

Artigo Original

ANÁLISE DA CINEMÁTICA DA ARTICULAÇÃO DO COTOVELO NO CICLO DE REMADA DA CANOAGEM VELOCIDADE

Mastella AD, Flores MA, Lemos LFC, Mota CB. Análise da cinemática da articulação do cotovelo no ciclo de remada da canoagem velocidade. *R. Perspect. Ci. e Saúde* 2016;1(1): 28-38.

Resumo: A análise da técnica dos mais distintos esporte é de fundamental importância, pois através de seu reconhecimento é possível descrever os movimentos mais econômicos e mais eficientes nas modalidades esportivas. Na canoagem velocidade não é diferente, sendo um esporte que necessita altas demandas energéticas e, portanto a descrição do gesto correto é de grande valia para professores treinadores da área. O trabalho tem como objetivo avaliar a cinemática angular da articulação do cotovelo de um canoísta ao longo do ciclo de remada da canoagem velocidade. Para mensurar os valores angulares ao longo do ciclo da remada foi utilizada PSCaiaque e o sistema de cinemetria Vicon. Os principais achados referem-se à descrição da articulação do cotovelo ao longo do ciclo de remada da canoagem velocidade e a discussão referente à compreensão biomecânica dos porquês a técnica da canoagem ocorre como apresentado.

Palavras-chave: Canoagem, Cinemetria, Técnica.

Ariel Dal Forno Mastella¹

Mauricio Alves Flores¹

Luiz Fernando Cuozzo
Lemos²

Carlos Bolli Mota¹

¹ Universidade Federal de
Santa Maria - UFSM.

² Centro Universitário
Cenecista - UNICNEC

Introdução

Os conhecimentos a cerca dos gestos técnicos de cada modalidade esportiva são importantes na busca por melhores desempenhos. A literatura expõe que, com uma melhor técnica, os atletas conseguem realizar a mesma atividade com um gasto energético menor. Outra possibilidade é o atleta ter um gasto energético igual ou menor e obter melhores resultados mecânicos, sendo isso chamado de economia de movimento¹⁻⁴. Dessa forma, para a obtenção dos dados mecânicos são utilizados diferentes sistemas de cinemetria, abordando diferentes modalidades esportivas, buscando melhores desempenhos e/ou qualidade de vida¹⁻⁷.

Especificamente acerca da canoagem velocidade, as poucas análises da cinemática existentes, se debruçam essencialmente sobre variáveis espaço-temporais (por exemplo, comprimento de remada, tempo de remada e frequência de remada)⁵.

Essas informações são importantes, no entanto, as variáveis angulares analisadas tridimensionalmente, que influenciam diretamente as espaço-temporais, não são descritas com grande riqueza de detalhes na literatura. Possivelmente, tal carência de descrição esteja intimamente ligada à disponibilidade de equipamentos, sofisticados e caros. Quando existentes, a dificuldade é levar o laboratório para as margens de uma raia competitiva ou a ausência de ergômetros (kayak-ergômetro) para a análise em ambiente laboratorial.

Para sanar tal dificuldade⁸, desenvolveram a Plataforma Simulatória do Caiaque (PSCaiaque), na qual o canoísta pode ser avaliado em ambiente laboratorial na ausência do kayak-ergômetro. A PSCaiaque tem como limitação a ausência da resistência imposta ao canoísta durante a técnica da remada. No entanto, com ela é possível que um atleta experiente reproduza os seus gestos motores buscando a máxima aproximação da realidade, como se estivesse submetido a tais resistências.

Entre as várias articulações do corpo humano envolvidas na técnica da canoagem velocidade destaca-se a articulação do cotovelo. Essa articulação tem papel fundamental no desempenho da melhor técnica de remada (em outras palavras, a técnica mais eficiente), pois os movimentos de flexão e extensão do cotovelo regulam o funcionamento das alavancas e como se comportam as relações entre os braços de momento e resistência (vantagem mecânica⁹).

Baseado nessas afirmações, esse trabalho tem como objetivo avaliar a cinemática angular da articulação do cotovelo de um canoísta ao longo do ciclo de remada da canoagem velocidade.

Materiais e Métodos

Aspectos Éticos

De acordo com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que regulamenta as pesquisas envolvendo seres humanos, a participação no presente estudo foi voluntária, viabilizada por um termo de consentimento livre e esclarecido assinado pelo participante. Além disso, esse trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil, e aprovado sob o número 0095.0.243.000-07.

Participantes

A amostra não-aleatória foi selecionada, caracterizando-se como amostra voluntária. Fez parte do estudo um canoísta experiente, com mais de 20 anos de prática da modalidade, que já fez parte da seleção brasileira da modalidade. A prática de atividades físicas somadas aos deslocamentos realizados e demais esportes praticados pelo canoísta superou amplamente a recomendação tradicional de no mínimo 150 minutos semanais (30 minutos, cinco dias por semana) de atividade física de intensidade leve a moderada¹⁰. A caracterização do participante da pesquisa está descrita na Tabela 1.

Tabela 1: Idade e dados antropométricos do indivíduo do estudo.

	Dados do canoísta
Idade (anos)	33
Estatura (m)	1,91
Massa (kg)	92,4
IMC (kg/m ²)	25,33

Plataforma Simulatória do Caiaque (PSCaiaque)

Para que seja possível realizar o gesto técnico do esporte canoagem velocidade em ambiente laboratorial é necessário um kayak-ergômetro. Na ausência desse equipamento, foi

desenvolvida uma Plataforma Simulatória do Caiaque (PSCaiaque), conforme descrito por⁸ e apresentado na Figura 1, abaixo.

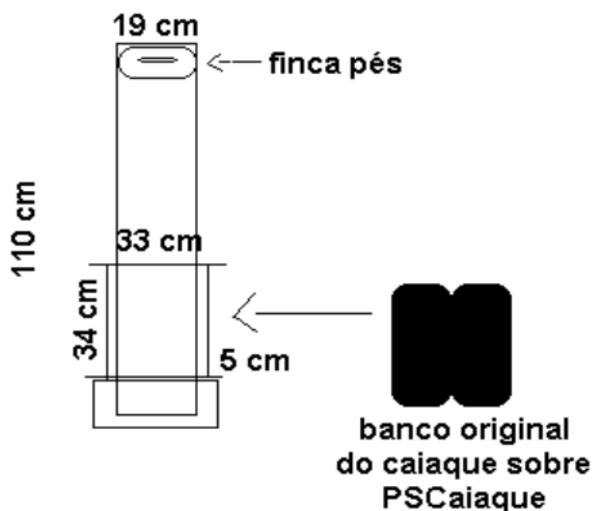


Figura 1 – Dimensões e características da Plataforma Simulatória do Caiaque (PSCaiaque).

A estrutura de madeira, ilustrada na Figura 1, que assemelha os canoístas à posição de seus caiaques (PSCaiaque) será descrita a seguir. A base da PSCaiaque tem um formato retangular, sendo formada pela união de quatro blocos de madeira de uma altura de 50 cm do contato com o solo até o final da base, formando assim um espaço vazio no interior, que não oferece contato com o solo. A dimensão da base na direção médio-lateral é de 33 cm e, na direção ântero-posterior, de 34 cm, porém a inserção desta (anteroposterior) que se encontra interna à médio-lateral foi a 5 cm da parte mais externa lateralmente fixada. Sobre essa base foi fixada uma madeira longa e estreita, nas dimensões de 19 por 110 cm, formando o suposto “chão” do caiaque. Sobre esse “chão” foi fixado um banco original de um caiaque K1 olímpico da marca Plastex, modelo Ares 390, sendo que na ponta oposta ao assento foi construído um finca-pés similar ao de um caiaque (Figura 1). Na outra extremidade, ou seja, atrás do banco do caiaque, foi colocado um contrapeso no formato retangular para que a estrutura ficasse em contato com o solo.

Análise cinemática

Os dados cinemáticos foram obtidos através do sistema de cinemetria VICON (modelo 624, Oxford, Reino Unido), com o software NEXUS1.5.2 para registro e processamento dos dados. Foram utilizadas sete câmeras com sinal infravermelho (MX câmeras), operando a

uma frequência de 200 Hz para reconhecimento de 39 marcadores reflexivos (14 mm de diâmetro), colocados nos indivíduos (nos segmentos da cabeça, tronco, membros superiores e inferiores, mãos e pés) e usados para o cálculo das coordenadas a cada instante. A demarcação do sujeito foi realizada seguindo o modelo PluginGait (UPA& FRM). O remo do canoísta também recebeu quatro marcações reflexivas, para que desta forma fosse possível identificar as fases do ciclo de remada (Figura 2). Esses marcadores foram colocados nas pontas das pás e nas junções entre as pás e o cabo do remo.

Os dados quando chamados em “x” devem ser considerados no plano sagital, em “y” no plano frontal e em “z” no plano transverso, portanto, flexões e extensões, abduções e aduções e, rotações estão representadas por ações em “x, y” e “z”, respectivamente.



Figura 2 – Posicionamento do canoísta sobre a PSCaiaque com os marcadores reflexivos sobre o corpo e, também, no remo.

Para filtragem dos dados brutos cinemáticos foi utilizado um filtro passa baixa Butterworth de 4ª ordem com frequência de corte de 5 Hz. A partir de tais dados, foram calculadas as posições articulares em cada instante do ciclo de remada.

Procedimentos

A anamnese e os testes foram realizados em uma sala em ambiente silencioso. Antes da realização do teste, o participante realizou um aquecimento por 5 (cinco) minutos. Durante o teste, o indivíduo foi solicitado a executar a técnica de remada adotada normalmente na prática da modalidade canoagem velocidade em situações de treinamentos de endurance. Como não havia a resistência que a água impõe, solicitou-se que o canoísta fizesse o movimento imaginando, principalmente, questões temporais e técnicas, como a técnica da remada exige. Para a realização do gesto técnico o canoísta utilizou o seu próprio remo da marca e modelo Bracsa VI.

Para a análise dos dados cinemáticos as variáveis foram expressas em função de um ciclo de remada. Um ciclo de remada é iniciado no momento em que a pá direita do remo entra na água, passando pela saída do remo da água desse mesmo lado, entrada e saída da pá esquerda do remo e, finalizando no instante em que a pá do remo direito toca a superfície da água novamente.

Para mensurar o instante em que a pá do remo tocou a superfície da água foi considerada coordenada vertical (altura) da posição média entre o maléolo direito e esquerdo do canoísta. A parte submersa dos caiaques, geralmente, é considerada na altura do maléolo, podendo variar dependendo da embarcação utilizada.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à estatística descritiva. O ciclo de remada foi calculado em valores percentuais, ou seja, de zero a 100 por cento. As análises foram realizadas para ambos os lados corporais.

Resultados e discussão

A Figura 3 apresenta os resultados angulares ao longo do ciclo de remada, sendo ela referente à articulação dos cotovelos direito e esquerdo. Nessa mesma figura é possível identificar as fases do ciclo de remada (através de retângulos cinza e preto).

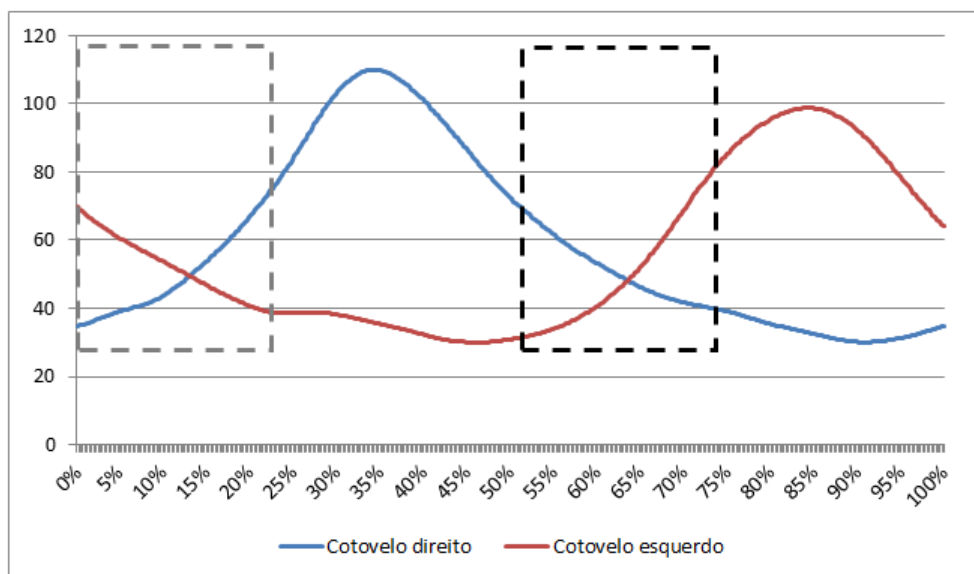


Figura 3 – Movimentações dos cotovelos ao longo do ciclo da remada. Área tracejada em cinza indica a fase em que a pá do remo direito está submersa na água e em preto a pá do remo esquerdo.

Como apresentado na introdução deste trabalho, uma maior economia de movimento pode proporcionar desempenhos esportivos extremantes melhores entre esportistas econômicos e não econômicos^{2,4,11}. A economia de movimento está fundamentada como sendo a razão da carga de trabalho pela energia despendida, mensurada através do VO₂¹¹.

Na literatura específica da canoagem, existem muitos estudos que abordam à contribuição metabólica, associada às diferentes distâncias competitivas da modalidade (1000m, 500m e os 200m)¹²⁻¹⁶.

Por outro lado, não se encontra na literatura muitos trabalhos relativos à contribuição das cargas de trabalho executadas pelos canoístas. Uma das diferentes possibilidades da abordagem das cargas de trabalho são as manifestações mecânicas na técnica. Quando encontrados estudos a cerca da mecânica da remada, esses apenas abordam variáveis espaço-temporais⁵.

O objetivo desse trabalho foi descrever variáveis angulares da articulação do cotovelo na técnica da canoagem velocidade e, desta forma, possibilitar especial atenção dos treinadores, dirigentes e demais pesquisadores sobre os potenciais benefícios de uma avaliação biomecânica detalhada.

A análise das curvas do gráfico mostra um movimento ondulatório com características bastante semelhantes entre os lados da remada. No instante em que a pá do remo entra em contato com a água (parte esquerda das extremidades dos retângulos), o cotovelo direito inicia

o ciclo da remada partindo de uma flexão de aproximadamente 35 graus. Essa semi-flexão prévia tem o intuito de aumentar a quantidade de transmitir força para a resistência (água). A força muscular varia com o comprimento do músculo (relação força X comprimento), dependendo do comprimento dos sarcômeros o qual determina o grau de sobreposição entre os filamentos finos e grossos e o número possível de pontes cruzadas a serem formadas e, conseqüentemente, a força total que pode ser gerada¹⁷.

Pelo menos duas mudanças prejudiciais são compreendidas na técnica de remada caso o cotovelo estive mais estendido. Primeiramente, como já citado anteriormente, haveria uma diminuição nas pontes cruzadas de actina e miosina de flexores do cotovelo, o que por sua vez resultaria em menor capacidade de força. Uma menor força faria a remada ser mais lenta e, isso prejudicaria substancialmente o resultado competitivo da modalidade, pois conforme⁹, em mecânica dos fluidos a velocidade tem papel quadrático na equação. O outro ponto biomecânico que uma maior extensão do cotovelo produziria nessa fase é que a remada proporcionaria uma menor vantagem mecânica. Ou seja, a resistência da água ficaria mais pesada com o aumento do braço de resistência⁹.

De forma contrária, se a articulação do cotovelo no instante de início do ciclo de remada estivesse mais flexionada isso proporcionaria uma grande diminuição na fase de propulsão da embarcação, não sendo compensada pela soma dos fatores diminuição do braço de resistência e maior capacidade de produção de força muscular (pontes cruzadas). No entanto, em situações de largada (quando a embarcação encontra-se em inercia e parada em relação a água) é comumente utilizadas tais estratégias com o intuito de melhorar o desempenho nas primeiras remadas de uma competição.

Por volta de 76 e 81 graus de extensão dos cotovelos direito e esquerdo, respectivamente, é realizada a saída do remo da água. Essa angulação é ideal, pois nesse instante, o cotovelo contralateral está quase em sua máxima extensão (40 graus), a qual se originou da posição de maior flexão (109 e 98 graus para o cotovelo direito e esquerdo, respectivamente). Por tanto, a quantidade de movimento (massa X velocidade)⁹ desse membro contralateral é alta e está sendo transferida para a propulsão da embarcação. Caso a pá do remo não fosse retirada da água nesse instante, o impulso propulsivo aumentaria a velocidade da embarcação, porém a pá perderia sua velocidade em relação ao caiaque e ela passaria a perder força e aumentaria o arrasto gerado⁹.

Todas essas informações apresentadas nesse estudo podem auxiliar no trabalho técnico de professores e treinadores. No entanto, basear-se apenas nos dados apresentados por esse

estudo pode ser uma estratégia equivocada, visto que ele apresenta algumas limitações que podem ser minimizadas ou excluídas em novos trabalhos.

A primeira limitação diz respeito ao canoísta participante desta pesquisa. Muito embora ele tenha sido atleta da equipe nacional brasileira e tenha uma experiência de 20 anos na modalidade, no momento das coletas o atleta era praticante recreacional da modalidade e de outras modalidades simultâneas. Diante disso, é preciso lembrar que existe a plasticidade neuromuscular e que o organismo se adapta as exigências impostas¹⁸⁻²⁰. Portanto, podendo ter alguma modificação angular na técnica executada nesse trabalho.

Além disso, a utilização da PSCaiaque desenvolvida por⁸, viabilizou a execução desse trabalho, no entanto, esse instrumento não fornece resistência durante a remada. Portanto, pode haver alguma diferença na técnica de execução apresentada nesse trabalho para a que seria executada durante uma prática na embarcação ou com a utilização de um kayak-ergômetro.

No entanto, acredita-se que o presente trabalho é importante na prática diária de canoístas, professores, treinadores e pesquisadores da área de estudo.

Conclusões

Os achados desse trabalho possibilitam a descrição angular da técnica da canoagem velocidade, suas fases e a compreensão dos porquês da mecânica de remada desse esporte ser realizada como é apresenta.

Por volta de 35 graus de extensão do cotovelo o canoísta insere o remo na água, dando início ao ciclo de remada. Na saída do remo da água ocorre o cotovelo está em uma angulação próxima de 80 graus, coincidindo com o final de uma extensão do cotovelo contralateral e sua transmissão de força na água.

Referências

1. Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol* 2003;89(1):1-7.
2. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med* 2004;34(7):465-85.

3. Tartaruga LAP, Tartaruga MP, Black GL, Coertjens M, Ribas LR, Krueel LFM. Comparação do ângulo da articulação subtalar durante velocidades submáximas de corrida. *Acta Ortop Bras* 2005;13(2):57-60.
 4. Storen O, Helgerud J, Stoa EM, Hoff J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(6):1087-92.
 5. Carneiro LM, Castro FA. S. Cinemática da canoagem: revisão. *R bras Ci e Mov* 2009;17(3):114-22.
 6. Dalla Favera JM, Pranke GI, Teixeira CS, Alves RF, Lemos LFC, Mota CB. Análise cinemática na compreensão da postura de membros inferiores durante a marcha humana. *Salusvita* 2010;29(1):69-78.
 7. Silveira MC, Lemos LFC, Pranke GI, Mota CB. Gait stability in young adults under different visual conditions: a pilot study. *Braz J Kinathrop Hum* 2014;17(1):104-11.
 8. Lemos LFC, Teixeira CS, Lopes LFD, Mota CB. Análise do equilíbrio de canoístas na posição anatômica e na posição sentado, conforme a técnica da modalidade. *Revista Mineira de Educação Física* 2009;17(1):7-20.
 9. Hall S J. *Biomecânica básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 7^o edição, 2016.
 10. American College of Sports Medicine. ACSM stand position on the appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:2145-56.
 11. Moseley L, Jeukendrup A. E. The reliability of cycling efficiency. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(4):621-7.
 12. Van Someren K, Phillips G, Palmer G. Comparison of Physiological Responses to Open Water Kayaking and Kayak Ergometry. *Int J Sports Med* 2000;21:200-4.
- R. *Perspect. Ci. e Saúde* 2016;1(1):28-38.

13. Van Someren K, Oliver J. The Efficacy of Ergometry determined Heart Rates for Flatwater Kayak Training. *Int J Sports Med* 2002;23:28-32.
14. Spoorer B, Wenger H. Effects of Aerobic Exercise on Strength Performance following Various Periods of Recovery. *J Strength Cond Res* 2003;17:638-44.
15. Nakamura FY, Borges TO, Sales OR, Cyrino ES, Kokubun E. Estimativa do custo energético e contribuição das diferentes vias metabólicas na canoagem de velocidade. *Rev Bras Med Esporte* 2004;10(2):70-7.
16. Michael J, Rooney K, Smith R. The metabolic demands of kayaking: A review. *J Sports Sci Med* 2008;7:1-7.
17. Huxley AF, Simmons RM. Proposed mechanism of force generation in striated muscle. *Nature* 1971;233:533-8.
18. Jakobsen MD, Sundstrup E, Randers MB, Kjær M, Andersen LL, Krstrup P, Aagaard P, et al. The effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch-shortening cycle muscle performance during countermovement jumping. *Hum Mov Sci* 2012;31(4):970-86.
19. Herzog W. The biomechanics of muscle contraction: optimizing sport performance. *Sport ortho trauma* 2009;25:286-93.
20. Fukunaga T, Kawakami Y, Kuno S, Funato K, Fukashiro S. Muscle architecture and function in humans. *J Biomech.* 1997;30(5):457-63.