, RU; HÄKKINEN, K; HÄKKINEN, A; MCCOMICK, M; VOLEK, J; KRAEMER WJ. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, vol. 34, n. 8, p. 1367-1375, 2002.
43. NUMMELA, AT; HEATH, KA; PAAVOLAINEN, LM; LAMBERT, MI; GIBSON, ASC; RUSKO HK; NOAKS, TD. Fatigue during 5-km running time trial. ***International Journal of Sports Medicine***, v. 29, p. 738-745, 2008.
44. OLIVEIRA, AS; CAPUTO, F; GONÇALES, M; DENADAI BS. Heavy-intensity aerobic exercise affects the isokinetic torque and functional but not conventional hamstring:quadriceps ratios. ***Journal of Electromyography and Kinesiology***, v.19, n. 6, p. 1079-1084, 2008.
45. PLACE N; LEPERS, R; DELLEY, G; MILLET, G Y. Time course of neuromuscular alterations during a prolonged running exercise. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, v. 36, n. 8, p. 1347-1356, 2004.

46. RUAS,VDA; FIGUEIRA, TR; DENADAI BS; GRECO, CC. Efeito do exercício aeróbio prévio realizado em diferentes cadências de pedalada sobre a força muscular aguda. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 29 n. 1, pp. 163-176, 2007.
47. SAHALY, R; VANDEWALLE, H; DRISS, T; MONOD, H. Maximal voluntary force and rate of force developments in human – importance of instruction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 85, p. 345 – 350, 2001.
48. SALE, DG. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, p. S135-S145, 1998.
49. SMILIOS, I; PILIANIDIS, T; KARAMOUZIS, M; TOKMAKIDIS, SP. Hormonal responses after various resistance training protocols. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 4, p. 644-654, 2003.
50. TILLIN, NA; BISHOP, D. Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. **Sports Medicine**, v. 39, n. 2, p. 147-166, 2009.
51. THEUREL, J; LEPERS, R. Neuromuscular fatigue is greater following highly variable fatigue versus constant intensity endurance cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, p. 461-468, 2008.
52. WILSON, GJ; LYTTLE, AD; OSTROWSKI, KJ; MURPHY, AJ. Assessing Dynamic performance: A comparison of rate of force development tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 9, n. 3, p. 176-181, 1995.
53. WILSON, GJ; MURPHY, AJ. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. **Sports Medicine**, v. 22, n. 1, p. 19-37, 1996.

## ANEXO 1

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de identidade número \_\_\_\_\_, concordo em participar do estudo **“Efeito agudo do exercício aeróbio em esteira e cicloergômetro nos valores de ativação e produção de força muscular dos extensores do joelho”**, que envolverá exercícios aeróbios em esteira e cicloergômetro, bem como testes cardiorrespiratórios e neuromusculares. Entendo que os testes que realizarei tem o objetivo de avaliar a influência do exercício aeróbio na força e ativação muscular dos extensores dos músculos extensores do joelho.

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido durante seis encontros, sob a orientação do professor Ronei Silveira Pinto e pelo aluno de graduação Eurico Nestor Wilhelm Neto e autorizo a realização dos seguintes procedimentos:

- Responder um questionário específico sobre informações pessoais, histórico de atividade física e saúde.
- Realizar os testes de consumo máximo de oxigênio em esteira e cicloergômetro para a determinação do consumo máximo de oxigênio e do segundo limiar ventilatório para a seleção da carga de treino.
- Realizar dois protocolos de treino de exercício aeróbio, um em esteira e outro em cicloergômetro, por 30 minutos com a intensidade relativa a 10% abaixo do 2º limiar ventilatório.
- Realizar os testes de contrações voluntárias isométricas máximas (CVIMs) e contrações isocinéticas de extensão do joelho antes e após os protocolos de exercício aeróbio.
- Dispor-me a preparação da pele e fixação dos eletrodos de superfície, na parte anterior da coxa e em uma tuberosidade óssea (tuberosidade da tíbia, por exemplo), para a coleta do sinal eletromiográfico a qual inclui os seguintes procedimentos: Depilação, abrasão e limpeza com álcool nas regiões que serão colocados os eletrodos durante as de testes com CVIMs.
- Dispor-me a realização de ultra-sonografia do reto da coxa com o objetivo de avaliar a espessura muscular antes e após os protocolos de exercício aeróbio.

Eu entendo que durante os testes poderá haver riscos, desconfortos e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais de minha frequência cardíaca e pressão arterial durante o período de testes. Contudo, entendo que posso interromper os testes e deixar o estudo a qualquer momento, sob meu critério. Entendo que tenho a liberdade de recusar a participar ou retirar o consentimento em qualquer fase do estudo, sem sofrer penalização ou prejuízo, e que não haverá compensação financeira pela minha participação no estudo, assim como no caso de surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação. Também entendo que os dados relativos à minha pessoa serão confidenciais e disponíveis somente sob minha autorização escrita. Caso sejam publicados, os dados não serão associados a minha pessoa.

Eventuais dúvidas serão esclarecidas através do telefone (51)92739968 pelo aluno Eurico Nestor Wilhelm Neto ou pelo professor Ronei Silveira Pinto.

Entendo que, caso julgue ter havido a violação de algum dos meus direitos, poderei fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, pelo telefone (51)33083639. Estou ciente de que estará disponível uma linha telefônica para assistência médica de emergência 192, assim como o professor Ronei Silveira Pinto e o aluno Eurico Nestor Wilhelm Neto se responsabilizarão por possível assistência pós testes, quando necessário.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_.

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

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