

# Bota com laser acelera recuperação muscular

O equipamento faz ciclos de compressão e relaxamento nas pernas, o que melhora o retorno venoso e linfático, reduzindo inchaço e sensação de peso nas pernas. É utilizado no pré e pós-operatório de cirurgias de longa duração

» RAFAELA LEITE\*

No esporte de alto rendimento, cada minuto de recuperação faz diferença. Em ano de Copa do Mundo, quando o calendário é intenso, e os atletas precisam manter o desempenho em seu nível máximo ao longo de várias partidas, reduzir o tempo de cura muscular pode ser um fator decisivo. Para isso, pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos da USP, apoiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), desenvolveram uma tecnologia que combina compressão pneumática e laser terapêutico para acelerar a recuperação física, aliviar dores e estimular a regeneração dos músculos após treinos e jogos: uma bota.

Segundo o médico ortopedista Mateus Jerônimo, a bota de compressão pneumática é um equipamento que envolve a perna e faz ciclos de compressão e relaxamento, como se fosse uma “massagem mecânica controlada”. Essa compressão ajuda a melhorar o retorno venoso e linfático, reduzindo inchaço, sensação de peso nas pernas e acúmulo de líquidos após treinos intensos ou jogos. “No esporte de alto rendimento, isso pode ser útil porque o atleta, muitas vezes, não precisa apenas tratar uma lesão; ele precisa recuperar melhor entre uma partida e outra. Então, ao reduzir edema e melhorar a circulação local, a compressão pode contribuir para uma recuperação muscular mais confortável e mais rápida.”

Jerônimo explica que o laser terapêutico, ou fotobiomodulação, utiliza luz em comprimentos de onda específicos para estimular processos celulares. “Em termos simples, a luz pode ajudar a modular a inflamação, reduzir a dor e favorecer a reparação dos tecidos. Não é um ‘laser cirúrgico’ que corta ou queima; é uma terapia de baixa intensidade, voltada para estimular respostas biológicas.”

Segundo ele, quando se combina compressão pneumática com laser terapêutico, a ideia é atuar por dois caminhos: de um lado, melhorar a circulação e a drenagem; do outro, estimular a recuperação celular e controlar dor e inflamação. Isso pode fazer sentido especialmente em atletas submetidos a grande carga física, como em competições curtas e intensas, em que o intervalo entre os jogos é pequeno.

Divulgação/MM Optics



Compressão pneumática e radiação terapêutica em um único equipamento oferecem um protocolo de reabilitação mais rápido

## Palavra de especialista

### Aquecimento

“A ideia da bota é justamente combinar tecnologia mecânica e fototerapia. O laser também gera um aquecimento interno e melhora a vasodilatação. E mais do que aquecer a superfície, ele atua profundamente nos tecidos.”

Nós temos efeitos comprovados em diferentes níveis. Em atletas, é mais fácil observar resultados. Mas também em pessoas debilitadas ou idosas, que não conseguem ir à academia, isso pode ser um grande suporte.”

**Vanderlei Salvador Bagnato**, físico e pesquisador da Universidade de São Paulo

## Funcionamento

O físico e pesquisador Vanderlei Salvador Bagnato, idealizador do projeto, disse ao **Correio** que a integração dessas tecnologias pode potencializar os resultados do tratamento. “Ao integrar compressão pneumática e laser terapêutico em um único equipamento, conseguimos ampliar os efeitos do tratamento e oferecer um protocolo de recuperação mais eficiente, rápido e duradouro”, afirma. No contexto esportivo, a inovação pode contribuir para reduzir o risco de lesões e acelerar a recuperação entre partidas, aspecto especialmente

relevante em calendários competitivos cada vez mais exigentes.

O pesquisador explicou que as botas de compressão são amplamente utilizadas. Segundo Bagnato, elas podem até fazer um movimento peristáltico, no sentido de estimular a circulação sanguínea, principalmente nas pernas, porém nem sempre um músculo em fadiga precisa só de circulação. Ele precisa também de oxigenação. O sangue tem que entregar oxigênio ao músculo e ajudar a remover substâncias que causam dor, como o ácido láctico.

“No atleta, por exemplo, o cansaço vem do acúmulo de ácido láctico, que gera dor e

limita o desempenho. Quando você consome mais do músculo do que ele consegue repor, a dor aparece. O movimento mecânico da bota, ao comprimir e descomprimir, estimula a circulação e ajuda a quebrar a rigidez muscular. É algo parecido com o que um fisioterapeuta faz com as mãos.” Entretanto, segundo ele, a mão não consegue, sozinha, melhorar o metabolismo. Ela depende da resposta do corpo. Em alguns casos, isso funciona bem, principalmente em dores por rigidez. Mas em dores de fadiga metabólica, a massagem não é suficiente. “É aí que entra o laser. O laser interage com as mitocôndrias e estimula a produção de ATP, que é a energia das células. Ele acelera o metabolismo e melhora o transporte de substâncias”, diz.

“Nós combinamos dois efeitos: o mecânico, já conhecido, e o fotobiomodulador, também conhecido. A fototerapia era usada, por exemplo, em dores lombares com lâmpadas de infravermelho. Hoje, ela está sendo redescoberta e aplicada de forma mais tecnológica. Nós usamos isso em doenças crônicas, como artrite e fibromialgia. Mas ainda não tínhamos aplicado essa combinação de forma completa nos membros inferiores. A bota faz isso: compressão mecânica e laser ao mesmo tempo”, afirma o físico.

Para Bagnato, isso é importante tanto para reabilitação quanto para prevenção. Por exemplo, pessoas acamadas podem ter atrofia muscular, e a bota ajuda a simular o movimento. Em UTIs, por exemplo, já se usam botas de compressão para evitar complicações. “A nossa diferença é a adição do laser, que pode trazer efeitos metabólicos e até imunológicos. Isso pode ajudar tanto pacientes quanto atletas, que vivem em alta carga de esforço físico. Dançarinos e atletas sofrem muito com dor e sobrecarga. Em vez de recorrer a substâncias químicas, essa tecnologia pode ajudar o próprio metabolismo a se recuperar. Além disso, choques térmicos e estímulos como banho de gelo também funcionam porque obrigam o corpo a reagir. O laser atua de forma semelhante, mas mais controlada”, detalha.

“Eu costumo dizer que o grande avanço tecnológico não vem só de fazer o extraordinário. Vem de fazer o ordinário extraordinariamente”, observa o idealizador do projeto.

De acordo com o físico, a bota pode simular parte de um exercício fisioterapêutico, ajudando na circulação e no movimento. A fototerapia está entrando de forma mais robusta na medicina e na fisioterapia. Antes havia certo ceticismo, mas hoje há mais base científica. “A luz interage com o corpo em nível celular, especialmente nas mitocôndrias. Isso influencia processos metabólicos importantes. Hoje já há estudos, inclusive em neurociência, indicando aplicações em doenças degenerativas como Parkinson e Alzheimer. No caso muscular, isso já vem sendo estudado há bastante tempo e funciona bem. Além disso, há liberação de endorfinas, o que ajuda na redução da dor.”

Segundo os cientistas, o equipamento pode ser utilizado no pré e pós-operatório de cirurgias de longa duração, como procedimentos bariátricos e plásticos, ajudando a prevenir complicações como trombose venosa profunda e embolia pulmonar. Na área estética, o dispositivo pode auxiliar no tratamento de condições relacionadas à retenção de líquidos, celulite, linfedema e lipedema, ao estimular a circulação sanguínea e favorecer a oxigenação dos tecidos.

\* Estagiária sob a supervisão de Marcelo Abreu

## HIDROGÊNIO VERDE

# Mudanças climáticas terão pouco impacto em custos

Um estudo global, conduzido por pesquisadores da Universidade do Michigan, nos Estados Unidos, aponta que as mudanças climáticas não devem provocar alterações significativas no custo de produção do hidrogênio verde na maior parte do mundo. Ainda assim, o trabalho indica a necessidade de ampliar em até 20% a capacidade de armazenamento para garantir o fornecimento contínuo. Isso ocorre porque a maior variabilidade das fontes solar e eólica exigirá reservas maiores para equilibrar a oferta de energia.

Publicado na revista *The Innovation*, o estudo explica que o hidrogênio verde é produzido por meio da eletrólise da água, processo que utiliza eletricidade para separar moléculas de água em hidrogênio e oxigênio. Quando essa eletricidade tem origem em fontes, como a solar e a eólica, o combustível é considerado de baixo carbono. Dessa forma, consolida-se como uma alternativa promissora para setores industriais que enfrentam maiores dificuldades no processo de descarbonização.

De acordo com o estudo global, como a produção depende diretamente de recursos naturais, os cientistas investigaram de que maneira as mudanças climáticas podem influenciar a disponibilidade de fontes renováveis e analisaram, a partir disso, os impactos nos custos do hidrogênio. Para isso, os pesquisadores consideraram o recorte de 2000 a 2010 como

período histórico, e o de 2065 a 2075, como intervalo futuro.

## Metodologia

Para realizar essa avaliação, foram utilizados modelos avançados capazes de simular tanto os investimentos quanto a operação de sistemas energéticos em diferentes regiões do planeta. Na metodologia adotada, o principal indicador analisado foi o custo nivelado do hidrogênio (LCOH), que estima o custo total de produção ao longo do tempo. Os resultados mostram que, embora algumas regiões possam registrar aumentos de até 20%, ou variações superiores a 5%, esses casos são pontuais.

De modo geral, os impactos das mudanças climáticas sobre o custo do hidrogênio são considerados moderados. Em algumas regiões, como o Sudeste Asiático e partes da Europa, há, inclusive, expectativa de redução de custos. Isso é favorecido por condições climáticas mais propícias à geração de energia renovável. Já em áreas como a América do Norte, os custos tendem a subir, mas sem comprometer a viabilidade da tecnologia.

Ao detalhar a tecnologia utilizada para chegar às conclusões do estudo, o autor principal, Haochi Wu, explicou ao **Correio** que, “para avaliar os custos e as configurações do hidrogênio verde, construímos um modelo dinâmico de otimização de sistemas — especificamente, um programa linear inteiro misto (MILP). Em vez de nos

Freepik



Pesquisa indica a necessidade de ampliar a capacidade de armazenamento

basearmos em médias de custos simples, nosso modelo simula matematicamente as operações horárias e os investimentos em capacidade de uma instalação completa de hidrogênio verde ao longo de uma vida útil de 25 anos.”

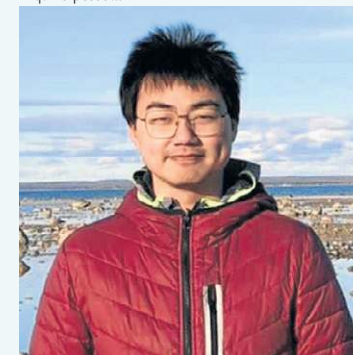
“Acoplamos esse modelo econômico a conjuntos de dados climáticos massivos. Extraímos dados horários históricos e futuros de vento e energia solar de oito modelos climáticos globais de última geração (CMIP6 GCMs). Ao processar esses dados em nosso modelo de otimização, conseguimos determinar as configurações de

menor custo absoluto para painéis solares, turbinas eólicas, eletrolisadores e armazenamento em um nível altamente granular e localizado em todo o globo”, explica Haochi Wu.

Para o pesquisador, a descoberta fundamental do estudo é que, para o financiamento de projetos de hidrogênio a curto prazo, a variabilidade climática natural de ano para ano tem, na verdade, um impacto mais significativo nos custos de produção de hidrogênio do que as mudanças estruturais de longo prazo causadas pelas alterações climáticas. (Rafaela Leite)

## Palavra de especialista

Arquivo pessoal



### “Distinção crucial”

“A variabilidade climática (frequentemente chamada de variabilidade interna) refere-se às flutuações naturais de curto prazo nos padrões climáticos de ano para ano — por exemplo, vivenciar um ano historicamente ventoso seguido por um ano relativamente calmo. A mudança climática refere-se às alterações persistentes, de longo prazo e direcionais nos padrões climáticos globais e nas temperaturas, impulsionadas pelas emissões de gases de efeito estufa. Essa é uma distinção crucial em nosso artigo.”

**Haochi Wu**, pesquisador focado em sistemas de energia sustentável e principal autor do estudo publicado na revista *The Innovation*