

AUTORES:Susana Soares ¹Ricardo Fernandes ¹João Paulo Vilas-Boas ¹

¹ CIFI²D, Faculdade de Desporto
Universidade do Porto, Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.12.02.45>

Banco de nado:

Evolução histórica e novas
tendências de desenvolvimento.

PALAVRAS CHAVE:

Natação. Controlo de treino. Banco de nado.

RESUMO

O banco de nado é um ergómetro utilizado para fins de treino ou avaliação de nadadores. Surgiu em inícios da década de 80 do séc. XX, época determinante na produção científica relevante em natação. A análise cronológica da produção científica com referência ao banco de nado permite compreender a evolução da mecânica do instrumento e da qualidade da avaliação de nadadores em laboratório, principalmente no que se refere à força dos membros superiores. O presente artigo faz a análise histórica do desenvolvimento do banco de nado, tanto no domínio mecânico, quanto no domínio da sua aplicação em estudos experimentais. Apesar do seu já longo historial de uso no domínio da investigação, parece ter ainda um amplo potencial de desenvolvimento. Tal deve-se à alteração da sua estrutura mecânica e eletrónica de suporte e ao alargamento da sua utilização a outras modalidades, como a natação de salvamento e o *surf*. Há ainda indicadores muito recentes e promissores quanto à possibilidade da sua utilização para determinação da eficiência mecânica e propulsiva do nado.

Correspondência: Susana Soares. CIFI²D, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
Rua Dr. Plácido Costa, 91. 4200-450 Porto, Portugal (susana@fade.up.pt)

Swim bench:
Historical evolution
and new tendencies of development.

ABSTRACT

The swim bench is an ergometer used for swimmers evaluation and training. Its use was popularized during the 80's decade of the XX Century, a period of great and relevant scientific production in swimming. The chronological analysis of the scientific literature related to the swim bench allows understanding its mechanical evolution and the quality of the laboratorial evaluation of swimmers, mainly on the upper limbs force production. This manuscript presents the historical analysis of the swim bench evolution, both in mechanical and research domains. Notwithstanding its long history, the swim bench seems to still have a large potential of development, due to the possible changes of its mechanical and electronic structure and to the extension of its use to other sports (eg. lifesaving, and surf). Recent studies also suggest the possibility of its use for the determination of the mechanical and propulsive efficiency in swimming.

KEY WORDS:

Swimming. Training control. Swim bench.

INTRODUÇÃO

O banco de nado surgiu em inícios da década de 80 do séc. XX, época determinante na produção científica relevante em natação. A avaliação de nadadores por via ergométrica, na água, já havia sido tentada em 1966⁽³⁾, mas foi apenas em 1981⁽¹⁾ que surgiu o primeiro dispositivo de avaliação ergométrica de nadadores em laboratório.

O banco de nado (*swim bench*) é um ergómetro utilizado para fins de treino ou avaliação de nadadores. Genericamente, é constituído por um banco inclinado onde os nadadores se colocam horizontalmente, em posição ventral ou dorsal, ficando com parte do tronco fora do mesmo, num espaço suficiente para completar totalmente e de forma confortável os ciclos dos membros superiores das diferentes técnicas de nado.

O banco está ligado a um painel central que dispõe de dois apoios onde os nadadores colocam as mãos, os quais, por sua vez, estão ligadas por meio de cabos a um sistema mecânico constituído por dois carretos. Ainda que os bancos de nado possam ser diferentes entre si, é comum, quanto ao funcionamento, que exista um sensor de força que meça a força gerada pelo nadador, sendo criado um sinal analógico que é posteriormente convertido e processado num microprocessador. Um sensor incremental de posição, em cada cabo dá, ainda, sinais relativos ao comprimento do trajeto dos membros superiores.

A análise cronológica da literatura (Quadro I) produzida com referência ao banco de nado permite analisar a evolução da mecânica do instrumento, a par da evolução das questões científicas relacionadas com a avaliação, em laboratório, da força dos membros superiores de nadadores. É exatamente a análise histórica do desenvolvimento do banco de nado, tanto no domínio mecânico, quanto no domínio da sua aplicação em estudos experimentais, que se encontra expressa no presente artigo.

EVOLUÇÃO HISTÓRICA

DO BANCO DE NADO

A medição da força produzida para superar tarefas específicas e a distância total de cada movimento de nado em laboratório teve por base, na fase inicial do seu desenvolvimento, um movimento de membros superiores de características isocinéticas. Os primeiros bancos de nado obrigavam à premissa de que os movimentos dos membros superiores são realizados sempre à mesma velocidade, uma vez que a resistência oposta ao movimento era acomodada em função da força que ia sendo gerada pelo nadador. Este tipo de bancos é utilizado ainda hoje e o facto da velocidade correspondente a cada movimento ser constante e conhecida permite calcular facilmente o trabalho mecânico [1] e a potência mecânica [2] associados ao esforço despendido:

$$[1] \quad f.d. = N.m = J$$

onde, f : força; d : distância; N : Newtons; m : metros; J : Joules

$$[2] \quad f.d.t^{-1} = J.s^{-1} = W$$

onde, f : força; d : distância; t : tempo; W : Watts

O banco de nado mais popular na natação começou por ser designado *isokinetic swim bench* ⁽³⁴⁾ ou banco isocinético, e não é claro, na literatura, quando e por que motivo passou a ser designado como banco biocinético. Schleihauf (comunicação pessoal, 26 Set 2007) refere que Counsilman criou os nomes para dois dispositivos, mas não documentou os detalhes referentes às diferenças entre os mesmos, provavelmente para manter uma vantagem competitiva comercial. A partir de conversas com Counsilman, Schleihauf pôde concluir que o banco isocinético inicial usava pás frenadas mecanicamente para gerar resistência, enquanto os bancos biocinéticos usavam um gerador eléctrico para o mesmo fim. Ainda de acordo com a opinião de Schleihauf, ambos os bancos são isocinéticos, na sua natureza, mas os biocinéticos constituíram uma segunda série na linha de dispositivos de treino de Counsilman.

Para Swaine (comunicação pessoal, 1 Out 2007), a mudança de nome deu-se por questões de rigor, pelo facto de o banco de nado não ser um dispositivo verdadeiramente isocinético. Swaine explica que o banco funciona por meio da aceleração de um tambor frenado por fricção, o qual demora uma fração de segundo a começar a criar resistência, e, em consequência, a velocidade da ação dos membros superiores altera-se um pouco. De acordo com o autor, aquando da fabricação e comercialização dos primeiros bancos, os fabricantes pensaram que este pormenor não era importante, mas, nos Estados Unidos, vieram a decorrer ações em tribunal contra os mesmos, o que os levou a modificar o nome para banco biocinético. Noutros países, ainda de acordo com a descrição de Swaine, os fabricantes não alteraram o nome do banco, o que pode ter originado descrições do mesmo sob a designação de isocinético.

À parte das questões históricas, atualmente têm sido feitas tentativas de modificação mecânica dos antigos isocinéticos para biocinéticos credíveis. A principal diferença entre os primeiros e os segundos é o reconhecimento de que, no nado real, a ação dos membros superiores não é isocinética. As várias fases que compõem os trajetos motores subaquáticos dos membros superiores decorrem a velocidades diferentes, pelo que um verdadeiro simulador de nado deveria ser capaz de opor, não uma resistência acomodada linearmente à ação dos membros superiores (isocinético), mas uma resistência acomodada às diferentes velocidades que vão sendo produzidas pelo nadador em situação real de nado (biocinético).

O banco de nado foi e continua a ser alvo de diversos estudos, nomeadamente no que se refere à sua utilização como: (i) instrumento de avaliação de nadadores e estimador de *performance*, particularmente no âmbito da resposta mecânica a exercícios de carácter aeróbio; (ii) instrumento de treino; e (iii) instrumento de avaliação e recuperação de nadadores lesionados. No Quadro I encontram-se ordenados cronologicamente todos os estudos da investigação realizados com bancos de nado que se encontram indexados nas bases *Scopus*, *PubMed*, *Sport Discus* e *Web of Knowledge*. A análise do quadro torna clara a preferência da investigação por amostras constituídas por nadadores do sexo masculino e por estudos de âmbito metabólico aeróbio, evidenciando uma carência de conhecimento relativo, quer ao sexo feminino, quer aos processos anaeróbios.

QUADRO 1 — Quadro sinóptico, cronológico, de estudos realizados com banco isocinético/ biocinético.

AUTORES	MODALIDADE	AMOSTRA	OBJETIVO
Armstrong e Davies ⁽¹⁾	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar a capacidade aeróbia máxima e parâmetros cardiorrespiratórios associados de nadadores jovens e comparar os méritos relativos do cicloergómetro, tapete rolante e banco de nado na obtenção destas medidas máximas.
Sharp et al. ⁽³⁶⁾	Natação	Adultos, ambos os sexos	Determinar a relação entre a potência dos membros superiores e a <i>performance</i> no <i>sprint</i> de nado.
Costill et al. ⁽⁴⁾	Natação	-----	Determinar a relação entre a velocidade e a potência em <i>sprint</i> de nado, utilizando o mecanismo do banco de nado para realizar testes de água.
Miyashita e Kanehisa ⁽¹⁹⁾	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar o efeito do treino da força isocinético, isotónico e de nado na <i>performance</i> de nado.
Olbrecht e Clarys ⁽²⁴⁾	Natação	-----	Comparar o padrão de movimento dos membros superiores e inferiores de <i>crol</i> realizados em diferentes ergómetros e em nado livre.
Schleihauf ⁽³⁴⁾	Natação	-----	Discutir a falta de especificidade do banco por comparação com os padrões de nado.
Swaine e Reilly ⁽⁴³⁾	Natação	Adultos, ambos os géneros	Determinar o significado da frequência gestual livremente escolhida pelo nadador na obtenção da máxima velocidade de nado.
Yancher et al. ⁽⁵⁴⁾	Natação	Várias idades, acima da adolescência	Demonstrar a utilidade da pesquisa relacionada com o valor do treino de força e do treino da técnica na natação.
Gehlsen et al. ⁽⁷⁾	-----	Adultos com esclerose múltipla	Quantificar os efeitos de um programa aquático em medidas de força e potência de pacientes com esclerose múltipla.
Gergley et al. ⁽⁸⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a especificidade do treino dos membros superiores na potência aeróbia de nado e da corrida.
Neufer et al. ⁽²¹⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar o efeito da redução do treino na força muscular e <i>endurance</i> de nadadores de competição.

AUTORES	MODALIDADE	AMOSTRA	OBJETIVO
Pluto et al. (26)	-----	Adultos, sexo masculino	Determinar as reações cardiocirculatórias, hormonais e metabólicas a vários testes ergométricos.
Reilly e Bayley (29)	Natação	Jovens, sexo feminino	Determinar a relação entre a potência de curta duração e a <i>performance</i> de nado em <i>sprint</i> em nadadoras jovens do sexo feminino.
Oliver et al. (25)	Natação	Adultos, sexo masculino	Quantificar respostas cardiorrespiratórias e metabólicas agudas a um protocolo de exercício submáximo intervalado realizado em banco de nado.
Ria et al. (30)	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar a potência mecânica em nadadores jovens.
Rohrs et al. (32)	Natação	Adultos, ambos os gêneros	Estabelecer a relação entre 7 testes anaeróbios e a <i>performance</i> de nado.
Takahashi et al. (47)	Natação	Várias idades	Descrever a capacidade, características e desenvolvimento anaeróbio de nadadores de diferentes idades e determinar as alterações do contributo energético anaeróbio com a idade.
Prins et al. (28)	Natação	Jovens, ambos os sexos	Monitorizar as alterações da força e potência musculares durante as últimas 7 semanas da época competitiva usando um banco biocinético.
Roberts et al. (31)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a eficácia do treino biocinético na <i>performance</i> de nado.
McArdle e Reilly (18)	Natação	Jovens, sexo masculino	Examinar o efeito da alteração de parâmetros da ação dos membros superiores no nado de <i>crol</i> .
Sexsmith et al. (35)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar as respostas agudas a exercício intervalado realizado com tubo cirúrgico e banco de nado.
Sexsmith et al. (35)	Natação	Adultos, sexo masculino	Quantificar e comparar as respostas fisiológicas agudas a um protocolo de treino intervalado submáximo.
Takahashi et al. (46)	Natação	Jovens	Desenvolver um teste de terra simples que possa ser usado para medir o perfil anaeróbio de nadadores de competição.
Bradshaw e Hoyle (2)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar correlações entre a potência determinada em terra e o <i>sprint</i> de nado.
Johnson et al. (9)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a potência de nadadores na água e em terra para examinar a correlação com a <i>performance</i> de nado.
Tanaka et al. (48)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar o valor do treino de resistência terrestre na <i>performance</i> no nado de <i>crol</i> .
Lopategui et al. (16)	Natação	-----	Artigo de revisão da avaliação da resposta fisiológica e metabólica de nadadores a exercício terrestre e aquático.
Swaine (37)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a utilidade do banco de nado na resposta fisiológica ao nado simulado e a relação entre esta resposta e a <i>performance</i> aos 400m.
Lopategui et al. (15)	-----	-----	Artigo de revisão da resposta fisiológica e metabólica mediante procedimentos ergométricos em ambiente terrestre e aquático.
Ogita e Taniguchi (23)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar o pico do consumo de oxigénio obtido em banco de nado e em nado só com os membros superiores.
Faria et al. (6)	<i>Cross-country ski</i>	Adultos, sexo masculino	Comparar a resposta a indicadores cardiorrespiratórios a <i>poling</i> clássico e a <i>poling</i> duplo.
Obert et al. (22)	Natação	Pré-púberes, sexo feminino	Determinar o efeito do treino de nado intensivo de longa duração no potencial aeróbio de raparigas pré-púberes.

AUTORES	MODALIDADE	AMOSTRA	OBJETIVO
Swaine ⁽³⁸⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Relacionar a potência crítica obtida em banco de nado com a <i>performance</i> de nado dos 1500m.
Swaine e Zanker ⁽⁴⁵⁾	Natação	Adultos, ambos os géneros	Estabelecer respostas cardiorrespiratórias repetíveis em banco de nado.
Morton e Gastin ⁽²⁰⁾	-----	Pós-púberes, sexo masculino	Determinar o efeito do treino de alta intensidade em plataforma na capacidade anaeróbia do trem superior e na <i>performance</i> em exercícios de curta duração.
Swaine ⁽³⁹⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Comparar a resposta cardiopulmonar ao exercício realizado em banco de nado e em ergómetro de pernas.
Swaine ⁽⁴⁰⁾	Natação	Adultos, ambos os géneros	Comparar a potência de membros superiores lesionados com não lesionados durante a recuperação de lesões usando um teste máximo em banco de nado.
Konstantaki et al. ⁽¹¹⁾	Pólo aquático	Adultos, sexo feminino	Determinar a relação entre as respostas fisiológicas a testes de terra com o jogo de pólo aquático.
Konstantaki e Swaine ⁽¹⁰⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Comparar a resposta láctica e cardiovascular das ações simuladas dos membros superiores e inferiores na técnica de <i>crol</i> .
Konstantaki et al. ⁽¹²⁾	Natação	Jovens, ambos os géneros	Determinar o contributo dos membros superiores e dos membros inferiores em índices de <i>performance</i> selecionados na água e em nado simulado.
Swaine e Doyle ⁽⁴²⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar as relações entre a potência mecânica da ação dos membros superiores e inferiores de <i>crol</i> usando nado amarrado e simulado.
Swaine e Winter ⁽⁴⁴⁾	Natação	Adultos	Comparar a resposta da frequência cardíaca e do consumo de oxigénio de nadadores a um teste incremental realizado com os membros superiores em dois ergómetros distintos.
Vorontsov et al. ⁽⁵²⁾	Natação	Jovens, ambos os géneros	Determinar o efeito da maturação na força de nadadores.
Vorontsov et al. ⁽⁵³⁾	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar o padrão de crescimento de algumas características físicas e funcionais e de algumas habilidades motoras.
Swaine ⁽⁴¹⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a potência dos membros superiores e inferiores usando ergómetro isocinétiico.
Trappe et al. ⁽⁵¹⁾	Natação	Adultos, sexo masculino	Examinar as alterações na função muscular total e nas propriedades contrácteis da fibra isolada em fibras tipo I e II do músculo deltóide de nadadores treinados após redução do volume de treino (<i>taper</i>).
Dawson et al. ⁽⁵⁾	Natação	Jovens, ambos os géneros	Determinar o efeito de 4 semanas de suplementação oral de creatina na <i>performance</i> em <i>sprint</i> de <i>crol</i> e no banco de nado.
Potts et al. ⁽²⁷⁾	Natação	Adultos, ambos os géneros	Determinar desequilíbrios contra laterais na potência dos membros superiores em nadadores saudáveis
Konstantaki et al. ⁽¹³⁾	Natação	Adultos, ambos os géneros	Comparar o consumo de oxigénio obtido em nado livre e em nado simulado.
Lee et al. ⁽¹⁴⁾	Natação	Elite, ambos os géneros	Analisar o tempo e a sequência da rotação do corpo relativamente à ação propulsiva dos membros superiores na técnica de <i>crol</i> .

AUTORES	MODALIDADE	AMOSTRA	OBJETIVO
Rowland et al. ⁽³³⁾	-----	Crianças, nadadores e não ativas	Examinar a dinâmica cardiovascular durante o nado simulado em posição ventral e comparar as respostas entre nadadores e não nadadores.
Tipton et al. ⁽⁴⁹⁾	<i>Surf</i>	Adultos, sexo masculino	Demonstrar que o desempenho no <i>surf</i> implica uma quantidade de experiência quantificável.
Loveless e Minahan ⁽¹⁷⁾	<i>Surf</i>	Adultos, sexo masculino	Estabelecimento de dois protocolos de avaliação fiáveis para determinar a <i>performance</i> máxima da remada.
Zamparo e Swaine ⁽⁵⁵⁾	Natação	Adultos	Desenvolver um ergómetro específico para similar os movimentos da técnica de <i>crol</i> .

Swaine é um dos investigadores de maior referência no âmbito de estudos realizados com o banco biocinético, ainda que vários outros autores ^(5, 20, 22, 23, 27) tenham usado o banco de nado para realizar avaliações no âmbito da natação e de outras formas de exercício com dominância dos membros superiores, como o esqui ⁽⁶⁾. A determinação do valor do uso deste ergómetro passou não só pelos estudos desenvolvidos com desportistas, mas também pela sua comparação com outros dispositivos medidores da força produzida em movimentos dinâmicos ^(1, 26). Armstrong e Davies ⁽¹⁾ observaram que os valores máximos obtidos num teste incremental até à exaustão em banco de nado foram consistentemente mais baixos que os encontrados noutros ergómetros, como o tapete rolante e o cicloergómetro. Pluto et al. ⁽²⁶⁾, controversamente, observaram valores de lactato mais altos e em resposta a um teste de 10min realizado também em tapete rolante e cicloergómetro.

Os benefícios máximos com o treino de força parecem obter-se apenas quando o movimento realizado simula aquele cuja *performance* se está a tentar desenvolver ⁽⁴⁸⁾, aplicando-se o mesmo princípio quando se trata de avaliação da *performance*. Isto é algo que o banco de nado parece não conseguir na sua plenitude, nomeadamente no que se refere ao nado completo, sendo esta uma das principais limitações que Schleihauf ⁽³⁴⁾ apontou num estudo de reflexão teórica relativa à biomecânica do nado. Konstantaki et al. ⁽¹³⁾ puderam perceber também que o consumo máximo de oxigénio observado em resposta a nado simulado era inferior ao observado no nado real, quando a totalidade do corpo (membros superiores e inferiores) era utilizada, tendo concluído que a simulação perfeita do nado em laboratório, usando o banco de nado, ainda encontra limitações. Ainda assim, a literatura deixa antever a ideia de que o banco de nado é o melhor ergómetro terrestre para treino e avaliação da força e da potência da ação dos membros superiores de nadadores, nomeadamente por comparação com ergómetros de braços de funcionamento rotacional (*crank ergometers*).

O desenho dos primeiros bancos de nado assentava em movimentos retilíneos, dirigidos da frente para trás, num trajeto que, em nado, é justificado pela teoria do arrasto propulsivo ⁽³⁴⁾, assente na Lei da ação-reação de Newton. As teorias explicativas da propulsão

dos nadadores, nomeadamente a teoria do *aerofoil* e a teoria dos vórtices, alvo de avanços e descobertas em inícios do século XXI ⁽⁵⁰⁾, colocaram, contudo, o acento tónico do deslocamento do nadador em movimentos dos membros superiores diagonais, em relação à direção de deslocamento do nadador, com mudanças mais ou menos bruscas de direção. O papel das mudanças de direção do segmento propulsivo foi ganhando preponderância ao longo dos tempos e os movimentos de remada passaram a ser considerados como participantes na produção de força propulsiva capaz de propulsionar o corpo do nadador na direção de nado. Eram exatamente os movimentos de remada e os movimentos diagonais, que não se conseguiam e, efetivamente, ainda não se conseguem, reproduzir nos bancos de nado. Esta limitação foi confirmada por Olbrecht e Clarys ⁽²⁴⁾, que perceberam diferenças importantes no traçado eletromiográfico dos músculos responsáveis pela produção do movimento dos membros superiores realizado em banco de nado e no nado.

A revisão da literatura relativa ao uso de bancos de nado na investigação científica permitiu diagnosticar um claro domínio de estudos realizados com amostras de nadadores adultos e jovens, do sexo masculino e utilizando protocolos de esforço de claro domínio aeróbio. Os poucos estudos com foco em esforços de tipo anaeróbio orientaram-se para a determinação do efeito do banco enquanto instrumento de treino ⁽²⁰⁾ e para a determinação da potência associada aos movimentos quer dos membros superiores, quer dos membros inferiores ⁽⁴¹⁾. Enquanto instrumento de treino, Morton e Gatin ⁽²⁰⁾ puderam comprovar o efeito positivo de 5 semanas de treino de alta intensidade realizado em banco de nado no sistema energético anaeróbio e na *performance* associada a exercícios de elevada intensidade e curta duração. Estes autores determinaram também o estado de desenvolvimento maturacional dos nadadores que avaliaram, referindo-os claramente enquanto pós-púberes, algo que não é frequente na literatura não relacionada com preocupações relativas à maturação humana.

Swaine ⁽⁴¹⁾ apenas pôde observar valores superiores de potência nos membros inferiores, comparativamente com os membros superiores, usando um esforço máximo de 30s de nado simulado. Infelizmente, dos estudos que tivemos a oportunidade de rever, apenas Takahashi et al. ⁽⁴⁷⁾ incluíram o banco de nado num estudo da potência anaeróbia de nadadores de grupos de idades, onde se incluíam crianças pré e peri-púberes, observando um contributo energético anaeróbio inferior antes dos 13.5 anos, que a capacidade anaeróbia se desenvolve paralelamente ao aumento da área muscular durante o crescimento e que as alterações na capacidade anaeróbia afetam a prestação de nado. Obert et al. ⁽²²⁾ também estudaram crianças pré-púberes, mas para avaliar a resposta aeróbia ao esforço de nadadoras e Armstrong e Davies ⁽¹⁾ realizaram uma análise ergométrica de rapazes pré-púberes, mas também baseada em parâmetros aeróbios. Amostras do sexo feminino ou de ambos os sexos, em estudos da *performance* anaeróbia, foram utilizadas apenas e respetivamente por Reilly e Bayley ⁽²⁹⁾ e por Rohrs et al. ⁽³²⁾.

Apenas a título de síntese, pudemos observar que a investigação realizada com ergómetro simulador de nado fora do âmbito anaeróbio permitiu concluir que os valores de resposta ao esforço de vários indicadores de funcionalidade aeróbia (por ex: consumo máximo de oxigénio, volume expiratório, frequência cardíaca, lactatemia) são inferiores, para adultos, aos obtidos noutros ergómetros, tais como o tapete rolante e o cicloergómetro^(1, 26, 43). Os valores mais elevados foram encontrados em tapete rolante. Valores inferiores foram ainda obtidos quando o banco de nado foi aerobiamente comparado com o nado só com os membros superiores em ergómetro de água⁽²³⁾.

Dois dos três estudos mais recentes com recurso ao banco de nado foram desenvolvidos, não com nadadores, mas com nadadores-salvadores⁽⁴⁹⁾ e surfistas⁽¹⁷⁾, o que mostra a necessidade de continuar a investir no seu desenvolvimento mecânico, nomeadamente com vista à avaliação de padrões de movimento e respetivos efeitos fisiológicos distintos dos da natação. O terceiro estudo⁽⁵⁵⁾ pode considerar-se verdadeiramente revolucionário, uma vez que alia um audaz desenvolvimento mecânico (estrutura que permite medir, simultaneamente, as ações dos membros superiores e dos membros inferiores no nado simulado da técnica de *crol*) à aparentemente primeira tentativa de medir eficiência mecânica e propulsiva em condições laboratoriais. A partir do nado simulado e de estimativas várias, baseadas em resultados da literatura, Zamparo e Swaine⁽⁵⁵⁾ sugeriram que a eficiência total e a eficiência propulsiva possam ter sido, respetivamente, sub e sobrestimadas. Com este estudo, o banco de nado aparece com uma nova valência, o que abre declaradamente caminho a novas possibilidades de investigação.

CONCLUSÕES

O banco de nado, apesar do seu já longo historial de uso no domínio da investigação, parece ter ainda um espaço amplo de desenvolvimento. Tal deve-se à alteração da sua estrutura mecânica e eletrónica de suporte, nomeadamente a sua otimização enquanto banco biocinético, e à possibilidade de medição, simultânea, da totalidade das ações de nado. A sua utilização enquanto instrumento de avaliação de nadadores e meio para estimar a *performance* parece estar a estender-se a outros movimentos, como a natação de salvamento e o *surf*. Contrariamente, o seu uso enquanto instrumento de avaliação da resposta mecânica a exercícios de carácter anaeróbio continua premente, tal como uma mais evidente utilização enquanto instrumento de avaliação e recuperação de nadadores lesionados. A sua utilização muito recente para determinação da eficiência mecânica e propulsiva do nado parece ser um indicador de promissores desenvolvimentos da investigação com suporte neste ergómetro simulador de nado.

1. Armstrong N, Davies B (1981). An ergometric analysis of age group swimmers. *Br J Sports Med* 15: 20-26.
2. Bradshaw A, Hoyle J (1993). Correlation between sprinting and dry land power. *J Swimming Research* 9: 15-18.
3. Costill DL (1966). Use of a swimming ergometer in physiological research. *Res Q* 37: 564-567.
4. Costill DL, Douglas SK, Holdren A, Hargreaves M (1983). Sprint speed vs. swimming power. *Swimming Technique* 20: 20-22.
5. Dawson B, Vladich T, Blanksby BA (2002). Effects of 4 weeks of creatine supplementation in junior swimmers on freestyle sprint and swim bench performance. *J Strength Cond Res* 16: 485-490.
6. Faria IE, Faria EW, Parker D (1996). Metabolic and ventilatory response to cross-country skiing classical and double arm poling exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 36: 1-6.
7. Gehlsen GM, Grigsby SA, Winant DM (1984). Effects of an aquatic fitness program on the muscular strength and endurance of patients with multiple sclerosis. *Phys Ther* 64: 653-657.
8. Gergley TJ, McArdle WD, DeJesus P, Toner MM, Jacobowitz S, Spina RJ (1984). Specificity of arm training on aerobic power during swimming and running. *Med Sci Sports Exerc* 16: 349-354.
9. Johnson RE, Sharp RL, Hedrick CE (1993). Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: A multiple Regression Approach. *J Swimming Research* 9: 10-14.
10. Konstantaki M, Swaine IL (1999). Lactate and cardiopulmonary responses to simulated arm-pulling and leg-kicking in collegiate and recreational swimmers. *Int J Sports Med* 20: 118-121.
11. Konstantaki M, Trowbridge EA, Swaine IL (1998). The relationship between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo. *J Sports Sci* 16: 251-256.
12. Konstantaki M, Winter EM, Swaine IL (1999) The effects of arms-or-legs-only training on indices of swimming performance and dry-land endurance in swimmers. In: Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. Jyvaskyla, Finland: University of Jyvaskyla: 391-395.
13. Konstantaki M, Winter EM, Swaine IL (2004). Peak Oxygen Uptake Responses to Free and Simulated Swimming Using Different Body Segments. *J Swimming Research*: 18.
14. Lee J, Mellifont R, Winstanley J, Burkett B (2008). Body roll in simulated freestyle swimming. *Int J Sports Med* 29: 569-573.
15. Lopategui E, Soler RL, Rivera MA (1995). La evaluación de la respuesta fisiológica y metabólica mediante procedimientos ergométricos: ambiente aire vs ambiente agua. *Archivos de Medicina del Deporte XII*: 29-38.
16. Lopategui EC, Soler RL, Rivera MAP (1994). Physiological and metabolic responses of competitive swimmers during exercise in air and water environments. *PR Health Sci J* 13: 133-141.
17. Loveless DJ, Minahan C (2010). Two reliable protocols for assessing maximal-paddling performance in surfboard riders. *J Sports Sci* 28: 797-803.
18. McArdle D, Reilly T (1991) Consequences of altering stroke parameters in front crawl swimming and its simulation. In: MacLaren D, Reilly T, Lees A (eds), *Proceedings of The VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. Liverpool, England: E & F Spon: 125-130.
19. Miyashita M, Kanehisa H (1983) Effects of isokinetic, isotonic and swim training on swimming performance. In: Hollander P, Huijting PA, de Groot G (eds), *Proceedings of the IV International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. Amsterdam, Netherlands: Human kinetics Publishers, Inc.: 329-334.
20. Morton DP, Gastin PB (1997). Effect of high intensity board training on upper body anaerobic capacity and short-lasting exercise performance. *Aust J Sci Med Sport* 29: 17-21.

21. Neuffer PD, Costill DL, Fielding RA, Flynn MG, Ki-rwan JP (1987). Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 19: 486-490.
22. Obert P, Courteix D, Lecoq AM, Guenon P (1996). Effect of long-term intense swimming training on the upper body peak oxygen uptake of prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 73: 136-143.
23. Ogita F, Taniguchi S (1995). The comparison of peak oxygen uptake between swim-bench exercise and arm stroke. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 71: 295-300.
24. Olbrecht J, Clarys JP (1983) EMG of specific strength training exercises for the front crawl. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing, Groot Gd (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming IV*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers: 137-141.
25. Oliver ML, Sexsmith JR, Johnson JM (1989). Relationships between work, cardiorespiratory, and metabolic variables during a biokinetic swim bench interval exercise protocol. *J Swimming Research* 5: 9-13.
26. Pluto R, Cruze SA, Weiss M, Hotz T, Mandel P, Weicker H (1988). Cardiocirculatory, hormonal, and metabolic reactions to various forms of ergometric tests. *Int J Sports Med* 9: S79-88.
27. Potts AD, Charlton JE, Smith HM (2002). Bilateral arm power imbalance in swim bench exercise to exhaustion. *J Sports Sci* 20: 975-979.
28. Prins JH, Lally DA, Maes KE, Uno J, Hartung GH (1991) Changes in peak force and work in competitive swimmers during training and taper as tested on a biokinetic swimming bench. In: Cameron JM (ed), *Aquatic Sports Medicine*: Farrand Press, London: 80-88.
29. Reilly T, Bayley K (1988). The relation between short-term power output and sprint performance of young female swimmers. *Journal of Human Movement Studies* 14: 19-29.
30. Ria B, Falgairrette G, Robert A (1990). Assessment of the mechanical power in the young swimmer. *J Swimming Research* 6: 11-15.
31. Roberts AJ, Termin B, Reilly MF, Pendergast DR (1991). Effectiveness of biokinetic training on swimming performance in collegiate swimmers. *J Swimming Research* 7: 5-11.
32. Rohrs DM, Mayhew JL, Arabas C, Shelton M (1990). The relationship between seven anaerobic tests and swim performance. *J Swimming Research* 6: 15-19.
33. Rowland T, Bougault V, Walther G, Nottin S, Vinett A, Obert P (2009). Cardiac responses to swim bench exercise in age-group swimmers and non-athletic children. *J Sci Med Sport* 12: 266-272.
34. Schleihau RE (1983) Specificity of strenght training in swimming: a biomechanical viewpoint. In: Nelson RC, Morehouse CA (eds), *Proceedings of the Fourth International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. Amsterdam, Netherlands: Human Kinetics Publishers, Inc., Champaign, Illinois: 184-191.
35. Sexsmith JR, Oliver ML, Johnson-Bos JM (1992). Acute responses to surgical tubing and biokinetic swim bench interval exercise. *J Swimming Research* 8: 5-10
36. Sharp RL, Troup JP, Costill DL (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med Sci Sports Exerc* 14: 53-56.
37. Swaine IL (1994). The relationship between physiological variables from a swim bench ramp test and middle-distance swimming. *J Swimming research* 10: 41-48.
38. Swaine IL (1996) The relationship between 1500 m swimming performance and critical power using an isokinetic swim bench. In: Troup JP, Hollander AP, Strasse D et al (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. London: E & FN Spon: 229-233.
39. Swaine IL (1997). Cardiopulmonary responses to exercise in swimmer using a swim bench and a leg-kicking ergometer. *Int J Sports Med* 18: 359-362
40. Swaine IL (1997). Time course of changes in bilateral arm power of swimmers during recovery from injury using a swim bench. *Br J Sports Med* 31: 213-216.
41. Swaine IL (2000). Arm and leg power output in swimmers during simulated swimming. *Med Sci Sports Exerc* 32: 1288-1292.
42. Swaine IL, Doyle G (1999) Relationships between the mean arm-pulling and leg-kicking power output of semi-tethered and simulated front crawl swimming. In: Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. Jyvaskyla: University of Jyvaskyla: 363-368.

43. Swaine IL, Reilly T (1983). The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on a bio-kinetic swim bench. *Med Sci Sports Exerc* 15: 370-375
44. Swaine IL, Winter EM (1999). Comparison of cardio-pulmonary responses to two types of dry-land upper-body exercise testing modes in competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80: 588-590.
45. Swaine IL, Zanker CL (1996). The reproducibility of cardiopulmonary responses to exercise using a swim bench. *Int J Sports Med* 17: 140-144.
46. Takahashi S, Bone M, Cappaert JM, Barzdukas A, D'Acquisto L, Hollander AP, Troup JP (1992) Validation of a dryland swimming specific measurement of anaerobic power. In: Reilly T, MacLaren D (eds), *Proceedings of The VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. Liverpool, England: E & FN Spon.
47. Takahashi S, Bone M, Spry S, Trappe S, Troup JP (1992) Differences in the anaerobic power of age group swimmers. In: Reilly T, MacLaren D (eds), *Proceedings of The VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. Liverpool, England: E & FN Spon: 289-294.
48. Tanaka H, Costill DL, Thomas R, Fink WJ, Widrick JJ (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952-959.
49. Tipton M, Reilly T, Rees A, Spray G, Golden F (2008). Swimming performance in surf: the influence of experience. *Int J Sports Med* 29: 895-898
50. Toussaint HM, Van Den Berg C, Beek WJ (2002). "Pumped-up propulsion": during front crawl swimming. *Med Sci Sports Exerc* 34: 314-319.
51. Trappe S, Costill D, Thomas R (2000). Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. *Med Sci Sports Exerc* 32: 48-56.
52. Vorontsov AR, Binevsky DA, Filonov AY, Korobova EA (1999) The impact of individuals' maturity upon strength in young swimmers. In: Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. Jyvaskyla: University of Jyvaskyla: 321-326.
53. Vorontsov AR, Dyrco VV, Binevsky DA, Solomatin VR, Sidorov NN (1999) Patterns of growth for some characteristics of physical development, functional and motor abilities in Boy-swimmers 11-18 years. In: Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. Jyvaskyla: University of Jyvaskyla: 327-335.
54. Yancher R, Larsen O, Baer C (1983). Power and velocity relationships in swimming. Technique might be more important than power when looking for increases in race velocity. *Swimming technique* 19: 16-18.
55. Zamparo P, Swaine IL (2012). Mechanical and propelling efficiency in swimming derived from exercise using a laboratory-based whole-body swimming ergometer. *J Appl Physiol* 113: 584-594.