

**Rowing Biomechanics Newsletter celebra o seu 10º aniversário! Obrigado a todos os leitores pelo seu apoio e comentários!**

**Q&R**

**Q:** Entre treinadores e cientistas discutiu-se a força de levantamento (lift) no carrinho: será que existe o lift sistema barco-remador e se reduz o deslocamento da água; ou, apenas, se transfere o peso do carrinho para o finca pés?

**R:** Há 5 factores que afectam a força no carrinho:

F1. “Lift estático”. É uma distribuição simples do peso entre o carrinho e o finca pés quando a linha da força de gravidade  $F_g$  do CM do remador passa entre eles (Fig. 1). No ataque, cerca de 30% do peso do remador é colocado estaticamente no finca pés e só 70% no carrinho, facilmente verificado com balanças no carrinho.

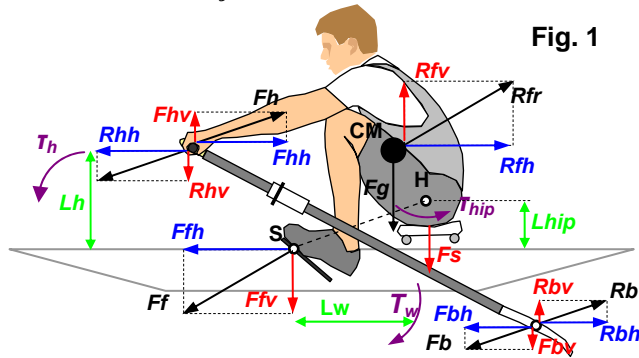


Fig. 1

Quando o remador empurra o finca pés, a força é aplicada num ângulo face ao horizonte. Outros 2 factores são:

F2. “Lift pernas”. A articulação da anca  $H$  está localizada acima do ponto de aplicação da força no finca pés  $S$ , pelo que a linha da força da extensão da perna (joelho) não é horizontal. Tal cria uma componente vertical  $F_{fv}$  e uma força de reacção inversa  $R_{fv}$ , a qual levanta o remador.

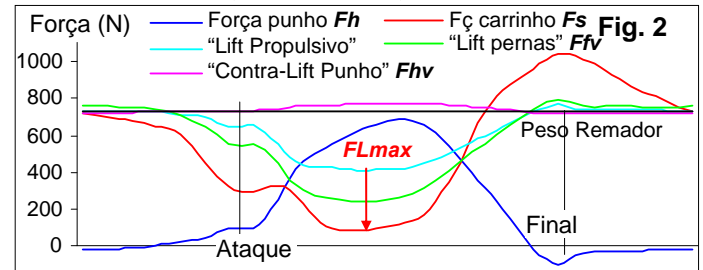
F3. “Lift Torque da Anca”. Quando os glúteos são activados, criam um torque  $\tau_{hip}$  em torno da articulação da anca, o que aumenta a componente vertical da força no finca pés  $F_{fv}$  e reduz a força no carrinho  $F_s$ .

No entanto, a força de reacção  $R_{fv}$ , relacionada com F2 e F3, não reduz o deslocamento da água do sistema barco-remador porque é uma força interna e é equilibrada pela força do finca pés  $F_{fv}$ , a qual empurra o barco para baixo. Quanto maior for este par de forças, maior é o peso do remador transferido do carrinho para o finca pés, o que cria alternância de oscilações no casco: o seu ângulo aumenta no ataque (proa sobe, popa desce) e diminui no final.

F4. “Lift propulsivo”. Na dimensão horizontal, o remador aplica directamente, e de forma oposta, forças no punho  $F_{hh}$  e no finca pés  $F_{fh}$ , distanciadas na vertical pela altura do punho face ao finca pés  $L_h$ . Tal cria um par de forças, um torque  $\tau_h$  em torno do ponto  $S$ , que reduz o torque contrário do peso do remador  $\tau_w$ . Podemos considerá-la como uma força de lift  $F_{lift}$  que reduz a força no carrinho  $F_s$ . A força no punho  $F_{hh}$  é transferida através da cana à pá  $F_{bh}$ , equilibrada pela reacção externa  $R_{bh}$  e sem contrapartida interna no sistema barco-remador. Assim,  $F_{hh}$  reduz o deslocamento da água do sistema e o arrasto. No ergo, a força do punho é equilibrada pela reacção da estrutura, uma força interna, pelo que o peso total do sistema não se altera.

F5. “Lift ângulo da pá”. De facto, as forças do punho  $F_h$  e pá  $F_b$  têm um ângulo face ao horizonte (RBN 2010/09), igual ao ângulo de ataque da pá. Para criar uma força vertical na pá  $F_{bv}$ , o remador aplica uma força ascendente no punho  $F_{hv}$ , que gera um descendente “Contra Lift do Angulo do Punho”  $R_{hv}$  e aumenta a força no carrinho  $F_s$ . Esta força interna  $R_{hv}$  é parcialmente equilibrada pela força na forqueta; só  $R_{bv}$  é externa e ela puxa todo o sistema para cima e reduz o deslocamento da água.

Vamos procurar estimar a contribuição dos 5 factores. Fig. 2 mostra dados dum medalhado Olimpico ligeiro, em skiff a 32 rem/min (RBN 2002/05):



Foram medidas a força punho  $F_h$  e no carrinho  $F_s$ . “Lift propulsivo”  $F_{lift}$  (F4) é apresentado como diferença do peso do remador e calculado a partir da distância  $L_w$  e dos dados da posição do carrinho e do tronco:

$$F_{lift} = F_h L_h / L_w \quad (1)$$

“O Lift das Pernas” (F2), calculado a partir das coordenadas da anca e dos dados da posição do carrinho, foi apresentado como uma compensação da  $F_{lift}$ , pelo que a 2 linhas representam partes da força total de lift.

“Lift Estático” (F1) e “Lift Torque Anca” (F3) são difíceis de estimar. Assumimos que representam o residual entre as linhas vermelha  $F_s$  e verde  $F_{fv}$  (Fig.2). No final, estes 2 factores mudam de sinal e empurram o carrinho para baixo.

No momento da redução de peso máximo  $FL_{max}$ , apenas 80N de força está no carrinho. Cerca 320 N ou 50% da força de lift total 640N é “Lift Propulsivo”, o que diminui o deslocamento da água e reduz o arrasto. Outros 25% vêm “Lift Pernas”. Os restantes 25% do “Lift Estático” e “Lift Torque Anca”. O efeito “Lift Angulo Pá” (F5) é muito pequeno: é de 20N no pico de aplicação da força  $F_{bv}$  (6% do “Lift Propulsivo”) e o “Contra-Lift Angulo Punho”  $R_{hv}$ , no lado do remador, é de 50N.

**Maior aplicação de força horizontal no finca pés reduz o deslocamento da água e o “balançar” do barco e, assim, reduz o arrasto e melhora a performance.** Para o conseguir:

- No ataque, utilizar apenas os extensores do joelho sem activar os glúteos e abrir o tronco;
- Colocar o finca pés mais alto e mais inclinado ângulo, que pode reduzir o comprimento da remada;
- No ataque, utilizar uma posição mais vertical do tronco (Estilo Adam, RBN 2006/03), pode reduzir a potência.

**Contacto:**

©2011: Dr. Valery Kleshnev, [www.biorow.com](http://www.biorow.com)