

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS DA PRODUÇÃO DE FORÇA EM REMADORES

Physiological and biomechanical aspects of production of force in rowers

Rafael Reimann Baptista^{1,2}

Resumo

O remo é uma modalidade de resistência, onde os atletas apresentam grandes produções de força e de potência muscular. A produção de força muscular, por parte dos remadores, é influenciada por aspectos fisiológicos e biomecânicos, como tipos de fibras musculares, grupos musculares acionados, a forma como a força é aplicada, entre outras questões. Poucos estudos têm buscado relacionar as questões biológicas e mecânicas que influenciam a produção de força no remo, bem como a sua repercussão no desempenho dos atletas. O objetivo deste estudo foi analisar a literatura disponível sobre o assunto, com vistas à aplicação destas questões no treinamento dos remadores. Foi feita uma busca na base de dados da *National Library of Medicine*, a partir do uso das palavras-chave *Rowing*, *Physiology*, *Biomechanics*, *Force* e *Kinesiology*. Os resultados desta pesquisa mostraram que o número de publicações disponíveis, na íntegra, sobre o tema, é escasso. Os estudos encontrados sugerem que os remadores apresentam estratégias próprias de produção de força e que estas estratégias podem ser representadas, graficamente, através de uma curva de força x tempo, de modo que os remadores podem ser classificados em dois grupos: *stroke* (pico de força na primeira metade da curva força x tempo) e *bow* (pico de força na segunda metade da curva força x tempo). Os remadores *stroke* parecem produzir mais força e velocidade que remadores *bow*. Este fenômeno pode estar relacionado aos maiores percentuais de fibras do tipo IIb, encontrados nos remadores *stroke*. As informações compiladas nesta revisão podem ser empregadas no controle de treinamento e na formação das tripulações.

Treinadores de remo podem selecionar os seus atletas em função do perfil de produção de força: *bow*, para treinos e competições mais extensas e/ou barcos menores e mais lentos; e *stroke*, para treinos e competições mais intensas e/ou barcos maiores e mais velozes.

Palavras-chave: Remo, Biomecânica, Fisiologia, Força.

Abstract

Rowing is a resistance modality in which athletes present great production of force and muscular potency. The production of muscular force by rowers is influenced by physiological and biomechanical aspects, such as types of muscular fibers, groups of muscles activated, the manner in which the force is applied, among other questions. Few studies have sought to relate the biological and mechanical questions that influence the production of force in rowing and their repercussion on the performance of the athletes. The object of this study was to analyze the available literature on the subject with a view to applying these questions in the training of rowers. Research was made on the basis of data from the National Library of Medicine with the use of the key words *Rowing*, *Physiology*, *Biomechanics*, *Force* and *Kinesiology*. The results of this research showed that the number of publications available wholly on the theme is limited. The studies found suggest that rowers present their own strategies in the production of force and that these strategies may be represented graphically through a force x time curve, in a way so that rowers can be classified in two groups: *stroke* (peak of force in the first half of the force x time curve) and *bow* (peak of force in the second half of the force x time curve). The *stroke* rowers produce more force and velocity than the *bow*

1. Pontifícia Universidade Católica (PUC) - Porto Alegre - RS - Brasil.

2. Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) - Gravataí - RS - Brasil.

Recebido em 04.02.2008. Aceito em 25.04.2008.

Revista de Educação Física 2008;141:51-58

rowers. This phenomenon can be related to the greater percentage of fibers of the type IIb found in stroke rowers. The information compiled in this revision could be used in the control of training and in the formation of the crews. Trainers of rowers could select their athletes in terms of

the production of force: bow for more extensive training and/or smaller and slower boats and stroke for more intensive training and competitions and/or larger and faster boats.

Key words: Rowing, Biomechanical, Physiology, Force.

INTRODUÇÃO

Uma das valências físicas que possui grande importância no desempenho do remo é a força. A força, segundo a física Newtoniana, pode ser definida como a capacidade de acelerar um objeto, sendo obtida do produto entre massa e aceleração (McGinnis, 2002).

Ainda que em muitos esportes a força possua uma grande importância e requeira um investimento muito grande em seu estudo e treinamento, poucos são os esportes de resistência (*endurance*) que requerem um emprego tão grande de força como o observado no remo.

O remo é uma modalidade esportiva na qual o sistema aeróbico possui a maior parte da responsabilidade pela produção de energia, entre 70 a 75% da produção total de energia (Hagerman, 1984). Normalmente, os remadores realizam um esforço vigoroso nos primeiros 30 a 45 segundos da prova, necessário para iniciar o movimento e atingir uma velocidade de competição no barco, e, também, nos 45 a 60 segundos finais da competição (Hagerman, 2000).

Tais características ficam bastante evidenciadas quando se verifica a produção de força nos diferentes momentos da regata. Steinacker (1993) apresenta dados que mostram um pico de produção de força na ordem de 1000 a 1500 N, nos momentos iniciais da regata, e entre 500 a 700 N, no decorrer da mesma.

A força vem sendo estudada, no remo, sob diferentes óticas, incluindo o estudo da relação força x tempo, no músculo, e as adaptações fisiológicas com o treinamento (Roth et al., 1993); no estudo da relação força-velocidade e a potência desenvolvida por remadores (Hartmann et al., 1993); na comparação ergonômica entre diferentes tipos de remoergômetro (Bernstein et al., 2002); na análise biomecânica da excursão articular e da força aplicada (Torres-Moreno et al., 1999); para comparar a biomecânica do movimento de remadores de diferentes níveis (Smith e Pinks, 1995); para verificar a influência da produção de

força na velocidade do barco (Miller, 1997); entre outros aspectos que foram encontrados na literatura, visando relacionar a força produzida, durante a remada, com o desempenho, a segurança e as adaptações fisiológicas do remador.

Baudoin e Hawkins (2002) chamam a atenção para o fato de que, apesar de muitos estudos terem sido feitos no sentido de analisar os aspectos físicos, biomecânicos e fisiológicos do remo, poucos esforços têm sido conduzidos no sentido de um melhor entendimento das relações entre os aspectos biológicos e mecânicos neste esporte.

A produção de força, desenvolvida pelos remadores, apresenta diferentes perfis, o que possibilita (quando esta força é medida em um remoergômetro instrumentado com uma célula de carga) a construção de uma representação gráfica da aplicação de força no remo, pelo tempo decorrido durante o movimento, a qual será denominada, a partir de agora, de curva de força x tempo (Hill, 2002). Diferentes remadores apresentam diferentes formatos de curva de força x tempo, ademais, existem evidências de que estas diferenças estariam relacionadas a características fisiológicas e biomecânicas do atleta (Roth et al., 1993; Roth, 1991).

Analisando as curvas de força x tempo dos remadores, pode-se classificá-los em, basicamente, dois grupos: os remadores que apresentam o pico de força na primeira metade da curva de força x tempo; e os remadores que apresentam o pico de força na segunda metade da curva de força x tempo.

A literatura denomina os remadores com essas características de *stroke* e *bow*, respectivamente, onde a localização do pico de força na curva força x tempo está relacionada com a cinesiologia do movimento de remada, com a biomecânica da remada e com os aspectos fisiológicos do remador (Roth, 1991; Roth et al., 1993; Hill, 2001).

Com base nos pressupostos acima, o objetivo deste artigo foi analisar os aspectos fisiológicos e biomecânicos que influenciam a produção de força em remadores. A

hipótese deste trabalho é que a estratégia de aplicação de força, ao longo do ciclo da remada pelo remador, representada, graficamente, pela curva de força x tempo, influencia o seu desempenho e pode ser usada no controle do treinamento.

METODOLOGIA

A busca bibliográfica, adotada no presente estudo, utilizou a consulta na base de dados da *National Library of Medicine*, acessível no portal, que disponibiliza 17 milhões de citações, a partir de periódicos de áreas biomédicas e das ciências biológicas, desde 1950. A busca foi feita por meio do uso das palavras-chave: *Rowing, Physiology, Biomechanics, Force e Kinesiology*, em diferentes combinações, através do uso do operador *Booleano AND*. Por exemplo, *Rowing AND Biomechanics, Rowing AND Physiology*, e assim por diante. Não foi restringida a data de publicação dos artigos para que a busca pudesse obter os estudos clássicos publicados na área em estudo.

Optou-se por priorizar os artigos publicados em periódicos QUALIS CAPES A internacionais, principalmente os estudos que apresentavam uma abordagem multidisciplinar, envolvendo a Fisiologia e a Biomecânica, os quais ainda não são encontrados em grande número. Adicionalmente, a análise bibliográfica restringiu-se aos periódicos cujos artigos estavam disponíveis na íntegra, em função do convênio CAPES-MEC, ou em periódicos que disponibilizavam seus artigos gratuitamente.

Dessa forma, a estratégia de busca bibliográfica utilizada limitou o número de artigos analisados, mas garantiu a qualidade das fontes consultadas, representando, basicamente, os estudos disponíveis na íntegra para os pesquisadores e professores de educação física brasileiros, ilustrando o grau de alcance bibliográfico que os atuais convênios científicos nacionais permitem.

CINESIOLOGIA DA REMADA

O remo é um esporte que apresenta um gesto esportivo que envolve a utilização alternada de membros superiores (MS) e membros inferiores (MI), através de movimentos rítmicos e cíclicos. Ademais, o membro inferior esquerdo e direito, bem como o membro superior esquerdo e direito, cada qual em sua fase do movimento, são acionados simultaneamente, ao contrário de esportes como a corrida,

o ciclismo e a natação, em que os membros direito e esquerdo são acionados alternadamente (Clarys e Cabri, 1993; Macintosh et al., 2000).

O movimento do remo, normalmente, é descrito na literatura em quatro fases: entrada, propulsão, finalização e recuperação (Mazzone, 1988; Rodriguez et al., 1990; Hagerman, 2000). Do ponto de vista técnico, a entrada é a fase onde o remador introduz o remo na água, iniciando a produção de força. A fase de propulsão, que pode ser dividida em início da propulsão (ou propulsão pelos membros inferiores), meio da propulsão (ou propulsão pelo tronco) e fim da propulsão (ou propulsão pelos membros superiores) é a fase de produção efetiva de força e de potência, durante a remada. A finalização é a fase em que o remador retira o remo da água, iniciando a recuperação, o que envolve o retorno à posição inicial do movimento para o recomeço do ciclo, sendo uma fase em que não há produção significativa de força.

Do ponto de vista cinesiológico, as fases da remada podem ser mais detalhadamente analisadas pelas descrições de Mazzone (1988):

- Entrada:

Na fase de entrada, o remador encontra-se com a musculatura dorsal, principalmente os eretores da coluna, relaxados, permitindo a flexão da coluna realizada pelos músculos abdominais. A articulação coxofemoral encontra-se flexionada pela ação dos músculos psoas maior, menor e ilíaco. O sartório se alonga, juntamente com músculos profundos da região glútea, realizando a rotação lateral da articulação coxofemoral. Isso permite que o remador se incline, levemente, entre os membros inferiores, obtendo o máximo de amplitude. O bíceps femoral está contraído para manter a articulação tíbio-femoral flexionada, enquanto o quadríceps é alongado e a sua porção biarticular, o reto femoral, contribui para a flexão da articulação coxofemoral. A articulação talocrural está em dorsiflexão, pela ação do tibial anterior, alongando, assim, o gastrocnêmio. Do ponto de vista dos membros inferiores, portanto, a entrada é uma fase na qual o remador encontra-se em uma máxima flexão da articulação tíbio-femoral e coxofemoral, exigindo flexibilidade da musculatura do quadríceps e dos glúteos.

Já os membros superiores precisam inserir o remo na água, através de um movimento suave e coordenado. A articulação úmero-ulnar encontra-se estendida pelo tríceps

braquial, enquanto a articulação gleno-umeral encontra-se abduzida pela ação do deltóide lateral e supra-espinhais. A escápula realiza uma rotação superior pela ação do trapézio e serrátil para elevar a cavidade glenóide. Uma pequena flexão da articulação gleno-umeral ocorre, pela ação do deltóide anterior, com contribuição da cabeça longa do bíceps braquial e do coracobraquial.

- Propulsão:

No início da propulsão, a articulação tíbio-femoral se estende, pela ação do quadríceps, e a articulação talocrural realiza uma flexão plantar, pela contração do gastrocnêmio e sóleo. Os extensores da articulação coxofemoral, glúteos e isquiotibiais, os extensores lombosacros e os músculos eretores da coluna, realizam uma contração isométrica, dando estabilidade ao movimento e colaborando para a produção e transferência de força. Quando isso não acontece de maneira adequada, o remador experimenta um colapso na região lombar, causando a perda de estabilidade com o assento, podendo fazer com que o mesmo escorregue do banco do barco, o que gera uma transferência inefetiva de potência dos membros inferiores (MI) para os membros superiores (MS). Nos MS, todos os músculos da articulação gleno-umeral estão gerando força na articulação, incluindo o supra e infra-espinhal, redondo maior e menor e o bíceps braquial, enquanto o serrátil e o trapézio permanecem estabilizando as escápulas.

No meio da propulsão, enquanto a articulação tíbio-femoral está se estendendo, a movimentação do remo ocorre, devido à extensão da articulação coxofemoral, gerada pelos glúteos e isquiotibiais, e pela extensão da coluna, gerada pelos músculos eretores da coluna. Os MS, então, iniciam a movimentação do remo, através da flexão da articulação úmero-ulnar pelo bíceps braquial, braquial e braquioradial. Nesse ponto, a força gerada pelos MI deve ser grande o suficiente para prevenir o uso precoce dos MS.

No fim da propulsão, a articulação tíbio-femoral encontra-se em máxima extensão e a articulação talocrural permanece em flexão plantar. A extensão da articulação coxofemoral e da coluna está quase completa e os flexores da articulação úmero-ulnar tornam-se motores primários na tração dos remos até o corpo, enquanto que os flexores e extensores ulnares do carpo atuam como sinergistas, abduzindo a articulação radiocárpica. A articulação radiocárpica encontra-se em pronação e a articulação gleno-umeral é estendida e abduzida. A articulação gleno-umeral é rotada, medialmente, pelo grande dorsal e

o peitoral maior, enquanto o redondo menor, o deltóide posterior e a cabeça longa do bíceps permanecem gerando tensão nesta mesma articulação. Já a escápula é rotada, inferiormente, pelo peitoral menor e aduzida pelo trapézio e rombóides.

- Finalização:

As articulações tíbio-femoral e coxofemoral permanecem estendidas, enquanto os eretores da coluna continuam em atividade, realizando uma leve hiperextensão da coluna para garantir a retirada do remo da água. A articulação gleno-umeral continua em rotação medial, pela contração do grande dorsal, ao mesmo tempo em que os extensores da articulação radiocárpica giram o remo e o tríceps estende a articulação úmero-ulnar, suavemente, para baixar as mãos e retirar, totalmente, o remo da água.

- Recuperação:

Para Mazzone (1988), o início da propulsão é a fase que demanda o máximo de geração de força e potência pelos MI. Entretanto, Rodriguez et al. (1990), ao realizarem uma análise eletromiográfica do movimento da remada, monitorando os músculos flexores e extensores do punho, bíceps braquial, tríceps braquial, vasto lateral e medial, isquiotibiais, gastrocnêmio, reto abdominal, sacroespinhal, grande dorsal e deltóide, verificaram que os músculos dos MI alcançavam seu nível máximo de atividade no meio da propulsão, quando a articulação tíbio-femoral encontrava-se semiflexionada.

Os autores concordam que os músculos dos MI, em especial o quadríceps e os isquiotibiais, são os principais produtores de potência durante a remada (Mazzone, 1988; Rodriguez et al., 1990). Rodriguez et al. (1990), ainda, complementam que o meio da propulsão parece ser a fase mais importante da remada em termos de produção de potência.

A monitoração de uma grande variedade de músculos por eletromiografia, feita por Rodriguez et al. (1990), permitiu, ainda, verificar as fases da remada nas quais os principais músculos atingiam o seu máximo nível de acionamento. O tríceps e os músculos do antebraço atingem seu mais alto nível de sinal eletromiográfico no meio da propulsão, devido ao aumento da resistência do remo. O deltóide, também, apresenta a sua atividade máxima no meio da propulsão, segundo Rodriguez et al. (1990), devido à flexão da articulação gleno-umeral.

O bíceps braquial e os músculos do antebraço alcançam a sua atividade eletromiográfica máxima no final da propulsão, fase em que a articulação rádio-cárpica é movimentada para retirar o remo da água. A máxima atividade dos músculos abdominais e sacroespinhais ocorre durante o final da propulsão, após a máxima atividade dos MI (Rodriguez et al., 1990).

Nelson e Widule (1983) demonstraram que, quando o gesto técnico da remada é realizado de maneira adequada, do ponto de vista cinemático, há a extensão da articulação tíbio-femoral, ocorrendo antes da extensão da coluna e atingindo a velocidade angular máxima.

O grande dorsal e o sacroespinhal alcançam a sua máxima atividade durante toda a fase de propulsão, reforçando a importância de uma estabilidade no dorso durante a remada (Rodriguez et al., 1990).

Os dados gerados pelos estudos citados, oriundos de abordagens eletromiográficas e cinesiológicas, permitem a realização de importantes sugestões e análises do treinamento dos remadores. Mazzone (1988) enfatiza a importância do treinamento de flexibilidade dos remadores, para uma maior eficiência no alcance da amplitude de movimento exigida pelas fases do movimento da remada, e, assim, produzindo uma maior interação na transmissão e na transformação das forças geradas pelo remador em velocidade no barco.

Rodriguez et al. (1990) vão ao encontro do que foi enfatizado por Mazzone (1988), referindo que existe um limite na velocidade com a qual o remador conseguiria realizar o movimento da remada, de forma que os atletas deveriam ser treinados no sentido de desenvolver as habilidades técnicas e coordenativas nos movimentos de MS e MI.

ASPECTOS BIOMECÂNICOS E FISIOLÓGICOS

Do ponto de vista biomecânico, uma importância muito grande é dada, por alguns autores (Mazzone, 1988; Rodriguez et al., 1990), no que diz respeito à influência da força no desempenho do remo. Rodriguez et al. (1990) sugerem que, mais importante do que programas de treinamento de força de segmentos corporais e grupos musculares isolados, seria o treinamento de força de dois ou mais grupos musculares combinados, os quais precisam interagir, em uma seqüência específica, durante as fases do movimento da remada para atingir o ótimo desempenho.

De fato, a força possui uma influência muito grande sobre o desempenho esportivo, e, além disso, o sucesso em muitas atividades esportivas depende da quantidade e da velocidade com que um atleta consegue produzir e transferir a força muscular para o movimento (McGinnis, 2002).

Baudoin e Hawkins (2002) salientam que um maior conhecimento dos perfis de força x tempo, no remo, é necessário para identificar os componentes específicos da biomecânica que podem ser manipulados para se atingir um melhor desempenho no remo.

Um dos estudos realizados, no sentido de analisar a curva de força x tempo no remo, foi feito por Roth et al. (1993), que investigaram as relações entre a produção de força e as adaptações musculares em remadores.

Analisando a musculatura do deltóide medial, esses pesquisadores verificaram que remadores com diferentes formatos de curva de força x tempo, apresentavam diferenças morfológicas e funcionais. Dois tipos de remadores puderam ser identificados neste estudo: remadores com um pico de produção de força no início da curva de força x tempo, os quais foram chamados pelos autores de “*stroke*”; e remadores com o pico de força no final da mesma, os quais foram chamados pelos autores de “*bow*” (Roth et al., 1993).

Os dados coletados permitiram concluir que os remadores *stroke* apresentam uma maior capacidade de produção de potência que remadores *bow*. Entretanto, essa maior produção de potência é acompanhada por uma maior concentração de lactato sanguíneo e pelo aparecimento do limiar de lactato a menores potências. Além disso, os remadores *stroke* apresentam menores percentuais de fibras do tipo I e IIa, além de maiores percentuais de fibras do tipo IIb, sendo o contrário observado para os remadores *bow* (Roth et al., 1993).

Utilizando modernas técnicas de classificação de tipos de fibras muscular, pela análise das isoformas de miosina de cadeia pesada (*Myosin Heavy Chain - MHC*), Liu et al. (2002) verificaram que remadores, submetidos a um treinamento de força de alta intensidade, apresentavam um aumento de MHC IIa com uma concomitante diminuição de MHC I. Além disso, os pesquisadores sugerem um aumento da expressão de mRNA de MHC IIx (ou MHC IIb), após o treinamento de força de alta intensidade, e um aumento significativo no mRNA de MHC

l β , em remadores submetidos a um treinamento de resistência de baixa intensidade (Liu et al., 2002).

A distribuição dos tipos de fibras musculares, em um atleta, parece influenciar as suas respostas fisiológicas e biomecânicas durante o treinamento no remo. Desta forma, remadores com predominância de fibras musculares rápidas, nos grupos musculares envolvidos no gesto esportivo do remo, parecem sofrer uma seleção empírica, durante a sua evolução no esporte, sendo mais adaptados para a função de *stroke*, ou seja, produzir grandes quantidades de força em um pequeno período de tempo, o que fica claro pelo formato de sua curva de força x tempo (Roth, 1991).

As curvas de força x tempo parecem apresentar uma forte representação da técnica de movimento empregada pelo remador e, também, uma alta consistência intra-remadores em atletas de todos os níveis, incluindo campeões mundiais e olímpicos (Schwanitz, 1991).

Investigando os fatores biomecânicos que afetam o desempenho no remo, Baudoin e Hawkins (2004) verificaram que a repetibilidade dos padrões de produção de força de um remador, em uma mesma avaliação, variava de 78 a 100%, enquanto que comparando diferentes avaliações, a repetibilidade era de 100%, confirmando a teoria de que os remadores são capazes de reproduzir seus perfis de curva de força x tempo.

Adicionalmente, quando os remadores competem juntos em barcos (formando tripulações de 2, 4 e 8 remadores), o desempenho do barco é muito maior, quando a coordenação entre os atletas é alta, ou seja, quando eles apresentam padrões de movimento similares. Embora cada remador apresente um padrão individual de movimento e, portanto, um padrão individual de aplicação de força, remadores de elite apresentam padrões similares de produção de força, quando treinam conjuntamente, durante um longo período de tempo (Hill, 2002).

Avaliando as dinâmicas de coordenação entre remadores de elite, através da análise de seus padrões de aplicação de força, Hill (2002) concluiu que as tripulações devem ser formadas por remadores com padrões de aplicação de força e características fisiológicas similares. Além disso, o autor salienta que muitos estudos sobre a biomecânica do remo apenas realizaram análises das curvas de força x tempo, usando métodos qualitativos, ou seja, pela inspeção visual dos formatos de curva.

Uma aplicação da análise das curvas de força x tempo pode residir nos critérios para escolha de tripulações em diferentes barcos no remo. Barcos maiores, com tripulações mais numerosas, como os formados por quatro ou oito remadores, são mais velozes que barcos menores, compostos por dois ou apenas um remador. Desta forma, em barcos maiores, o tempo de permanência do remo na água, e, por conseqüência, o tempo de tração da pá do remo, são menores que em barcos pequenos, fazendo com que os remadores realizem mais ciclos de remadas por minuto, ou seja, remem a maiores vogas (Baudoin e Hawkins, 2002).

Baudoin e Hawkins (2002) salientam, ainda, que, remando a maiores vogas, a proporção de tempo em que os músculos dos remadores se mantêm contraídos aumenta, influenciando o fluxo sanguíneo nos capilares que irrigam a musculatura, afetando a oferta de oxigênio e a remoção de metabólitos.

Martin e Bernfield (1980), ao estudarem aspectos biomecânicos de remadores, remando em um barco com oito atletas, também verificaram que o aumento da velocidade do barco era gerado por uma maior aplicação de força durante a fase de propulsão da remada, bem como uma aplicação de força durante um percentual de tempo maior no ciclo de movimento da remada. Os autores verificaram que o aumento da velocidade do barco aumenta o arrasto, o que requer uma maior força para manter a velocidade (Martin e Bernfield, 1980).

Além disso, à medida que a velocidade no barco aumenta, o tempo de cada uma das fases da remada (entrada, propulsão, finalização e recuperação) parece diminuir, sugerindo que existe um limite para a velocidade na qual o remador consegue acelerar o movimento nos diferentes segmentos corporais (joelho, quadril, tronco, cotovelo e ombros), à medida que a resistência aumenta em função do aumento na velocidade (Martin e Bernfield, 1980).

Esse fenômeno é suportado por outros estudos que indicaram que a força muscular diminui, à medida que a velocidade de encurtamento aumenta (Hill, 1938; Macintosh et al., 2000).

Assim, é possível que remadores com o perfil *stroke* de produção de força, sejam mais adequados para compor barcos maiores e mais velozes, devido à sua capacidade de produção do pico de força mais rapidamente que

remadores *bow*. Por outro lado, em barcos menores e mais lentos, os remadores *bow* podem apresentar uma maior adaptabilidade, devido às suas características de produção de força mais lenta e uma maior resistência à fadiga.

Outra aplicação do monitoramento dos formatos da curva de força x tempo está no controle e planejamento do treinamento físico voltado a adaptações fisiológicas específicas. Nesse sentido, Roth (1991) estabelece que, nos treinamentos de resistência e em provas de mais longa duração (2000 m), as curvas de força x tempo, com ênfase no início do movimento, devem ser evitadas. Por outro lado, nos treinamentos de velocidade e nas competições de curta duração (500 m), a busca pelo pico de força, na primeira metade da curva, pode ser positiva. Além disso, quando treinamentos forem realizados, enfatizando o pico de força no início da curva, uma atenção especial deve

ser dada à intensidade, à duração, à frequência e à recuperação nas sessões de treinamento, em função das demandas biológicas envolvidas e o risco de sobre-treinamento (Roth, 1991).

CONCLUSÃO

Os resultados, aqui reunidos, podem apresentar uma boa aplicabilidade no controle de treinamento dos remadores e na formação das tripulações, onde os treinadores podem, em função dos objetivos de treino e da velocidade dos barcos, selecionar seus atletas por meio das estratégias de produção de força dos remadores, como por exemplo: perfil de produção de força *bow* para treinos e competições mais extensas e/ou barcos menores e mais lentos; e *stroke*, para treinos e competições mais intensas e/ou barcos maiores e mais velozes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUDOUIN A, HAWKINS D. A Biomechanical Review of Factors Affecting Rowing Performance. *Br J Sports Med* 2002;36:396-402.
- BERNSTEIN IA, WEBBER O, WOLEDGE R. An Ergonomic Comparison of Rowing Machine Designs: Possible Implications for Safety. *Br J Sports Med* 2002;36:108–12.
- CLARYS JP, CABRI J. Electromyography and the Study of Sports Movements: a Review. *J Sports Sci* 1993;11:379-448.
- HAGERMAN FC. Applied Physiology of Rowing. *Sports Med* 1984;1:303-26.
- HAGERMAN FC. Physiology of Competitive Rowing. In: GARRET Jr WE, KIRKENDALL DT, editors. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000; 843-73.
- HARTMANN U, MADER A, WASSER K, KLAUER I. Peak Force, Velocity and Power During Five and Ten Maximal Rowing Ergometer Strokes by World Class Female and Male Rowers. *Int J Sports Med* 1993;14:S42-S45.
- HILL AV. The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle. *Proc R Soc B* 1938;126:136-95.
- HILL H. Dynamics of Coordination within Elite Rowing Crews: Evidence from Force Pattern Analysis. *J Sports Sci* 2002;20:101-17.
- LIUY, LORMES W, REISSNECKER S, STEINACKER JM. Effects of High Intensity Resistance and Low Intensity Endurance Training on Myosin Heavy Chain Isoform Expression in Highly Trained Rowers. *Int J Sports Med* 2002;24:264-70.
- MACINTOSH BR, NEPTUNE RR, HORTON JF. Cadence, Power and Muscle Activation in Cycle Ergometer. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1281-7.
- MARTIN TP, BERNFIELD JS. Effect of Stroke Rate on Velocity of a Rowing Shell. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:250-6.
- MAZZONE T. Kinesiology of the Rowing Stroke. *NSCA Journal* 1988;10:4-11.

McGINNIS PM. Biomecânica do Esporte e Exercício. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MILLER CJN. The Mechanics of Rowing. Dissertação de Mestrado em Engenharia. United Kingdom: University of Newcastle, 1997.

NELSON WN, WIDULE CJ. Kinematic Analysis and Efficiency Estimate of Intercollegiate Female Rowers. Med Sci Sports Exerc 1983;15:535-41.

RODRIGUEZ RJ, ROGRIGUEZ RP, COOK SD, SANDBORN PM. Electromyography Analysis of Rowing Stroke Biomechanics. J Sports Med Phys Fitness 1990;30:103-8.

ROTH W. Physiological – Biomechanical Aspects of the Load Development and Force Implementation in Rowing. 19th FISA Coaches Conference 1991;33-48.

ROTH W, SCHWANITZ P, PAS P, BAUER P. Force Time Characteristics of The Rowing Stroke and Corresponding Physiological Muscle Adaptations. Int J Sports Med 1993;14:S32-S34.

SCHWANITZ P. Applying Biomechanics to Improve Rowing Performance. 19th FISA Coaches Conference 1991;49-65.

SMITH RM, SPINKS WL. Discriminant Analysis of Biomechanical Differences Between Novice, Good and Elite Rowers. J Sports Sci 1995;13:377-85.

STEINACKER JM. Physiological Aspects of Training in Rowing. Int J Sports Med 1993;14:S3-S10.

TORRES-MORENO R, TANAKA C, PENNEY KL. Joint Excursion, Handle Velocity and Applied Force: a Biomechanical Analysis of Ergonomic Rowing. Int J Sports Med 1999;21:41-4.

Endereço para correspondência:

R. Dona Eugênia 1206/302
Bairro Santa Cecília - Porto Alegre - RS
CEP 90630-150
Tel.: (51)3737-0734 (FAX)
e-mail: rafael.baptista@pucrs.br