

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Tiago Canal Jacques

CARACTERÍSTICAS NEUROMUSCULARES e ECONOMIA DE CORRIDA DE
TRIATLETAS COMPETITIVOS

Porto Alegre

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Tiago Canal Jacques

**CARACTERÍSTICAS NEUROMUSCULARES e ECONOMIA DE CORRIDA DE
TRIATLETAS COMPETITIVOS**

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
2012

Tiago Canal Jacques

**CARACTERÍSTICAS NEUROMUSCULARES e ECONOMIA DE CORRIDA DE
TRIATLETAS COMPETITIVOS**

Conceito Final:

Aprovado em _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ - UFRGS

Orientador – Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto - UFRGS

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, agradeço a atenção e o suporte dos meus avós, que sempre me estimularam ao movimento e não mediram esforços para que eu sempre estivesse realizando-o. Sou muito feliz por ter podido conviver com eles e serei eternamente grato por seus ensinamentos.

Em segundo lugar, agradeço a todos os que se envolveram de alguma forma com o presente trabalho. Sem a ajuda dessas pessoas eu não teria conseguido.

“Tudo aquilo que tentamos com frequência, e que não deixamos de desejar, um dia acabamos por conseguir.”

Sigmund Freud

RESUMO

O triatlo é uma modalidade que envolve três atividades: natação, ciclismo e corrida. O ciclismo e a corrida são decisivos no tempo total de prova. O ciclismo e a corrida diferem em vários aspectos, passando por fatores biomecânicos, atividade e padrão de recrutamento muscular. A economia de corrida tem sido considerada um parâmetro confiável na determinação do desempenho da corrida, e triatletas mais econômicos possuem mais chances de melhorar seu desempenho na corrida e portanto o seu tempo total de prova. Sabe-se que correr após pedalar resulta em maior custo energético em comparação a corrida isolada. Alguns estudos têm investigado os fatores que podem explicar o aumentado custo energético da corrida após o ciclismo, a maioria deles utilizando parâmetros metabólicos para esse propósito. Contudo, pouco se sabe a respeito da contribuição de fatores neuromusculares na economia de corrida de triatletas. O objetivo do presente estudo foi o de investigar se triatletas mais econômicos possuem características neuromusculares diferentes de triatletas menos econômicos. Medidas da produção de força isométrica, produção de força dinâmica, taxa de produção de força, espessura muscular do reto femoral e do vasto lateral, além do ângulo de penação do vasto lateral foram realizadas em seis triatletas competitivos. A economia de corrida foi determinada para cada sujeito durante corrida em esteira após uma simulação de ciclismo em ciclossimulador. Os resultados demonstram que em relação a triatletas menos econômicos, triatletas mais econômicos possuem maiores valores de produção de força isométrica, produção de força dinâmica, taxa de produção de força, espessura muscular do vasto lateral e ângulo de penação do vasto lateral. O presente estudo sugere que características neuromusculares de triatletas competitivos contribuem na economia de corrida e de que a avaliação dessas características pode ser utilizada para prevenir mecanismos relacionados a lesão e/ou aumentar o desempenho da corrida em triatletas competitivos.

ABSTRACT

Triathlon is a modality that involves three activities: swimming, biking and running. The bike and run legs are known to be decisive for overall race time at the finish line. Cycling and running differ in many aspects, ranging from the biomechanics to the muscular activity and recruitment patterns. Running economy has been considered a reliable parameter to determine running performance, and more economical triathletes have more chances to improve their running leg and consequently improve their overall race performance. It is well known that running after biking has a higher energy cost than running under control conditions. Some studies have investigated the factors that could explain the increased energy cost of running-after-biking, the majority of them utilizing metabolic parameters for this purpose. Little is known, however, about the contribution of neuromuscular factors to running economy in triathletes. The objective of the present study was to investigate if more economical triathletes have different neuromuscular characteristics than less economical triathletes. Measurements of isometric force production, dynamic force production, rate of force development, muscle thickness of *rectus femoris* and *vastus lateralis* and pennation angle of *vastus lateralis* were conducted in six competitive triathletes. Running economy was determined for each of the subjects on a treadmill run after a simulation of the cycling leg of the triathlon on a cycle-simulator. The results show that compared to less economical subjects, more economical subjects had higher isometric force production, dynamic force production, rate of force development, muscle thickness of *vastus lateralis* and pennation angle of *vastus lateralis* values. The present study suggests that neuromuscular characteristics of competitive triathletes contribute to running economy and that measuring these characteristics could be utilized to prevent injury related mechanisms and/or improve running performance in competitive triathletes.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
REVISÃO DE LITERATURA	12
OBJETIVOS	18
Objetivo geral	18
Objetivos específicos	18
MATERIAIS E MÉTODOS	19
Problema da pesquisa	19
Hipótese	19
Definição das variáveis operacionais	20
Delineamento da pesquisa	20
População	21
Amostra	21
Critérios de inclusão	21
Protocolos de Avaliação e Desenho Experimental	23
Simulação da etapa de ciclismo	25
Economia de corrida	25
Teste isocinético	26
Teste isométrico	27
Avaliação da espessura muscular e ângulo de penação	27
Tratamento dos valores produção de força	28
Tratamento dos valores de espessura muscular e ângulo de penação	29
Instrumentos para coleta de dados	30
Ciclossimulador	30

Análise metabólica	30
Dinamômetro isocinético	30
Ultrassom	30
Análise Estatística	31
RESULTADOS.....	32
Economia de corrida	32
Produção de força dinâmica, isométrica e taxa de produção de força	32
Espessura muscular e ângulo de penetração	34
DISCUSSÃO	35
CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
ANEXO 1	55
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	55

INTRODUÇÃO

O Triatlo é um esporte que envolve três modalidades em sequência, sendo elas a natação, o ciclismo e a corrida. Apesar da óbvia relevância das três atividades para um bom resultado, sabe-se que o ciclismo e principalmente a corrida possuem papéis de destaque para uma boa colocação ao final da prova (Vleck *et al*, 2006). Estudos indicam que o desempenho da corrida é diminuído quando precedido pelo ciclismo (Kreider *et al* 1980a; Hauswirth *et al* 1997; Gottschall e Palmer, 2002). Os mecanismos sugeridos para essa redução no desempenho quando comparado à corrida não precedida pelo ciclismo estão relacionados à mudança no padrão ventilatório, termorregulação, desidratação, substrato energético, modificação na rigidez da perna (definida como a razão entre a máxima força vertical e a máxima compressão da perna), alterações neuromusculares que reduziriam a eficiência do ciclo alongamento encurtamento (CAE), fadiga neuromuscular e déficit na coordenação (Quigley e Richards 1996; Guezennec *et al* 1996; Hue *et al* 1998; Millet *et al* 2000; Millet *et al* 2001; Heiden e Burnett 2003). O desempenho na corrida é comumente medido por meio da economia de corrida (EC), definida como o consumo estável de oxigênio em uma determinada velocidade (Conley e Krahenbuhl 1980; Saunders *et al* 2004), e reflete o custo metabólico para desempenhá-la em uma velocidade constante. Diversos estudos demonstram uma forte relação entre o desempenho da corrida e a EC (Costill, 1967; Pollock. 1977; Conley e Krahenbuhl, 1980; di Prampero *et al*, 1993). Porém, Daniels (1985) argumenta que o custo energético da corrida reflete o metabolismo aeróbico e o anaeróbico, e a demanda aeróbica (VO_2 em L/min) em uma dada velocidade não é necessariamente responsável pelo custo energético total da corrida. Ainda nesse sentido, Bonacci *et al* (2009) sustentam que as medidas de consumo de oxigênio focam a relação entre o sistema cardiorrespiratório e o desempenho, mas que não refletem a contribuição do sistema neural, responsável pelo controle e coordenação do movimento humano. Millet *et al* (2009) afirmam que há pouca informação acerca das

características neuromusculares de triatletas e de como elas impactam o limiar anaeróbico (LA) e o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). Le Meur *et al* (2012) sustentam que o decréscimo na velocidade de corrida após o ciclismo tem sido muito abordado do ponto de vista metabólico, mas que um conhecimento adicional das modificações da mecânica muscular em decorrência da fadiga continua sendo um desafio para melhorar o conhecimento dos fatores responsáveis pelo desempenho e para desenvolver melhores programas de treinamento. No triatlo a relação entre o VO_{2max} e o desempenho pode não ser tão expressiva como em outros esportes, já que a etapa de ciclismo pode afetar a força da correlação entre o VO_{2max} e o desempenho da corrida (Roalstad, 1989). Sabe-se que o custo energético para a corrida antecedida pelo ciclismo é maior do que o custo para uma corrida isolada (Guezennec *et al* 1996). O custo de suporte da massa corporal pelo tempo decorrido na aplicação de força contra o solo reforçam o papel das características neuromusculares dos músculos utilizados na corrida e sua contribuição no consumo de oxigênio (Kram e Taylor, 1990). Segundo Sejersted e Vollestad (1992), o aumento do custo de oxigênio está associado com a fadiga muscular, que por sua vez envolve modificações na rigidez e no responsividade muscular, ambos essenciais para a eficiência do movimento. Pelo fato de que o tipo de contração muscular e o potencial para o dano muscular são diferentes entre o ciclismo e a corrida, a fadiga neuromuscular resultante desses exercícios provavelmente se origina em diferentes locais (centrais e/ou periféricos), conduzindo a diferentes níveis de deterioração da força (Millet e Lepers, 2004) e conseqüentemente do desempenho.

A EC parece ser influenciada por alguns tipos de treinamento de força, o que de certa forma sustenta as informações dos estudos que acreditam em uma importante função de características periféricas no desempenho da corrida. Diversos estudos com diferentes tipos de treinamento de força observaram incrementos na EC após intervenção em corredores de diferentes níveis e modalidades. Os mecanismos encontrados pelos autores explicando a melhora na EC desses indivíduos são essencialmente locais, passando por propriedades neuromusculares (Paavolainen *et al* 1999, Støren *et al* 2008, Guglielmo *et al* 2009, Taipale *et al* 2010), e propriedades mecânicas (Millet *et al* 2002, Spurrs *et al* 2003, Turner *et al* 2003, Saunders *et al* 2006).

No trabalho de Millet *et al* (2002), onde houve melhora da EC de triatletas após três semanas de treinamento de força de alta intensidade, os autores reforçam que a melhora do desempenho de triatletas bem treinados pode estar mais fortemente relacionada a fatores locais/periféricos do que a fatores centrais. Porém, a avaliação do desempenho da corrida não foi antecedida pelo ciclismo, o que conduz a limitações no que diz respeito a utilização dos dados como referência para o treinamento de triatletas, já que não é possível inferir se a melhora na EC em decorrência dos estímulos induzidos pelo treinamento de força se manteriam em uma situação de simulação da transição ciclismo-corrída ou de competição. Até onde alcançou a revisão de literatura do presente estudo, não se encontraram estudos que tenham investigado as características neuromusculares de triatletas com melhor economia de corrida sob a perspectiva da interação ciclismo-corrída.

Levando em consideração lacunas em aberto na literatura, e considerando dados na literatura concernentes à influência de fatores neuromusculares no ciclismo isolado, na corrida isolada e na transição ciclismo-corrída, o objetivo deste estudo foi investigar se triatletas com maior economia de corrida apresentam características neuromusculares de extensores do joelho diferentes de triatletas com menor economia de corrida.

REVISÃO DE LITERATURA

Guezennec et al (1996), identificaram aumento nos níveis de creatina quinase plasmática após a corrida antecedida pelo ciclismo em comparação a uma corrida isolada, e sugerem que essa elevação pode ser um indício de dano muscular. Fibras que não são utilizadas em uma corrida isolada estariam trabalhando na situação de transição ciclismo-corrida, e assim seriam mais facilmente lesionadas. Além disso, o custo energético aumentado da corrida após o ciclismo, segundo os autores, pode ser explicado pelo fato de que a taxa metabólica é relacionada à fadiga muscular. Lepers *et al* (2001) identificou uma redução significativa na força do quadríceps após ciclismo em cadência constante (9%) e variável (12%) em triatletas, e associa essa redução a propriedades neurais e contráteis dos extensores do joelho. Durante ciclismo prolongado (5hs) Lepers *et al* (2002) identificaram progressiva redução da capacidade de produção máxima de força (18%) para o quadríceps em ciclistas e triatletas. Bieuzen *et al* (2007) investigaram como o nível de força de dois grupos de ciclistas (com maior nível de força muscular e com menor nível de força muscular) influencia a ativação de músculos do quadríceps durante a pedalada em três diferentes cadências (cadência preferida, 50 rpm e 110 rpm). Os autores relatam que o grupo com menor capacidade de produção de força demonstrou nível de ativação duas vezes maior para o VL em cada cadência testada em comparação ao grupo de ciclistas com maior capacidade de produção de força. A intensidade constante, em comparação à intensidade variável durante o ciclismo, aumentou o desempenho da corrida de triatletas (Bernard *et al* 2007). A cadência reduzida (20% abaixo da preferida) em comparação à cadência preferida e alta (20% acima da preferida) resultou em menor carga metabólica durante os minutos finais do ciclismo antecedendo a corrida (Vercruyssen *et al* 2005). Em ambos os estudos, as variações metabólicas observadas na corrida subsequente ao ciclismo não variaram significativamente, sugerindo ser possível descartar a explicação do desempenho da corrida a partir de fatores metabólicos nesses estudos. Heiden e Burnett (2003), ao analisar a ativação muscular na corrida antecedida pelo ciclismo, identificaram que o músculo vasto lateral (VL) possui o papel de aumentar a estabilização da fase de apoio da passada, além de ser mais ativado durante a extensão do joelho durante a fase de vôo da corrida. O

principal fator responsável por essa função aumentada do VL seria a transição de uma atividade sem impacto para uma com impacto e o necessário aumento da rigidez da perna durante a fase de apoio na corrida. Millet *et al* (2000) relataram redução na rigidez da perna durante a corrida antecedida pelo ciclismo, identificada através do maior deslocamento vertical do centro de massa durante a fase de apoio em triatletas com nível médio de experiência. Le Meur (2012), contudo, identificou um aumento na ativação de unidades motoras dos extensores do joelho durante a fase de frenagem da corrida (apoio), sugerindo ser uma estratégia para o aumento da rigidez da perna e que triatletas mais experientes possuem melhor regulação da rigidez após a transição para a corrida. Os autores também sugerem que a regulação da rigidez da perna é um fator que diferencia triatletas mais bem preparados, já que a oscilação vertical do centro de massa é considerada como um preditor do custo energético da corrida. Após corrida prolongada, Millet *et al* (2003) relatam que fatores como fadiga central, propagação neuromuscular e fatores a nível muscular seriam os responsáveis por uma redução de 23.5% na força produzida durante contração voluntária máxima após corrida de longa duração (30 km).

A partir do conhecimento de que atividades de longa duração (*endurance*) causam decréscimo da força, parece que a melhora das características neuromusculares pode surtir um efeito protetor e prolongar tais atividades influenciando seu custo energético. O treino de força é reconhecidamente um estímulo para a melhora de tais características, e alguns estudos aplicaram diferentes tipos de treinamento de força em atletas de *endurance* visando obter aumento do desempenho. Paavolainen *et al* (1999) observaram que nove semanas de treinamento de força explosiva (exercícios pliométricos e *sprints*) resultaram em melhoras de 8,1% na EC, não ocorrendo mudanças significativas no $VO_{2máx}$ do grupo experimental. Apesar de não haver significância estatística, observaram que a produção de força máxima isométrica acompanhou a melhora na EC, enquanto no grupo controle os valores decaíram ao longo do período de nove semanas. Segundo os autores, o treinamento explosivo resultou em melhora das características neuromusculares, que por sua vez influenciaram aumento da potência muscular e a melhora da EC. Em corredores bem treinados, Støren *et al* (2008) aplicaram treinamento de força de alta intensidade e observaram melhoras de 5% na EC e de 26% na taxa de produção de força (TPF). Guglielmo *et al* (2009) estudaram os efeitos de dois tipos de treinamento de força (explosivo e força de alta intensidade) em

corredores de meia e longa distância. Os resultados apresentaram aumento de 6.2% na EC e 38% na força (teste de uma repetição máxima, 1RM) para o grupo treinado em força máxima, mas não houve melhora na EC do grupo treinado em força explosiva. Em corredores de *endurance* recreacionais, Taipale *et al* (2010) também comparou dois tipos de treinamento de força (alta intensidade e explosivo) e seus efeitos na economia de corrida e em ganhos de força. Aumentos de 8% e 3% na força ocorreram para os grupos treinados em força máxima e força explosiva, respectivamente, apesar de não estatisticamente significativos. Ganhos de 1.4% na massa corporal acompanhados de aumento (6,7%) na espessura muscular do vasto lateral (VL) e vasto intermédio (VI) ocorreram no grupo treinado em força máxima. A EC foi aumentada para este grupo em duas velocidades (10 e 12 km/h), enquanto para o grupo treinado em força explosiva observou-se melhoras na EC somente a 10 km/h e durante um período específico do treinamento (da semana preparatória até a oitava semana). Com o objetivo de investigar os ganhos em força após treinamento de força de alta intensidade e sua influência na economia de corrida em triatletas, Millet *et al* (2002) observaram melhora de 5.6% e 6.9% na EC do grupo experimental em duas intensidades relativas ao VO_{2max} após período de intervenção com treinamento de força máxima. Encontraram também maior rigidez da perna durante a corrida (*leg stiffness*) para o grupo experimental em relação ao grupo controle, além de aumento significativo na força avaliada por teste de 1RM. Com corredores moderadamente treinados, Spurrs *et al* (2003) adicionaram treinamento de força explosiva na rotina de treinamento de corredores de longa distância com média de dez anos de experiência em corrida, durante seis semanas. Como resultado, a EC foi melhorada em todas as velocidades testadas no grupo que realizou o treinamento, com aumentos de 6,7% para 12 km/h, 6,4% para 14 km/h e de 4,1% para 16 km/h, além de observarem aumento na força isométrica máxima de flexores plantares de 11,4% e 13,6% para a perna esquerda e direita, respectivamente. A taxa de produção de força (TPF), também para os flexores plantares, foi aumentada em 14,1% e 15% para as pernas esquerda e direita, apesar destes valores não apresentarem significância estatística. Em outro trabalho, Saunders *et al* (2006) também avaliaram os efeitos do treinamento de força explosiva adicionado ao treinamento normal de *endurance* durante nove semanas. Corredores bem treinados (VO_{2max} médio de 71 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Os resultados desse estudo demonstraram que o grupo treinado com exercícios pliométricos melhorou sua EC a 18 km/h

em 4,1%, em comparação ao grupo controle, mas não obteve melhoras nas velocidades de 14 e 16 km/h. Ainda, demonstraram evidências indicando que a potência média produzida durante teste de saltos foi maior (14,7%), e de redução no tempo para alcançar a força máxima dinâmica (14%) após o período de treinamento. Medidas cardiorrespiratórias e fisiológicas, tais como $VO_{2máx}$, ventilação (VE), taxa de troca respiratória (RER), frequência cardíaca (FC), frequência de passadas (FP) e a concentração de lactato sanguíneo não demonstraram modificação significativa entre os grupos experimental e controle. O único trabalho encontrado para esta revisão a avaliar os efeitos do treinamento de força no desempenho da corrida antecedida pelo ciclismo em triatletas foi o de Bonacci *et al* (2011). Nele, os autores adicionaram treinamento pliométrico ao treino regular de triatletas para investigar seus efeitos no controle neuromotor e na EC. O grupo controle realizou oito semanas de treino convencional de triatlo, enquanto que o grupo experimental realizou três sessões de treino pliométrico por semana combinado ao treino convencional de triatlo. O estudo apresenta evidências de que o uso do treinamento pliométrico em triatletas pode corrigir o controle neuromotor alterado (definido como alteração da forma ou amplitude do padrão EMG de recrutamento muscular relativo ao padrão apresentado em corrida isolada) durante a corrida antecedida pelo ciclismo, apesar de a EC não ter sido melhorada. A correção, segundo os autores, se deve ao fato de que o padrão de recrutamento muscular na corrida antecedida pelo ciclismo dos triatletas que realizaram o treinamento pliométrico se assemelhou mais ao seu próprio comportamento durante a corrida isolada (não antecedida pelo ciclismo). Ainda, estudos prévios demonstraram existir relação entre controle neuromotor alterado e a economia de corrida antecedida pelo ciclismo (Bonacci *et al* 2010). Dessa forma, há indícios de que melhoras nas características neuromusculares possam ser utilizadas com o intuito de afastar triatletas do controle neuromotor alterado na corrida antecedida pelo ciclismo.

Produção de Força

A força muscular pode ser definida como a capacidade do sistema neuromuscular de produzir tensão (Badillo e Ayestarán, 2001). É possível analisá-la por meio de testes isocinéticos ou isométricos e também associá-la a características morfológicas, tais como espessura muscular ou ângulo de penação dos fascículos. O teste isocinético caracteriza-se por manter constante a velocidade de execução do movimento. Nesse método a influência da velocidade é reduzida, realizando-se avaliações mais precisas e possibilitando ao músculo sua máxima produção de força durante toda a amplitude do movimento (Walmsley e Szybbo, 1987). Além disso, tem sido demonstrado que a avaliação da produção de força durante a extensão de joelho por meio de avaliação isocinética apresenta alta reprodutibilidade (Sole *et al* 2007; Impelizzeri *et al* 2008). A variável mais utilizada para indicar a capacidade de produção de força é o pico de torque (PT) definido por Maddux *et al.* (1989) como a máxima produção de força em uma velocidade específica. Outra forma de teste para acesso à produção de força de um indivíduo é a contração voluntária máxima isométrica (CVMI), definida como a máxima força que um indivíduo pode gerar durante uma contração onde o comprimento muscular se mantém inalterado (Knuttggen e Kraemer, 1987). Contudo, durante uma contração isométrica a ativação bem como a produção de força não é similar para todos os músculos integrantes do quadríceps (Zangh *et al* 2003). Ainda, Wilson e Murphy (1996) sustentam que a produção de força isométrica possui características diferentes da produção dinâmica de força, e Nosse (1982) sugere que os resultados de cada tipo de teste não devem ser generalizados. Portanto, devido as suas características diferenciadas, no presente trabalho optou-se pela avaliação da capacidade de produção de força utilizando-se diferentes métodos com o propósito de reduzir as possibilidades de erro em sua determinação.

Morfologia

A espessura muscular (EM) é sugerida como uma variável morfológica de grande reprodutibilidade e forte correlação com a área de secção transversa do músculo acessada por ressonância magnética (Reeves *et al* 2004). Ela pode ser definida como a distância entre o tecido adiposo subcutâneo e a aponeurose óssea (Miyatani *et al* 2002). Em estudo de Abe *et al* (2000), adaptações musculoesqueléticas nos membros superiores e inferiores de homens e mulheres foram investigadas com a utilização da EM. Após 12 semanas de treinamento, constatou-se aumento da espessura muscular em ambos os sexos. Ainda, os resultados apresentaram um comportamento linear desta variável com a produção de força, avaliada por meio do teste de uma repetição máxima (1RM), tanto para os homens quanto para as mulheres. Em outro estudo, Alegre *et al* (2006) examinaram adaptações na arquitetura muscular, força dinâmica (teste de 1RM) e isométrica de extensão do joelho em sujeitos destreinados após 13 semanas de treinamento. Os autores puderam observar uma correlação significativa entre o valor do teste de 1RM e a EM do músculo vasto lateral ($r=0,54$) dos sujeitos. Em atletas, Blazevich *et al* (2003) procuraram analisar mudanças na arquitetura muscular após um período de treinamento de quatro semanas. Os autores constataram um aumento na EM dos músculos vasto lateral e reto femoral, além de aumentos concomitantes na produção de força em teste isométrico e isocinético de extensão de joelho. Brechue e Abe (2002), correlacionaram dados da EM dos músculos tríceps braquial, vasto lateral e gastrocnêmio medial com a carga levantada por levantadores de peso de elite em três tipos de exercícios (agachamento, levantamento terra e supino). Os resultados apresentaram correlação positiva entre a carga levantada nos exercícios e a EM. Além disso, os autores sugerem que a arquitetura muscular avaliada a partir da EM tem grande influência na produção de força.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Identificar se triatletas competitivos com maior economia de corrida possuem propriedades neuromusculares dos extensores do joelho diferentes de triatletas com menor economia de corrida.

Objetivos específicos

1 – Avaliar características neuromusculares de triatletas, tais como pico de torque isométrico, pico de torque dinâmico, taxa de produção de força, espessura muscular do reto femoral, espessura muscular do vasto lateral e ângulo de penação do músculo vasto lateral.

2 – Avaliar a economia de corrida em esteira após simulação de ciclismo em ciclossimulador estacionário.

MATERIAIS E MÉTODOS

Problema da pesquisa

Triatletas competitivos com maior economia de corrida possuem propriedades neuromusculares dos extensores do joelho diferentes de triatletas com menor economia de corrida?

Hipótese

H1: Triatletas competitivos com maior economia de corrida possuem diferentes propriedades neuromusculares dos extensores do joelho.

H0: Triatletas competitivos com maior economia de corrida não possuem diferentes propriedades neuromusculares dos extensores do joelho.

Definição das variáveis operacionais

Variáveis dependentes

- Economia de corrida

Variáveis independentes

- Taxa de produção de força de extensores de joelho
- Pico de torque isométrico de extensores do joelho
- Pico de torque dinâmico de extensores do joelho
- Espessura muscular do músculo vasto lateral
- Espessura muscular do músculo reto femoral
- Ângulo de penação do músculo vasto lateral

Delineamento da pesquisa

O presente estudo é do tipo experimental de natureza quantitativa.

População

A população do estudo foi constituída de seis triatletas competitivos, com no mínimo três anos de experiência na modalidade e idades entre 20 a 40 anos.

Amostra

Os sujeitos que possuíam o perfil determinado para a amostra foram convidados a participar do projeto através de contato com suas equipes de competição, com o aval e ciência de seus treinadores/técnicos sobre todos os processos nos quais estiveram envolvidos no decorrer do estudo. Somente foi possível avaliar seis sujeitos em função do pequeno período disponível entre a liberação do projeto pela instituição responsável pela análise ética e o tempo hábil para execução do estudo.

Critérios de inclusão

- Triatletas de ambos os sexos.
- Ter entre 20 e 40 anos de idade.
- Possuir no mínimo três anos de experiência na modalidade.

-Não apresentar qualquer doença cardiovascular e/ou neuromuscular que inviabilize a execução do teste.

-Não apresentar histórico de lesão recente.

-Não estar em período de competição.

Protocolos de Avaliação e Desenho Experimental

Os indivíduos que participaram do estudo compareceram à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em dois dias para apresentação dos objetivos do estudo e avaliações, distribuídos da seguinte forma:

1º dia: foram apresentados os objetivos e os detalhes metodológicos do estudo, e posteriormente solicitada a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Em seguida foi realizada a avaliação da espessura muscular dos músculos reto femoral e vasto lateral e ângulo de penação do vasto lateral por ultrassonografia, além de avaliação da produção de força isométrica de extensores do joelho, avaliação de produção de força dinâmica de extensores do joelho e da taxa de produção de força.

2º dia: foi realizada uma simulação de etapa de ciclismo em ciclossimulador estacionário, onde os sujeitos pedalarão sua própria bicicleta por 45 minutos. Esta foi sucedida por uma corrida de 6 minutos em esteira, para avaliação da economia de corrida através da análise do consumo de oxigênio durante velocidade constante (12 km/h).

Desenho experimental

1º dia

- Apresentação dos objetivos e metodologia do estudo
- Assinatura do termo de consentimento
- Avaliação espessura muscular e ângulo de penetração por ultrassonografia
- Teste de produção de força isométrica e dinâmica em dinamômetro isocinético



2º dia

- Simulação etapa de ciclismo em ciclossimulador
- Análise do consumo de oxigênio durante a corrida em esteira

Simulação da etapa de ciclismo

Os sujeitos realizaram uma simulação de ciclismo com tempo determinado em 45 minutos e executaram-na em sua intensidade de prova. Para tanto, a bicicleta do triatleta foi acoplada a um ciclossimulador (Cateye CS1000, Japao). A cadência foi determinada como livre para a execução da simulação.

Economia de corrida

A economia de corrida foi determinada medindo-se o consumo submáximo de oxigênio utilizando-se um analisador de gases (VO2000) durante corrida em esteira em velocidade constante. O consumo de oxigênio foi medido durante o último minuto de um teste de 6 minutos de duração a uma velocidade de 10 km.h⁻¹, considerada submáxima para os sujeitos da amostra em questão (Thorstesson & Roberthson (1987), Hreljac (1995) e Steudel-Numbers *et al.* (2007)). A EC foi obtida da média do VO₂ durante o tempo de corrida na velocidade indicada, e para sua conversão em joules seu valor foi multiplicado por um equivalente energético de 20,1 J.ml⁻¹ (Blaxter, 1989).

Teste isocinético

Os sujeitos realizaram o teste isocinético de extensão de joelho em um dinamômetro isocinético (Cybex Norm, Ronkonkoma, NY), o qual foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. Para o teste os sujeitos permaneceram na posição sentada com 85° de flexão de quadril e foram estabilizados por um cinto colocado em torno do peito e na coxa do membro definido como dominante. Esses procedimentos foram realizados com o intuito de aumentar a estabilização e diminuir os movimentos compensatórios de outras articulações. O epicôndilo lateral do fêmur foi alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro. O braço de alavanca do equipamento foi ajustado para cada sujeito de modo a obter a ótima distância entre o joelho e o braço de alavanca do equipamento. Antes do teste também foi realizada uma correção considerando-se a força peso do segmento (perna). Os sujeitos realizaram o teste apenas com o membro dominante. O protocolo do teste constituiu de extensão concêntrica do joelho, sendo que os sujeitos realizaram cinco repetições submáximas a 60°/s com o objetivo de familiarização com o teste. Após, os indivíduos realizaram cinco repetições máximas a 60°/s, sendo que entre a familiarização e o teste máximo foi estabelecido um período de recuperação de 180 segundos. Os sujeitos receberam incentivos verbal e visual durante o teste. O maior valor de pico de torque nas cinco repetições foi utilizado para fins de análise do desempenho e relações com a economia de corrida.

Teste isométrico

Para o teste isométrico de extensão de joelho foi utilizado um dinamômetro isocinético (Cybex Norm, Ronkonkoma, NY), o qual foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. Para o teste isométrico, os sujeitos foram posicionados para o teste na mesma situação do teste isocinético. O teste isométrico foi constituído de três tentativas de contração isométrica máxima de extensão de joelho no ângulo de 60° de extensão do joelho (0°= extensão completa de joelho), com duração de 5s, sendo que entre cada tentativa houve intervalo de recuperação de 300 segundos. Os sujeitos realizaram o teste apenas com o membro dominante. Os sujeitos receberam incentivos verbal e visual durante o teste. O valor de pico de torque isométrico usado para fins de análise foi o maior valor mensurado entre as três tentativas.

Avaliação da espessura muscular e ângulo de penetração

A avaliação da espessura muscular (EM) foi realizada por meio de imagem obtida com aparelho de ultrassonografia (Philips, VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil), sendo a imagem obtida em B-modo. Antes de qualquer medição todos os sujeitos permaneceram deitados por 20 minutos de modo a restabelecer o fluxo normal dos líquidos corporais (Berg *et al* 1993). Durante a avaliação da EM os sujeitos permaneceram deitados com o membro avaliado estendido e relaxado. Um transdutor com frequência de amostragem de 7,5 MHz foi posicionado de forma perpendicular sobre músculo avaliado. Para a aquisição da imagem foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar

pressão com o transdutor sobre a pele. O tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo foram identificados pela imagem do ultrassom, e a distância entre eles foi definida como EM. A avaliação da EM foi efetuada no segmento dominante e todas as medidas foram executadas pelo mesmo avaliador. As imagens utilizadas para análise do ângulo de penação das fibras musculares foram salvas e analisadas posteriormente. A avaliação da EM foi realizada para o músculo vasto lateral no ponto médio entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (Kumagai *et al* 2000). Para o músculo reto femoral foram utilizados como referência dois terços da distância do grande trocânter do fêmur ao epicôndilo lateral e três centímetros lateralmente a partir da linha média do membro (Chilibeck *et al* 2004). A avaliação do ângulo de penação ocorreu logo após a avaliação da EM do vasto lateral, utilizando-se o mesmo ponto de posicionamento da sonda utilizado na avaliação da EM do mesmo músculo.

Tratamento dos valores produção de força

A taxa de produção de força (TPF) foi calculada a partir das curvas de torque obtidas nas contrações isométricas. A TPF foi determinada na fase inicial de cada contração em períodos incrementais de 50ms até 300ms após o início da contração (ex. 0 – 50ms, 0 – 100ms,..., 0 – 300ms) e o maior valor obtido em cada intervalo de tempo foi selecionado. O início da contração foi definido como o instante em que o torque de extensão do joelho excedeu a linha de base de 7,5 N.m,

Tratamento dos valores de espessura muscular e ângulo de penação

Para o tratamento dos valores de EM foi utilizada a mesma metodologia descrita por Nosaka e Newton (2002), Alegre *et al* (2006) e Chen *et al* (2009). As imagens obtidas durante as avaliações de espessura dos músculos VL e RF foram digitalizadas e analisadas no software *ImageJ*. Em cada imagem foi realizado por três vezes o cálculo da distância entre o tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo, e somente após esse procedimento a espessura muscular foi definida, utilizando-se como valor final de referência a média dos três valores adquiridos.

Para a determinação do ângulo de penação foram identificados o fascículo e a aponeurose profunda, sendo o ângulo de penação definido como inclinação entre o fascículo e aponeurose profunda. Em cada imagem do músculo foi realizada por três vezes a medida do ângulo de penação, utilizando-se como valor final de referência a média dos três valores adquiridos.

Instrumentos para coleta de dados

Ciclossimulador

A realização da simulação da porção de ciclismo foi realizada acoplando-se a bicicleta a um ciclossimulador modelo CS1000 (Cateye, Osaka).

Análise metabólica

A análise metabólica foi realizada através de um analisador de gases modelo VO2000 (Medical Graphics Corporation, St. Paul, MN).

Dinamômetro isocinético

O teste isocinético e isométrico de extensão do joelho foram executados em um dinamômetro isocinético da marca Cybex (Cybex, Ronkokoma, NY).

Ultrassom

A avaliação da EM muscular e do ângulo de penação foi realizada em um aparelho de ultrassom da marca Philips (VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil).

Análise Estatística

Nenhum procedimento estatístico foi realizado, visto que o “n” amostral não alcançou o número mínimo determinado pelo cálculo amostral. Os valores individuais de cada sujeito para cada variável foram apresentados, e a análise foi realizada a partir do valor individual de cada sujeito.

RESULTADOS

Economia de corrida

Os valores obtidos durante a corrida em esteira e relativos ao consumo de oxigênio estão demonstrados na Tabela 1. EC (J/kg/m) representa o custo energético da corrida relativo ao tempo, enquanto EC (ml/kg/km) representa o custo de oxigênio relativo à distância, ambos normalizados pela massa do sujeito.

Tabela 1 – Dados do consumo de oxigênio da corrida em esteira

	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6
EC (J/kg/m)	2,43	2,77	2,86	3,09	3,19	3,31
EC (ml/kg/km)	12,11	13,79	14,24	15,42	15,89	16,52

Os valores da economia de corrida são apresentados do menor (sujeito 1, mais econômico), para o maior (sujeito 6, menos econômico); EC: economia de corrida.

Produção de força dinâmica, isométrica e taxa de produção de força

As tabelas 2 e 3 apresentam os valores para pico de torque isométrico, pico de torque dinâmico e taxa de produção de força.

Tabela 2 – Valores de pico de torque produzidos em dinamômetro isocinético

SUJEITOS	PT Iso	PT Din
1	373*	283*
2	293*	240*
3	216,0	145,0
4	239,0	188,0
5	208,5	143,0
6	343*	290*

PT Iso: pico de torque isométrico; PT Din: pico de torque dinâmico; * três maiores valores para PT Iso e PT Din; valores em N.m.

A EC foi melhor para os sujeitos 1, 2 e 3 (2.43, 2.77 e 2.86 J.kg.m, respectivamente; tabela 1) em relação ao restante do grupo. Os sujeitos 1 e 2 também apresentaram os maiores valores de PT Iso e PT Din (tabela 2).

Tabela 3 – Valores para Taxa de Produção de Força

	0-50 ms	0-100ms	0-150ms	0-200ms	0-250ms	0-300ms	MÉDIA
SUJEITOS							
1	29,7	132,65*	208,39*	222,25*	236,11*	248,48*	179,60**
2	44,26*	151,62*	188,25*	221,83*	242,69*	229,46*	179,69**
3	55,08*	115,62*	149,4	170,7	183,6	188,1	143,7
4	12,2	76,3	144,5	168,9	195,9	212,2	135,0
5	41,78*	100,6	126,8	149,2	158,2	163,7	123,4
6	32,8	104,5	158,94*	196,07*	226,07*	253,03*	161,91**

*Três maiores valores para cada intervalo de tempo; **três maiores médias; valores de torque em N.m; valores de tempo em milissegundos (ms).

Os valores de taxa de produção de força (TPF, tabela 3) apresentam um comportamento semelhante ao dos valores de PT, com os sujeitos 1 e 2 (mais econômicos) apresentando valores superiores em praticamente todos os intervalos (0-100ms; 0-150ms; 0-200ms; 0-300ms) e também para a média dos intervalos (MÉDIA;

sujeito 1: 179,6 N.m; sujeito 2: 179,69 N.m). O intervalo de 0-100ms apresenta os maiores valores de produção de força para os sujeitos 1, 2 e 3.

Espessura muscular e ângulo de penação

Na tabela 4 estão apresentados os valores de EM dos músculos vasto lateral e reto femoral, bem como os valores de ângulo de penação.

Tabela 4 – Valores para espessura muscular e ângulo de penação.

SUJEITOS	Vasto Lateral		Reto Femoral		AP-VL
1	31,4*		19,1		23,4*
2	29*		25,8*		29,2*
3	17		21,8*		24,65*
4	22,7		21,5		21,4
5	17,9		18,5		17,5
6	30,2*		27,4*		17,1

*Três maiores valores na espessura muscular para vasto lateral, reto femoral e ângulo de penação do músculo vasto lateral; valores em milímetros (mm); AP-VL = ângulo de penação do músculo vasto lateral.

Os valores para espessura muscular (tabela 4) apresentaram-se maiores para os sujeitos 1 e 2 para o músculo vasto lateral e para os sujeitos 2 e 3 para o músculo reto femoral. Em relação ao ângulo de penação das fibras musculares do músculo vasto lateral (tabela 4), os maiores valores foram apresentados pelos sujeitos 1, 2 e 3.

DISCUSSÃO

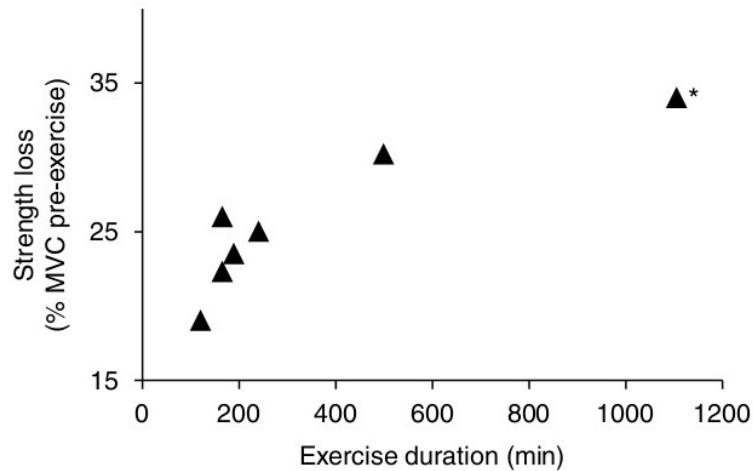
O objetivo do presente estudo foi o de investigar se triatletas mais econômicos durante a corrida antecedida pelo ciclismo também apresentam características neuromusculares (PT Iso, PT Din, TPF, espessura muscular do RF e VL e ângulo de penação do VL) diferentes de triatletas com menor economia. No presente estudo, as variáveis relacionadas a características neuromusculares foram avaliadas por procedimentos diretos não invasivos. Os dados apresentados pela amostra, apesar de não possuírem significância estatística, coincidem com os observados na literatura, onde indivíduos com maior economia de corrida apresentam também melhores características neuromusculares. Os sujeitos 1 (SJ1) e 2 (SJ2) apresentaram menores valores de consumo de oxigênio e custo energético relativo a sua massa corporal (Tabela 1) durante a corrida, e também apresentaram maiores valores para o pico de torque em contração isométrica e pico de torque em contração dinâmica do joelho (Tabela 2), taxa de produção de força em todos os intervalos de tempo (Tabela 3), e também maiores valores de espessura e ângulo de penação do músculo VL (Tabela 4). Diversos estudos abordam a relação da transição ciclismo-corrída de diferentes maneiras na literatura, e muitos deles estão focados em variáveis fisiológicas e metabólicas para explicar o aumento do custo energético na corrida subsequente ao ciclismo. A modificação de uma atividade sem impacto (ciclismo) para uma com impacto (corrida) poderia induzir maior lesão muscular, bem como a produção e a remoção de lactato poderia ter diferentes comportamentos entre as duas atividades (Quigley e Richards, 1996). A depleção de glicogênio muscular, a hipertermia e a desidratação (Guezzenec *et al*, 1996) além da frequência ventilatória e ainda o nível de treinamento dos triatletas poderiam explicar o aumento do custo energético da corrida subsequente ao ciclismo (Hue *et al* 1998). Porém, como relatado anteriormente, alguns estudos apresentam que a contribuição neuromuscular pode ser relevante para o desempenho de atividades de *endurance*, apesar de pouco se saber a respeito dessa relevância no desempenho de triatletas.

Em uma abordagem considerando a influência da variação da cadência (revoluções por minuto do pedivela) em alterações neuromusculares, Lepers *et al* (2001) afirmam que o ciclismo tem influência direta sobre propriedades contráteis e neurais dos extensores do joelho – independente da cadência utilizada - e observaram reduções na produção de torque em contração isométrica e dinâmica (120°/s e 240°/s). Em ciclistas e triatletas, Lepers *et al* (2002) também encontraram mudanças, tais como redução do torque isométrico de extensores do joelho e do tempo de contração após o ciclismo de longa duração em cadência livre e potência constante. Bieuzen *et al* (2007), analisando a atividade eletromiográfica, sugerem que ciclistas com menor capacidade de geração de força apresentam maior ativação do músculo VL durante a pedalada em diferentes cadências. Os autores sugerem que para ciclistas com menor capacidade de produção de força um determinado torque corresponderá a um maior percentual de utilização da sua máxima força quando comparados a ciclistas com maior capacidade de produção de força, e portanto, seriam menos econômicos do ponto de vista neuromuscular. No presente estudo, não houve regulação da cadência e da intensidade da porção de ciclismo, mas é possível especular que os sujeitos que apresentaram maiores PT Iso e PT Din (sujeitos 1 e 2) tenham se beneficiado dessa condição, já que os déficits neuromusculares encontrados nos estudos citados foram identificados no ciclismo sob diferentes condições de cadência e intensidade. Com uma ativação reduzida para o VL em relação a sua máxima ativação, suspeita-se que os sujeitos com maior PT Iso e PT Din tenham sido mais econômicos durante o ciclismo, o que pode ter resultado em sua corrida mais econômica. Sabe-se que no ciclismo o músculo VL possui uma ativação de 50% durante a fase de propulsão (Ericson *et al*, 1985), enquanto no início da fase de contato na corrida o mesmo músculo possui uma ativação de 78% (Montgomery *et al*, 1994), o que reforça a sua maior importância na corrida e a vantagem da redução da fadiga desse músculo durante o ciclismo antecedente.

Bonacci *et al* (2010) analisaram a cinemática e a atividade EMG dos músculos do joelho e tornozelo durante a transição ciclismo-corrída e afirmam que a fadiga neuromuscular pode ser responsável pela grande proporção de triatletas que demonstraram um recrutamento muscular alterado em seu estudo (53%). Porém, modificações

neuromusculares não foram relacionadas a alterações no VO_2 na corrida após o ciclismo, e dessa forma não teriam influência direta no custo energético da corrida. Witt (1993) também observando a atividade EMG de triatletas durante a corrida antecedida pelo ciclismo, identificou perturbações na atividade dos músculos VL, tibial anterior (TA) e tensor da fáscia lata na corrida antecedida pelo ciclismo, além de alterações no recrutamento de unidades motoras. Como citado anteriormente (Bieuzen *et al* 2007), maiores níveis de força podem produzir um efeito protetor, reduzindo o nível de ativação do músculo e promovendo aumento do tempo para atingir a fadiga muscular. É possível sugerir que os triatletas que apresentaram maiores níveis de força neste estudo não apresentem um recrutamento muscular alterado durante a corrida, o que poderia reduzir as chances de surgimento de lesão que poderia ocorrer em função da modificação da técnica de corrida ocasionada pela fadiga muscular. Ainda no sentido de atentar para preservação ou redução da fadiga muscular em músculos que possuem relevância no contexto ciclismo-corrida, Heiden e Burnett (2003) identificaram um papel destacado para o músculo VL ao analisar a ativação de extensores do joelho durante a corrida antecedida pelo ciclismo em distâncias de triatlo olímpico. Durante a fase de apoio, o aumento da ativação e da duração dessa ativação pode ter ocorrido visando aumentar a estabilidade do joelho e a rigidez da perna, já que o triatleta realiza a transição de uma atividade sem impacto para uma com impacto. Durante a fase de vôo da passada, o aumento na duração da ativação do VL é sustentado pelos autores como uma dificuldade de adaptação mecânica proveniente do ciclismo, já que durante a pedalada esse músculo não é totalmente estendido e durante a corrida sua função é justamente estender o joelho para a fase de apoio. Millet e Lepers (2004) identificaram que a redução na força muscular em contração isométrica aumenta linearmente com a duração da corrida (Figura 1), o que reitera a contribuição das informações provenientes de avaliações da produção de força isométrica como as utilizadas no presente estudo.

Figura 1. Redução da força (% da contração voluntária máxima) em função do tempo de duração do exercício (minutos).



Fonte: Millet GY, Lepers R. *Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. Sports Med* 2004; 34 (2): 105-16.

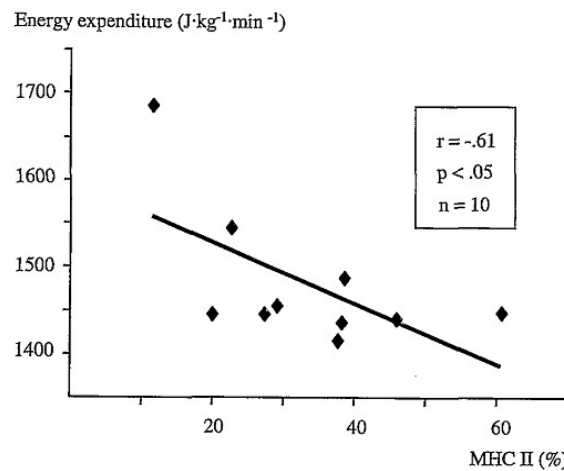
Apesar da relevância da função das características neuromusculares não estar completamente definida em relação a transição ciclismo-corrída, em relação à corrida isolada parece ser diferente. Diversos estudos com atletas de *endurance* demonstram que os estímulos neuromusculares resultantes de diferentes tipos de treinamento de força influenciaram o desempenho da corrida. Paavolainen *et al* (1999) relatam que a produção de força em contração isométrica do quadríceps foi maior para sujeitos com maior economia de corrida (EC), e consideram que a melhora na EC ocorrida em um grupo de corredores treinados em força explosiva aconteceu em função de adaptações neuromusculares induzidas pelo treinamento aplicado. Arampatzis *et al* (2006), apesar de não encontrarem diferença no momento angular da articulação joelho durante contração voluntária máxima isométrica entre três grupos de corredores de diferentes níveis de desempenho, identificaram que o momento angular do tornozelo em contração isométrica foi maior em diferentes ângulos testados para os indivíduos que apresentaram maior EC. Ainda em relação a produção de força isométrica máxima, Spurrs *et al* (2003) identificaram aumento para o tríceps sural em indivíduos com maior EC, mas não avaliaram os músculos extensores do joelho. Essa diferença no que diz

respeito a produção de força isométrica entre diferentes grupos musculares pode ter relação com características das amostras, pois é possível que corredores *cross-country* do estudo de Paavolainen *et al* (1999) possuam uma técnica de corrida diferente da empregada por corredores de longa distância do estudo de Arampatzis *et al* (2006). De qualquer forma, no presente estudo os indivíduos que apresentaram maior economia de corrida também apresentaram maior produção de força em contração isométrica. Os maiores valores de taxa de produção de força (TPF) para os indivíduos mais econômicos identificados no presente estudo foram identificados por Støren *et al* (2008), após intervenção com treinamento de força de alta intensidade em corredores de longa distância. Em seu estudo, relatam aumento na TPF e maior EC, além de correlação significativa entre os valores pré-intervenção de TPF e EC, sugerindo uma relação entre os músculos ativos na corrida e a taxa de produção de força. Os autores sugerem que o aumento da TPF conjuntamente ao aumento da força (1RM) representaria uma otimização no recrutamento de motoneurônios e fibras musculares. Dessa forma, é possível que os sujeitos 1 e 2 do presente estudo, que apresentaram simultaneamente maior TPF (tabela 3) e melhor EC (tabela 4) em relação aos demais integrantes da amostra tenham sido favorecidos por tais mecanismos. Hoff *et al* (1999) também relacionou a melhora na economia de esquiadores *cross-country* após treinamento de força de alta intensidade com melhoras na TPF e pico de força. Ainda, argumenta que essas melhoras fariam com que uma carga padrão submáxima se tornasse relativamente menor após os ganhos em força. Nesse sentido, Støren *et al* (2008) sugere que se menos unidades motoras forem recrutadas ao mesmo tempo em uma dada velocidade, reduzindo a demanda momentânea de recrutamento, um maior tempo para a exaustão nessa velocidade é esperada.

Até onde alcançou a revisão de literatura do presente estudo, é a primeira vez em que se apresentam dados relativos à espessura muscular e ângulo de penação do músculo VL de triatletas competitivos, e essas características ainda devem ser melhor exploradas para que conclusões possam ser feitas. Contudo, no estudo de Abe *et al* (2000), onde a arquitetura muscular de corredores *sprinters* e de *endurance* foi comparada, corredores de longa distância apresentaram um valor médio de 23,7° para o ângulo de penação no músculo VL, enquanto os indivíduos *sprinters* apresentaram

18,5°. Interessantemente, no presente estudo o valor médio foi de 22,2°, mantendo-se próximo aos valores observados por Abe *et al* para corredores de *endurance*, apesar de que poderia se esperar alguma diferença entre a arquitetura muscular de indivíduos que realizam diferentes atividades (triatletas) e que trabalham em variadas relações de força e comprimento musculares quando comparados a indivíduos que o fazem de maneira menos variada (corredores). Assim como no presente estudo, maior espessura muscular identificada em indivíduos com melhor EC também foi encontrada por Taipale *et al* (2010), que relatam um pequeno aumento da espessura muscular do VL em corredores com melhor EC após treinamento de força de alta intensidade. Aagard *et al* (2001) afirmam que a morfologia, a arquitetura e a capacidade de contração muscular do músculo penado estão inter-relacionados, e Kawakami *et al* (2000) encontraram correlação entre a espessura muscular e ângulo de penação para o músculo tríceps braquial. Assim, a espessura muscular e o ângulo de penação do músculo vasto lateral dos sujeitos 1 e 2 deste estudo podem estar relacionados com os maiores valores de PT Iso e PT Din também observados nesses sujeitos. Uma possível explicação para o maior ângulo de penação e a conseqüente maior espessura muscular dos indivíduos 1 e 2 pode estar na presença de maior número de fibras com papel fundamental na produção de força rápida (fibras do tipo II) no VL desses indivíduos. Em estudo que relacionou as características de produção de força, estrutura muscular e EC em corredores, Kyrolainen *et al* (2003) observaram correlação entre a máxima força produzida e a área de fibras tipo II do músculo vasto lateral ($r=0.59$, $p<0.05$). Ainda, demonstraram correlação entre o consumo de oxigênio (ml.kg.min) e o gasto energético (J.kg.min) e a área das fibras tipo II (figura 2) do VL ($r=-0.67$ e $r=-0.67$, $p<0.05$ respectivamente) e a distribuição das fibras tipo IIB do VL ($r=-0.63$ e -0.64 , $p<0.05$ respectivamente).

Figura 2. Gasto energético (J.kg.min) em função do percentual de isoformas MCH II.



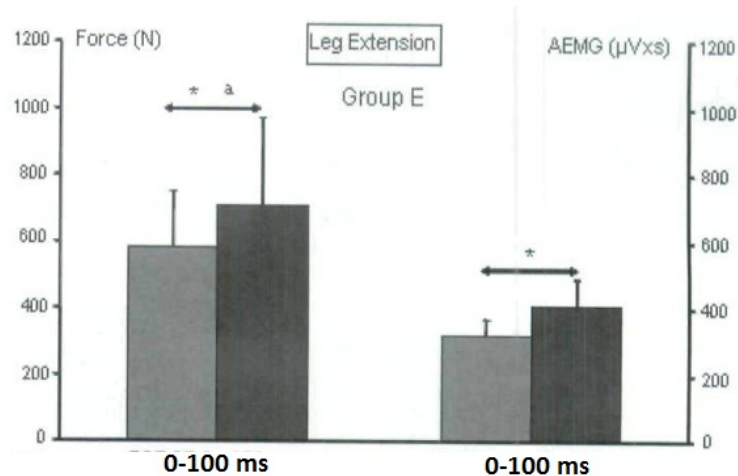
Fonte: *Kyrolainen H. et al. Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. Med Sci Sports Exerc. 2003 Jan;35(1):45-9*; MHC: cadeia pesada de miosina.

Pelo fato de que as isoformas rápidas das cadeias pesadas de miosina possuem influência sobre a produção de força máxima e na TPF (Aagard e Andersen, 1998), os autores enfatizam o papel das fibras tipo II durante velocidades de corrida próximas das utilizadas em competição. Quando mais unidades motoras estariam sendo recrutadas em maiores velocidades, e quanto maior a quantidade desse tipo de fibras e isoformas, menor seria o consumo de oxigênio – porém maior seria a produção de lactato sanguíneo e a importância do metabolismo anaeróbico. Nesse sentido, a maior TPF nos sujeitos mais econômicos observada no presente estudo e em outros (Støren *et al* 2008, Hoff *et al* 1999) teria o papel de possibilitar menor demanda por oxigênio durante o desenvolvimento rápido de força necessário em maiores velocidades.

Em um dos poucos trabalhos com intervenção em triatletas e subsequente avaliação da transição ciclismo-corrída, Bonacci *et al* (2011) avaliaram o efeito do treinamento de força explosiva na EC e no controle neuromotor da corrida. Apesar de a EC não ter sofrido alteração ao final do período de intervenção, os autores relatam que o treinamento pliométrico pode inibir um comportamento conturbado do controle

neuromotor, e sugerem que esse tipo de exercício poderia ser utilizado como meio de reduzir o risco de lesão durante a corrida antecedida pelo ciclismo pelo fato de que o padrão de recrutamento muscular observado na corrida isolada foi mantido durante a corrida antecedida pelo ciclismo. Sabe-se que exercícios pliométricos induzem aumentos no recrutamento de unidades motoras ou na taxa de disparos de potenciais de ação, além de mudanças nas estratégias de ativação muscular e na excitabilidade do reflexo de estiramento (Markovic e Mikulic, 2010). Após intervenção em esquiadores cross-country com treinamento explosivo incluindo exercícios pliométricos, Mikkola *et al* (2007) relatam um aumento na taxa de produção de força (0-100 ms) para os extensores do joelho (figura 3) e maior economia no desempenho do grupo treinado. Um comportamento semelhante foi identificado no presente estudo para os sujeitos 1, 2 e 3 durante o mesmo período de tempo (0-100 ms), os quais também apresentaram maiores valores para a EC. Apesar de não observado por Bonacci *et al* (2011), parece existir uma conexão entre o comportamento neuromotor e a economia de corrida, já que ambos parecem sofrer alterações positivas em sujeitos que apresentam melhor desempenho neuromuscular. Portanto, sugere-se que os indivíduos do presente estudo que apresentaram melhores valores para as variáveis neuromusculares e conjuntamente maiores valores de EC possuem menor chance de apresentar um padrão de corrida conturbado - e conseqüentemente menor possibilidade de lesão - durante a corrida antecedida pelo ciclismo.

Figura 3. Aumentos na taxa de produção de força e atividade EMG no período 0-100 ms após treinamento de força explosiva.



Fonte: Mikkola *et al.* Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance triathletes. *J Strength Cond Res.* 2007 May;21(2):613-20.

Millet *et al* (2002) afirmam que a EC é melhorada em triatletas após um período de complementação do treinamento de triatlo com o treinamento de força de alta intensidade. Essa melhora é relacionada a aumentos na força (1RM) e consequente maior habilidade do sistema neuromuscular de produzir potência em maiores intensidades de exercício. Além disso, identificaram maior rigidez da perna (definida como a razão entre a máxima força vertical e a máxima compressão da perna) após o período de treinamento, e reforçam a ideia de que fatores limitadores do desempenho de *endurance* em atletas bem treinados estão mais relacionados a questões locais/periféricas. Porém, a avaliação da EC foi realizada para a corrida isolada, sem a porção de ciclismo a antecedendo, o que não representa uma situação ideal das demandas neuromusculares existentes na transição ciclismo-corrida. Le Meur *et al* (2012) relatam que triatletas aumentaram a rigidez da perna nos primeiros minutos da corrida antecedida pelo ciclismo, porém com decréscimo substancial ao decorrer do tempo de corrida. O VL aparece com aumento de ativação durante a fase de voo, o que sugere uma regulação da rigidez da articulação para realizar a fase de suporte. Com a

incidência de fadiga, a ativação é reduzida e a rigidez adequada da perna para a fase de suporte durante a corrida é diminuída. Rabita *et al* (2011) identificaram reduções na rigidez da perna de triatletas, porém em corrida isolada, e encontraram decréscimo de 13% entre o início e o fim do teste. O deslocamento do centro de massa não sofreu alterações significativas em ambos os estudos, mostrando que há uma adaptação da técnica da corrida por parte dos triatletas, e a modificação da técnica de corrida está associada à incidência de lesões (Bonacci *et al* 2010, Bonacci *et al* 2011). Considerando-se que a rigidez é aumentada e a fadiga neuromuscular reduzida em sujeitos com maior capacidade de produção de força, sugere-se que os sujeitos 1 e 2 do presente estudo possuam a capacidade de manter a rigidez da perna inalterada por mais tempo durante a corrida antecedida pelo ciclismo, e como consequência possuem menores chances de modificação da técnica de corrida. Komi (2000) propõe que a alteração na regulação da rigidez da perna é um dos fatores responsáveis pela queda na eficiência mecânica e na economia de corredores. Portanto, é possível que a melhor EC apresentada pelos sujeitos 1 e 2 tenha relação com a manutenção da rigidez da perna durante a corrida antecedida pelo ciclismo.

CONCLUSÃO

Até o presente momento, características neuromusculares de triatletas não foram acessadas em relação ao desempenho da transição ciclismo-corrída. O presente estudo apresenta indícios de que triatletas com melhor economia de corrida também possuem melhores características neuromusculares dos extensores do joelho, e de que essas características possuem relação com o desempenho da corrida antecedida pelo ciclismo. Supõe-se que os mecanismos responsáveis na melhor EC desses triatletas residem na redução da fadiga neuromuscular durante o ciclismo, em melhores condições de ativação muscular do quadríceps durante a corrida, na melhor regulação da rigidez da perna após momentos iniciais da corrida, na menor utilização de oxigênio de músculos envolvidos na produção de força em altas velocidades, e na manutenção de um padrão estável da mecânica da corrida. Sugere-se que a avaliação das características neuromusculares de triatletas seja utilizada para formular estratégias de possíveis intervenções no treinamento desse tipo de atleta (p. ex. treinamento de força)

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P *et al.* A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **The Journal of Physiology**. 15;534 (Pt. 2): 613-23, 2001.

AAGAARD, P; ANDERSEN, JL. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. **Medicine and Science in Sports Exercise** 8: 1217-1222, 1998.

ABE, T *et al.* Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European Journal Applied Physiology**. 81(3): 174-80, 2000.

ALEGRE, LM *et al.* Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. **Journal of Sports Sciences** 24(5): 501-8. 2006.

ARAMPATZIS, A *et al.* Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. **The Journal of Experimental Biology**. 209(Pt 17):3345-57, 2006.

BADILLO, JJG; AYESTARAN, EG. Fundamentos do treinamento de força: Aplicação ao alto rendimento desportivo. 2ªEd. Porto Alegre: **Artmed**, 2001

BERG, HE; TEDNER, B; TESCH, PA. Changes in lower limb muscle cross-sectional area and tissue fluid volume after transition from standing to supine. **Acta Physiologica Scandinavica**. 148(4): 379-85, 1993.

BERNARD, T *et al.* Constant versus variable-intensity during cycling: effects on subsequent running performance. **European Journal of Applied Physiology**. 99(2): 103-11, 2007.

BIEUZEN, F *et al.* Muscle activation during cycling at different cadences: effect of maximal strength capacity. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 17(6): 731-8, 2007.

BLAXTER, K. Energy metabolism in animals and man. **Cambridge University Press**, p. 336, 1989.

BLAZEVICH, AJ *et al.* Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 35(12): 2013-22, 2003.

BONACCI, J *et al.* Neuromuscular adaptations to training, injury and passive interventions: implications for running economy. **Sports Medicine**. 39(11): 903-21, 2009.

BONACCI, J *et al.* Plyometric training as an intervention to correct altered neuromotor control during running after cycling in triathletes: A preliminary randomised controlled trial. **Physical Therapy in Sport**. 12(1): 15-21, 2011.

BONACCI, J *et al.* Change in running kinematics after cycling are related to alterations in running economy in triathletes. **Journal of Science and Medicine in Sport** 13(4): 460-464. 2010.

BRECHUE, WF; ABE, T. The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. **European Journal of Applied Physiology**. 86(4):327-3, 2002.

CHEN, TC. Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. **European Journal of Applied Physiology**. 106(2):267-75, 2009.

CHILIBECK, PD *et al.* Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males and females. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 36(10):1781-8, 2004.

CONLEY, DL; KRAHENBUHL, GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 12(5): 357-60, 1980.

MADDUX, CONNELLY RE; KIBLER, WB; UHL, TL. Isokinetic peak torque and work values for the shoulder. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**. 10(7): 264-9, 1989.

COSTILL, DL. The relationship between selected physiological variables and distance running performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 7(2): 61-6, 1967.

DANIELS, JT. A physiologist's view of running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 17(3): 332-8, 1985.

DI PRAMPERO, PE; CAPELLI, C; PAGLIARO, P *et al*. Energetics of best performances in middle-distance running. **Journal of Applied Physiology**. 74(5): 2318-24, 1993.

ERICSON, MO *et al*. Muscular activity during ergometer cycling. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**. 17, 53-61, 1985.

GOTTSCHALL, JS; PALMER, BM. The acute effects of prior cycling cadence on running performance and kinematics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 34(9): 1518-152, 2002.

GUEZENNEC, CY *et al*. Increase in energy cost of running at the end of a triathlon. **European Journal of Applied Physiology**. 73:440±445, 1996.

GUGLIELMO, LG; GRECO, CC; DENADAI, BS. Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**. 30(1): 27-32, 2009.

HAUSSWIRTH, C; BIGARD, AX; GUEZENNEC, CY. Relationships between running mechanics and energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon **International Journal of Sports Medicine**. 18: 330-9, 1997.

HAUSSWIRTH, C *et al.* Evolution of electromyographic signal, running economy, and perceived exertion during different prolonged exercises. **International Journal of Sports Medicine**. 21(6): 429-36, 2000.

HOFF, J; HELGERUD, J; WISLØFF, U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 31(6): 870-7, 1999.

HRELJAC, A. Effects of physical characteristics on the gait transition speed during human locomotion. **Human Movement Science**. 14: 205-216, 1995.

HUE, O *et al.* Ventilatory responses during experimental cycle-run transition in triathletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 31 (10): 1422-8, 1999.

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.

KAWAKAMI, Y *et al.* Architecture of contracting human muscles and its functional significance. **Journal of Applied Biomechanics**. 16: 88-97, 2000

KNUTTGEN, HG; KRAEMER, WJ. Terminology and measurement in exercise performance. **Journal of Applied Sport Science Research**. 1: 1-10, 1987.

KRAM, R; TAYLOR, CR. Energetics of running: a new perspective. **Nature**. 346: 265±266, 1990.

KREIDER, RB *et al.* Cardiovascular and thermal responses of triathlon performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 20: 385±390, 1988a.

KUMAGAI, K *et al.* Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. **Journal of Applied Physiology**. 88(3): 811-6, 2000.

KYROLAINEN, H *et al.* Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 35(1): 45-9, 2003.

LE MEUR, Y *et al.* Spring-mass behavior and electromyographic activity evolution during a cycle-run test to exhaustion in triathletes. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 22(6): 835-44, 2012.

LEPERS, R *et al.* Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. **Journal of Applied Physiology**. 92(4): 1487-93, 2002.

LEPERS, R; MILLET, GY; MAFFIULETTI, NA. Effect of cycling cadence on contractile and neural properties of knee extensors. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 33(11): 1882-8, 2001.

MARKOVIC, G; MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. **Sports Medicine**. 40(10): 859-95, 2010.

MIKKOLA, JS *et al.* Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance triathletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 21(2): 613-20, 2007.

MILLET, GP *et al.* Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 34(8): 1351-9, 2002.

MILLET, GP; MILLET, GY; CANDAU, RB. Duration and seriousness of running mechanics alterations after maximal cycling in triathletes: influence of the performance level. **J Sports Medicine and Physical Fitness**. 41(2): 147-53, 2001.

MILLET, GP *et al.* Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: influence of performance level. **International Journal of Sports Medicine**. 21(2): 127-32, 2000.

MILLET, GP; VLECK, VE; BENTLEY, DJ. Physiological differences between cycling and running: lessons from triathletes. **Sports Medicine**. 39(3): 179-206, 2009.

MILLET, GY; LEPERS, R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. **Sports Medicine**. 34 (2): 105-16, 2004.

MILLET, GY *et al.* Mechanisms contributing to knee extensor strength loss after PROLONGED RUNNING EXERCISE. **JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY**. 94(1): 193-8, 2003.

MIYATANI, M *et al.* Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. **European Journal of Applied Physiology**. 86(3): 203-8, 2002.

MONTGOMERY, WH; PINK, M; PERRY, J. Electromyographic analysis of hip and knee musculature during running. **The American Journal of Sports Medicine**, 22(2), 272-278, 1994.

MURPHY, AJ; WILSON GJ. Poor correlations between isometric tests and dynamic performance: relationship to muscle activation. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. 73(3-4): 353-7, 1996.

NOSAKA, K; NEWTON, M. Is recovery from muscle damage retarded by a subsequent bout of eccentric exercise inducing larger decreases in force? **Journal of Science and Medicine in Sport**. 5(3):204-18, 2002.

NOSSE, LJ. Assessment of selected reports on the strength relationship of the knee musculature. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**. 4(2): 1, 1982.

PAAVOLAINEN, L *et al.* Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal of Applied Physiology**. 86(5): 1527-33, 1999.

POLLOCK, ML. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: cardiorespiratory aspects. *Annals of the New York Academy Science*. 301: 310-22, 1977.

RABITA, G *et al.* Spring-mass behavior during exhaustive run at constant velocity in elite triathletes. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***. 43(4): 685-692, 2011.

REEVES, ND; NARICI, MV; MAGANARIS, CN. In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. ***Experimental Physiology***. 89(6): 675-89, 2004.

ROALSTAD, MS. Physiologic testing of the ultraendurance triathlete. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***. 21: 200±204, 1989.

SAUNDERS, PU. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. ***Journal of Strength and Conditioning Research***. 20(4): 947-54, 2006.

SAUNDERS, PU *et al.* Factors affecting running economy in trained distance runners. ***Sports Medicine***. 34: 465-8, 2004.

SEJERSTED, OM; VOLLESTAD, N. Increased metabolic rate associated with muscle fatigue. Muscle fatigue mechanism in exercise and training. ***Medicine and Sport Sciences*** 34:115±130, 1992.

SOLE, G *et al.* Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. ***Archives of Physical Medicine and Rehabilitation***. 88(5): 626-31, 2007.

SPURRS, RW; MURPHY, AJ; WATSFORD, ML. The effect of plyometric training on distance running performance. ***European Journal of Applied Physiology***. 89(1): 1-7, 2003.

STEUDEL-NUMBERS, KL; WEAVER, TD; WALL-SCHEFFLER, CM. The evolution of human running: Effects of changes in lower-limb length on locomotor economy. **Journal of Human Evolution**. 53: 191-196, 2007.

STØREN, O *et al.* Maximal strength training improves running economy in distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 40(6): 1087-92, 2008.

TAIPALE, RS *et al.* Strength training in endurance runners. **International Journal of Sports Medicine**. 31: 468-476, 2010.

THORSTENSSON, A; ROBERTHSON, H. Adaptations to changing speed in human locomotion: speed of transition between walking and running. **Acta Physiologica Scandinavica**. 131: 211-214, 1987.

TURNER, AM; OWINGS, M; SCHWANE, JA. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 17 (1): 60-7, 2003.

VERCRUYSSSEN, F *et al.* Cadence selection affects metabolic responses during cycling and subsequent running time to fatigue. **British Journal of Sports Medicine**. 39(5): 267-72, 2005.

VLECK, VE; BURGI, A; BENTLEY, DJ. The consequences of swim, cycle, and run performance on overall result in elite olympic distance triathlon. **International Journal of Sports Medicine**. 27(1): 43-48, 2006.

WALMSLEY, RP; SZYBBO, C. A comparative study of the torque generated by the shoulder internal and external rotator muscles in different positions and at varying speeds. **Journal of Orthopaedic in Sports Physical Therapy**. 9(6): 217-22, 1987.

WITT, M. Co-ordination of leg muscles during cycling and running in triathlon . **XIVth Congress of International Society of Biomechanics**. 1470-1, 1993.

ZHANG, LQ *et al.* In vivo load sharing among the quadriceps components. **Journal of Orthopaedic Research**. 21(3): 565-71, 2003.

ANEXO 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____, concordo em participar do estudo intitulado **“CARACTERÍSTICAS NEUROMUSCULARES E ECONOMIA DE CORRIDA DE TRIATLETAS COMPETITIVOS”** que envolverá pedalada em bicicleta estacionária, avaliação da economia de corrida em esteira com ergoespirômetro, da produção de força isométrica, produção de força dinâmica, da espessura muscular e do ângulo de penação de músculos extensores do joelho. Entendo que os testes que realizarei tem como objetivo avaliação do desempenho da corrida antecedida pelo ciclismo e de quais mecanismos neuromusculares estão relacionados a esse desempenho.

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido durante dois encontros, sob a orientação do professor Ronei Silveira Pinto e pelo aluno de graduação Tiago Canal Jacques, e autorizo a realização dos seguintes procedimentos:

- Responder a um questionário específico sobre informações pessoais, histórico de atividade física e saúde.
- Pedalar em bicicleta estacionária durante 45 minutos em intensidade de competição.
- Realizar um teste de corrida em esteira com duração de seis minutos imediatamente após o término da pedalada em bicicleta estacionária e com mensuração do consumo de oxigênio durante sua execução, utilizando uma máscara específica para a coleta de gases respiratórios.

- Realizar a avaliação da produção de força isométrica, que consistirá na execução de três contrações isométricas máximas de extensão de joelho, em um ângulo de 60°, com trezentos segundos (300 s) de intervalo entre as tentativas.
- Realizar a avaliação da produção de força dinâmica que consistirá de cinco repetições máximas de extensão de joelho a uma velocidade de 60°/s.
- Realizar a avaliação de ultrassonografia para mensuração da espessura muscular dos músculos vasto lateral e reto femoral e do ângulo de penação do músculo vasto lateral.

Eu entendo que durante os testes poderá haver desconfortos e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais de 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 me recusar a participar ou retirar meu consentimento em qualquer fase do estudo, sem sofrer penalização ou prejuízo. 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) 9278-3003 pelo aluno Tiago Canal Jacques 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) 3308-3639. 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 Tiago Canal Jacques se responsabilizarão por assistência caso seja necessário.

Assinatura: _____

Porto Alegre ____ de _____ de 2012

