ANÁLISE DA ATIVAÇÃO MUSCULAR E A CINEMÁTICA ANGULAR DOS MOVIMENTOS CORPORAIS DURANTE AS MANOBRAS DO SURFE

Leonardo Mariano da Silva, Fabrizio Caputo.

INTRODUÇÃO

Diversos fatores influenciam o desempenho no surfe. A inclinação e o padrão de quebra da onda, a velocidade, a hidrodinâmica da prancha e o local de execução da manobra modificam o objetivo mecânico e as soluções disponíveis ao atleta (Moreira; Peixoto, 2014; Forsyth et al., 2024). Dessa forma, o desempenho no surfe deve ser compreendido a partir da interação entre atleta, prancha e ambiente.

A eletromiografia de superfície (EMG) permite analisar a excitação muscular, enquanto unidades de medida inercial (IMU) caracterizam o movimento corporal e da prancha (Lestrade et al., 2015; Nessler et al., 2019; Forsyth et al., 2021; Forsyth et al., 2024; Charles et al., 2026). Entretanto, a EMG não determina isoladamente a produção de força, e os dados inerciais não descrevem a organização muscular do movimento (Vigotsky et al., 2018; Weiss et al., 2026).

Tecnologias vestíveis e sensores acoplados à prancha têm possibilitado a integração de diferentes medidas na investigação do surfe (Lestrade et al., 2015; Shormann; in het Panhuis, 2020; Forsyth et al., 2024; Weiss et al., 2026). Porém, ainda é pouco compreendido como a excitação muscular bilateral e os movimentos do corpo e da prancha se organizam em conjunto durante manobras realizadas na água.

Assim, este estudo teve como objetivo caracterizar, de forma integrada, a coordenação temporal entre a rotação da prancha, o movimento relativo dos joelhos e a excitação muscular dos membros inferiores em *Bottom Turns* e *Snaps* durante sessões *Frontside* e *Backside*.

DESENVOLVIMENTO

Participou do estudo um surfista masculino de 18 anos (1,76 m; 68 kg), de postura regular, com oito anos de experiência no surfe e experiência competitiva em nível regional/estadual. O participante utilizou sua *shortboard* habitual (1,78 m; 26,5 L) e não relatou lesões recentes que limitassem a prática. O estudo foi realizado mediante consentimento e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (86750325.7.0000.0118).

A coleta foi realizada na Surfland Brasil (Garopaba, Brasil), uma piscina de ondas artificiais. Após aquecimento autosselecionado, o participante realizou uma sessão *Frontside* e, posteriormente, uma sessão *Backside*. As sessões foram realizadas no mesmo dia, com duração de 50 minutos cada e intervalo de 270 minutos. Ambas utilizaram a mesma programação de ondas *New T3 Wavegarden*. Foram analisadas 38 ondas, sendo 18 *Frontside* e 20 *Backside*.

Registros de vídeo (GoPro HERO12) permitiram identificar e classificar os *Bottom Turns* e *Snaps*. Dados síncronos de EMG e IMU foram adquiridos com um sistema Cometa WaveX (Cometa SRL, Itália). A EMG foi registrada bilateralmente nos músculos reto femoral, bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio medial. As IMUs posicionadas nos membros inferiores e na prancha foram utilizadas para caracterizar o movimento angular relativo dos joelhos e a velocidade de rotação da prancha em torno do seu eixo longitudinal (*roll*) (figura 2).

A EMG foi normalizada pela referência da respectiva sessão. Para comparar o formato e a sequência temporal dos sinais, cada variável foi reescalonada dentro da própria manobra pelo seu percentil 95, e o tempo foi interpolado para uma escala de 0 a 100% da duração da ação. Em seguida, foi calculada a média das ações realizadas dentro de cada onda, e os perfis foram resumidos entre as ondas pela mediana e pelo intervalo interquartil. Dessa forma, os

perfis representam a direção, a sequência e o momento das alterações ao longo da ação (figura 1A e B), e não diferenças de magnitude entre sessões.

RESULTADOS

Bottom Turns e Snaps apresentaram padrões temporais distintos entre as sessões *Frontside* e *Backside*. Em ambas as manobras, esses padrões envolveram o movimento relativo dos joelhos da perna de trás e da frente, o sentido da rotação da prancha e o momento das alterações na excitação dos músculos registrados. Assim, *Frontside* e *Backside* não apresentaram apenas sentidos iniciais opostos de roll da prancha, mas também diferentes organizações temporais dos membros inferiores (Figura 1A e B).

Nos *Bottom Turns*, o *Frontside* apresentou inicialmente *roll* para o *rail* do lado dos dedos, seguido por reversão para o lado do calcanhar, enquanto no *Backside* ocorreu a sequência oposta (Figura 1A). No *Frontside*, o joelho da perna de trás passou da direção relacionada à extensão para a flexão, enquanto o da frente retornou à extensão no final da ação. No *Backside*, ambos passaram mais cedo da extensão para a flexão. A EMG também apresentou sequências distintas. Na coxa da frente, o reto femoral aumentou e o bíceps femoral diminuiu no *Frontside*, enquanto no *Backside* ocorreu o contrário. Na coxa de trás, esse padrão se inverteu entre as sessões. Tibial anterior e gastrocnêmio medial apresentaram sequências de excitação consideravelmente distintas entre *Frontside* e *Backside*.

Nos *Snaps*, o *Frontside* iniciou com *roll* para o *rail* do lado do calcanhar e reverteu para o lado dos dedos, enquanto no Backside ocorreu a sequência oposta, seguida por retorno para valores próximos de zero (Figura 1B). No Frontside, os joelhos das pernas da frente e de trás se movimentaram em direções opostas, ficando próximos no final. No *Backside*, ambos apresentaram inicialmente movimento acentuado em direção à extensão, seguido por sucessivas mudanças de direção. Na coxa da frente, o *Frontside* apresentou pico inicial do bíceps femoral seguido pelo reto femoral, enquanto no *Backside* o reto femoral apresentou o pico inicial e o bíceps femoral diminuiu, com leve aumento no final. Na coxa de trás, essa sequência foi inversa. Tibial anterior e gastrocnêmio medial também apresentaram diferentes sequências de excitação entre as sessões, tanto na perna da frente quanto na de trás.

Em conjunto, esses resultados indicam diferentes organizações temporais dos membros inferiores entre as condições *Frontside* e *Backside* e são consistentes com evidências de assimetrias entre os membros em outras habilidades do surfe (Borgonovo-Santos et al., 2021; Forsyth et al., 2021). Esse comportamento também está de acordo com a perspectiva de que as soluções motoras no surfe dependem das características da tarefa, do praticante e do ambiente (Moreira; Peixoto, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que, neste surfista, *Bottom Turns* e *Snaps* apresentaram diferentes padrões temporais de coordenação entre *Frontside* e *Backside*. A inversão do sentido de *roll* da prancha foi acompanhada por mudanças na sequência dos movimentos relativos dos joelhos e da excitação muscular, indicando que os membros inferiores não apresentaram uma simples resposta espelhada entre as sessões. Esses achados reforçam a importância de compreender o desempenho no surfe a partir da coordenação entre atleta e prancha. As diferenças observadas são exploratórias e devem ser interpretadas como específicas do atleta e das sessões avaliadas.

Palavras-chave: eletromiografia de superfície; unidade de medida inercial; controle motor; sensores vestíveis; piscina de ondas; surfe.

ANEXOS

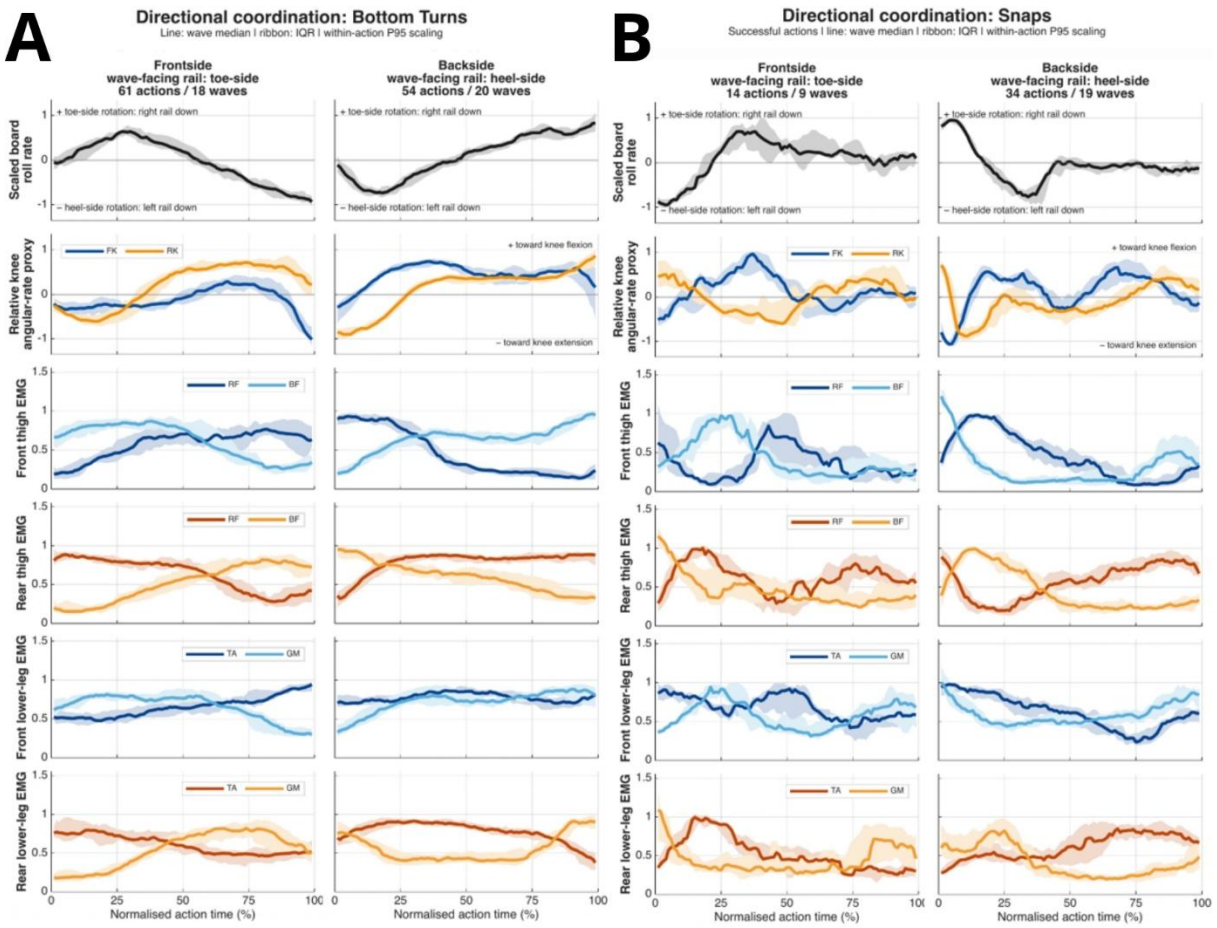


Figura 1. *Perfis temporais da velocidade de roll da prancha, movimento angular relativo dos joelhos e excitação muscular durante Bottom Turns (A) e Snaps (B) nas sessões Frontside e Backside. RF, reto femoral; BF, bíceps femoral; GM, gastrocnêmio medial; TA, tibial anterior; FK, joelho da perna da frente (front knee); RK, joelho da perna de trás (rear knee).*

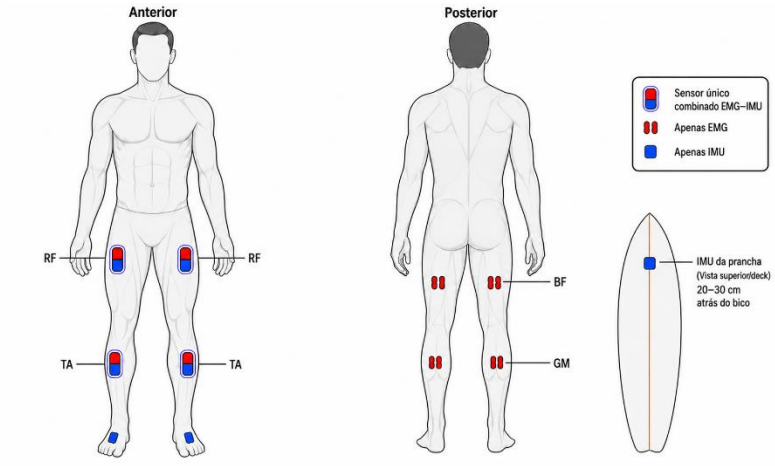


Figura 2. *Disposição dos sensores utilizados para aquisição de sinais eletromiográficos e inerciais durante as sessões de surfe.*

REFERÊNCIAS

BORGONOVO-SANTOS, Márcio *et al.* Are the kinetics and kinematics of the surf pop-up related to the anthropometric characteristics of the surfer? **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 21, n. 5, p. 1783, 2021.

CHARLES, P. E. *et al.* A novel surfing performance quantification system and multi-sensor instrumented surfboard: A proof-of-concept. **Results in Engineering**, v. 29, n. 108868, p. 108868, 2026.

FORSYTH, James R. *et al.* Understanding the relationship between surfing performance and fin design. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 8734, 2024.

FORSYTH, James R. *et al.* Rate of loading, but not lower limb kinematics or muscle activity, is moderated by limb and aerial variation when surfers land aerials. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 15, p. 1780–1788, 2021.

LESTRADE, K. et al. Biomechanics of surfing: development and validation of an instrumented surfboard to measure surfboard kinetics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 33., 2015.

MOREIRA, Miguel; PEIXOTO, César. Qualitative task analysis to enhance sports characterization: A surfing case study. **Journal of Human Kinetics**, v. 42, n. 1, p. 245–257, 2014.

NESSLER, Jeff A. *et al.* Electromyographic analysis of the surf paddling stroke across multiple intensities. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 4, p. 1102–1110, 2019.

SHORMANN, David E.; IN HET PANHUIS, Marc. Performance evaluation of humpback whale-inspired shortboard surfing fins based on ocean wave fieldwork. **PloS One**, v. 15, n. 4, p. e0232035, 2020.

VIGOTSKY, Andrew D. *et al.* Interpreting signal amplitudes in surface electromyography studies in sport and rehabilitation sciences. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 985, 2018.

WEISS, Alexander *et al.* Simulating surfing with optimal control: sensor fusion for biomechanical analysis. **Multibody System Dynamics**, v. 66, n. 4, p. 955–975, 2026.