UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO

Tarine Botta de Arruda

**Proposta de um modelo híbrido de potencialização pós-ativação para melhora do
desempenho de nadadores velocistas**

Ribeirão Preto

2018

TARINE BOTTA DE ARRUDA

Proposta de um modelo híbrido de potencialização pós-ativação para melhora do desempenho de nadadores velocistas

Versão original

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestra em Ciências, Programa de Pós-Graduação Educação Física e Esporte.

Área de Concentração: Atividade Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti

Ribeirão Preto

2018

Autorizo a divulgação parcial ou total deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo ou pesquisa, desde que citada a fonte.

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

FICHA CATALOGRAFICA

Botta de Arruda, Tarine

Proposta de um modelo híbrido de potencialização pós-ativação para melhora do desempenho de nadadores velocistas/ Tarine Botta de Arruda – Ribeirão Preto: [s.n.], 2018. iv, 79p.

Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti

1. Potencialização pós-ativação 2. Biomecânica 3. Fisiologia 4. Fadiga Muscular
5. Ciência do Esporte 6. Natação I. Proposta de um modelo híbrido de
potencialização pós-ativação para melhora do desempenho de nadadores velocistas

ARRUDA, T.B. Proposta de um modelo híbrido de potencialização pós-ativação para melhora do desempenho de nadadores velocistas. 2018. 79p. Dissertação (Mestrado em Educação Física e Esporte) – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2018

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento _____

Dedicatória

Em mais uma etapa de construção da minha vida acadêmica, dedico-a ao alicerce que me sustenta, me dá forças e sentido para continuar subindo todos os dias em busca da minha cobertura. A este que é baseado em minha família e meus amigos de garra e de coração.

Agradecimentos

Ensaiei horas tentando encontrar um singelo agradecimento e sem muitas delongas, mas que ao mesmo tempo pudesse ser fora dos padrões. Afinal, sentir o último suspiro, na última palavra desse documento e relembrar cada dia passado dentro desse laboratório, sentada nesse mesmo canto, tomando do mesmo café e rodeada de pessoas incríveis que contribuíram significativamente para o meu crescimento pessoal, não poderiam receber qualquer agradecimento.

Nesse exato momento sou só eu e esse documento, essas pessoas não se encontram aqui. Muitos estão com suas famílias, outros em suas casas assistindo sua série favorita, alguns curtindo com a galera o feriado e com esperança que eu apareça ou até mesmo trabalhando. Mas eu me encontro aqui, me encontro aqui por vocês e por todos aqueles que passaram pelo meu caminho e depositaram confiança, fé, esperança, alegria, motivação e tantas outras coisas boas para que eu pudesse chegar nesse andar e construí-lo com a ajuda de vocês foi muito gratificante. Eu agradeço a cada um pela paciência, pela ajuda e pelo incentivo. Agradeço pela sinceridade e pela lealdade, pelos momentos de estresse ou brigas e pelas reconciliações, pelo companheirismo, broncas e conselhos. Quantas vezes tivemos momentos de crises e incertezas e estávamos sempre um ao lado do outro e tudo se resolvia numa mesa de bar – o Marcão era a válvula de escape para os dias bons e para os dias ruins (que bom que a maioria foram dias bons, rs) – até as festas de rep ou bares da USP não são os mesmos sem vocês. Agradeço àqueles que mesmo distantes conseguem transmitir uma energia positiva incomparável – tenho saudades de vocês por perto todos os dias. Agradeço por serem assim, seres humanos, cada um do seu jeito e por terem me dado a oportunidade de conhecê-los. Talvez alguns não tão próximos, mas cada um sabe a gratidão que levo por terem vocês comigo.

Muito obrigada a todos que fizeram parte dessa trajetória, por contribuir de alguma maneira nesse trabalho e por serem meus vetores.

Espero que se encontrem nessas frases e conheçam o sentido de reciprocidade.

“ Gecifex: mais que um lab, uma rep! ”

“ Toda mudança acontece a partir do reconhecimento de uma necessidade de mudança e da coragem de recusar o óbvio”

(CARNEIRO, 2017)

SUMÁRIO

APOIO FINANCEIRO	I
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	II
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Desempenho em natação e seus fatores determinantes.....	3
2.1.1. Parâmetros fisiológicos em provas curtas na natação.....	3
2.1.2. Parâmetros biomecânicos em provas curtas na natação	4
2.1.3. Aquecimento na competição.....	5
2.2. Potencialização pós ativação.....	6
2.2.1.Mecanismos fisiológicos da Potencialização pós ativação.....	7
2.2.2.Potencialização pós ativação e desempenho na natação	8
2.3. Enquadramento do problema	9
3. OBJETIVOS.....	9
3.1. Objetivo específicos	9
4. MÉTODOS	10
5. RESULTADOS	32
6. DISCUSSÃO.....	51
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
8. REFERÊNCIAS.....	56

APOIO FINANCEIRO

A presente dissertação de mestrado e todos os estudos vinculados a este projeto de pesquisa tiveram o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo: 2016/10029-4

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

PPA = potencialização pós ativação

RM = repetições máximas

NB = número de braçadas

FB = frequência de braçadas

CB = comprimento de braçadas

IB = índice de braçada

CM = centro de massa

AC = atividade condicionante

CIVM = contração isométrica voluntária máxima

TI = twitch interpolation

P1 = protocolo 1

P2 = protocolo 2

P3 = protocolo 3

P4 = protocolo 4

30NA = esforço máximo de 30 segundos em nado atado

I.Ind = intervalo individual

SH = salto horizontal

AM = arremesso de *medicineball*

TSmi = *twitch superimposed* do membro inferior

TPmi = *twitch potentiation* do membro inferior

FMmi = força média do membro inferior

%AV = porcentagem de ativação voluntária

TPms = *twitch potentiation* do membro superior

FPms = força pico do membro superior

FMms = força média do membro superior

DM = distância de mergulho

TV = tempo de voo

VHQ = velocidade média horizontal do quadril

AS = ângulo de saída

AE = ângulo de entrada

SB = tempo de saída do bloco

VAJ = velocidade angular do joelho

T5 = tempo nos cinco metros

T15 = tempo nos quinze metros

FP_{NA} = força pico no nado atado

FM_{NA} = força média no nado atado

IMP_{NA} = impulso no nado atado

IF_{NA} = índice de fadiga no nado atado

NB25 = número de braçada nos 25 metros

NB50 = número de braçada nos 50 metros

FB25 = frequência de braçada nos 25 metros

FB50 = frequência de braçada nos 50 metros

CB25 = comprimento de braçada nos 25 metros

CB50 = comprimento de braçada nos 50 metros

IB25 = índice de braçada nos 25 metros

IB50 = índice de braçada nos 50 metros

Tvirada = tempo de virada

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características antropométricas e físicas dos participantes.....	13
TABELA 2a. Valores em média e desvio padrão dos parâmetros provenientes do 30NA e parâmetros neuromusculares pré e pós o esforço. Representação da diferença entre os momentos de avaliação ($\Delta\%$ NA).	38
TABELA 2b. Valores de r referentes às correlações entre as variáveis dos 30NA e a $\Delta\%$ NA dos parâmetros neuromusculares.	39
TABELA 3. Valores média e desvio padrão dos parâmetros neuromusculares nos momentos pré, intervalo individual e pós 50m nado crawl nos diferentes protocolos.	41
TABELA 4. Valores em média e desvio padrão dos parâmetros mecânicos na saída do bloco, nado limpo e virada nos diferentes protocolos.	46
TABELA 5. Tamanho do efeito sobre os parâmetros biomecânicos de saída do bloco, nado limpo e virada nos diferentes protocolos.	47
TABELA 6. Média e desvio padrão das variáveis tempo e velocidade de nado nas distâncias 5m, 15m, 25m e 50m referente ao esforço de 50m nado crawl.	49

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Feedback do comportamento de força durante contração isométrica voluntária máxima.	15
FIGURA 2. Descrição dos exercícios utilizados durante aquecimento na água.	17
FIGURA 3. Delineamento Experimental. AC: atividade condicionante; RM: repetições máximas; 30NA: 30segundos em nado atado; P2: protocolo2; P3: protocolo3; P4: protocolo4; SH: salto horizontal; AM: arremesso de medicine ball.	18
FIGURA 4. Ilustração das posições iniciais e finais das atividades condicionantes utilizadas nos diferentes protocolos. a. Afundo; b. Barra fixa; c. Salto no caixote.	20
FIGURA 5. Ergômetro utilizado para avaliação da contração isométrica voluntária máxima e twitch interpolation.	21
FIGURA 6. Sinais adquirido pelo sistema de aquisição de dados durante a determinação do limiar de eletroestimulação no músculo vasto lateral (A) e limiar de co-contração no músculo tríceps braquial (B).	23
FIGURA 7. Comportamento dos níveis de força durante contração isométrica voluntária máxima. (A = membro inferior; B = membro superior) e suas respectivas variáveis.	24
FIGURA 8. Ilustração das posições iniciais para salto horizontal (a) e arremesso de medicineball (b).	26
FIGURA 9. Desenho esquemático do posicionamento do nadador e dos equipamentos utilizados para a mensuração da força durante o esforço máximo de 30 segundos em nado atado.	27
FIGURA 10. Esquema do posicionamento das câmeras e marcações para análise das variáveis provenientes da saída do bloco, nado limpo e viradas.....	28
FIGURA 11. Posição do aparato de calibração para análise da saída do bloco.	30
FIGURA 12. Aparato utilizado no momento de sinal para partida da saída do bloco.	31

FIGURA 13. Marcação dos pontos das articulações de interesse para determinação dos parâmetros mecânicos no momento da saída do bloco.	32
FIGURA 14. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros neuromusculares na situação pré e nos minutos correspondentes ao intervalo individual. *diferenças encontradas referentes ao P2 em relação ao pré. #diferenças encontradas em referentes ao P3 em relação ao pré; †diferenças encontradas referentes ao P4 em relação ao pré.	35
FIGURA 15. Valores de média e desvio padrão das avaliações salto horizontal e arremesso de medicineball na situação pré e nos minutos correspondentes ao intervalo individual.	36
FIGURA 16. Alterações em relação ao melhor intervalo individual entre os protocolos de PPA. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante.	37
FIGURA 17. Alterações dos parâmetros neuromusculares em relação ao protocolo 2. A. avaliação pré. B. Avaliação no momento de intervalo individual e C. avaliação após 50m nado crawl. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante.....	42
FIGURA 18. Alterações dos parâmetros neuromusculares em relação ao protocolo 3. A. avaliação pré. B. Avaliação no momento de intervalo individual e C. avaliação após 50m nado crawl. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante.	43
FIGURA 19. Alterações dos parâmetros neuromusculares em relação ao protocolo 4. A. avaliação pré. B. Avaliação no momento de intervalo individual e C. avaliação após 50m nado crawl. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante.	44
FIGURA 20. Alterações na velocidade de nado das distâncias 0, 5m, 15m, 25m e 50m durante o desempenho 50m nado crawl nos diferentes protocolos. Protocolo 2: 5m = 1/9/90 [provável positivo], 15m = 0/100/0 [mais provável trivial], 25m = 0/98/2 [muito provável trivial], 50m = 54/46/0 [possível negativo]; Protocolo 3: 5m = 0/35/65 [provável positivo], 15m = 52/48/0 [possível negativo], 25m = 62/38/0 [possível negativo], 50m = 86/14/0 [provável negativo]; Protocolo 4: 5m = 1/7/92 [provável positivo], 15m = 0/63/37 [possível trivial], 25m = 0/100/0 [mais provável trivial], 50m = 32/68/0 [possível trivial].	48

FIGURA 21. Alterações no tempo de nado das distâncias 0, 5m, 15m, 25m e 50m, tempo de reação (TR) e tempo de voo (TV) durante o desempenho 50m nado crawl nos diferentes protocolos. Protocolo 2: TR = 70/30/0 [possível negativo], TV = 1/5/94 [provável positivo], 5m = 91/8/1 [provável negativo], 15m = 0/100/0 [mais provável trivial], 25m = 0/100/0 [mais provável trivial], 50m = 0/50/50 [possível trivial]; Protocolo 3: TR = 0/100/0 [mais provável trivial], TV = 0/15/85 [provável positivo], 5m = 85/15/0 [provável negativo], 15m = 0/37/63 [possível positivo], 25m = 0/35/65 [possível positivo], 50m = 0/14/86 [provável positivo]; Protocolo 4: TR = 0/100/0 [mais provável trivial], TV = 0/14/86 [provável positivo], 5m = 93/6/1 [provável negativo], 15m = 21/79/0 [possível trivial], 25m = 0/100/0 [mais provável trivial], 50m = 0/67/33 [possível trivial].

.....50

RESUMO

Tradicionalmente na natação, os protocolos de aquecimento são aplicados em elevado volume e intensidade moderada. Entretanto, evidências demonstram que a utilização de esforços com elevada intensidade, principalmente exercícios que envolvem o desenvolvimento de força, podem trazer algum benefício ao nadador, efeito reconhecido como potencialização pós-ativação (PPA). Com isso, o objetivo do presente estudo foi propor um modelo híbrido para a PPA a fim de melhorar o desempenho na natação e verificar as respostas neuromusculares e parâmetros mecânicos em relação à PPA. Para isso, 13 nadadores realizaram quatro protocolos de PPA seguidos por um desempenho máximo de 50m. No primeiro protocolo (P1) os participantes realizaram um aquecimento convencional. No segundo protocolo (P2), os nadadores foram submetidos a exercício de "afundo", no terceiro (P3) realizaram esforços na barra fixa e saltos sobre o caixote e no quarto protocolo (P4), os nadadores foram submetidos ao protocolo híbrido, constituído pelos exercícios tanto do segundo como do terceiro protocolo. Os protocolos de PPA não apresentaram efeito sobre o aquecimento convencional. Porém, o P2 ($27,01 \pm 1,25$ s) foi o que manteve o mesmo desempenho do P1 ($27,01 \pm 1,18$ s) e apresentou melhoras nos parâmetros mecânicos da saída do bloco em relação aos outros protocolos. Ainda, o tempo de virada também apresentou efeito positivo, principalmente no P3 ($3,12 \pm 0,28$ s) o que sinaliza a melhora dessa variável em todos os protocolos. Os valores de força pico ($300,95 \pm 53,11$ N) e força média ($258,04 \pm 51,89$ N) para os membros superiores apresentaram uma possível chance positiva de aumento somente no intervalo individual do P4 e para membros inferiores todos os protocolos apresentaram um possível efeito positivo na porcentagem de ativação voluntária em relação ao aquecimento convencional. Pode-se concluir que os protocolos propostos não foram eficientes para melhora do desempenho nos 50m nado crawl em relação ao modelo convencional.

Palavras-chave: Natação. Biomecânica. Fisiologia. Fadiga Muscular. Ciência do Esporte.

ABSTRACT

Traditionally in swimming the warm-up protocols are applying in a high volume and moderate intensity. However, evidences show that the utilization of efforts with high intensity, mainly with trainings that involves the force development, can bring some benefit to the swimmer, effect known as post-activation potentiation (PAP). Thereby, the objective of the present study was to propose a hybrid model for PAP in order to improves swimming performance and verify neuromuscular responses and mechanical parameters in relation to PAP. For this, 13 swimmers performed four PAP protocols followed by a maximum performance of 50m. In the first protocol (P1) the participants performed a conventional warm-up. In the second protocol (P2) the swimmers of submitted to lunge exercise, in the third (P3) they made efforts in the pull-up and box jumps on the and, in the fourth protocol (P4), the swimmers were submitted to the hybrid model, using the second and the third protocol exercises. The PAP protocols had no effect on standard warm-up. However, the P2 ($27,01 \pm 1,25$ s) was the one that maintained the same performance of P1 ($27,01 \pm 1,18$ s) and presented improvements in the mechanical parameters of the block exit in relation to the other protocols. Still, the turn time also had a positive effect, mainly in P3 ($3,12 \pm 0,28$ s) which shows the improvement of this variable in all protocols. The values of peak strength ($258,04 \pm 51,89$ N) for the upper limbs showed a possible positive chance of increase only in the individual P4 interval and for all lower limbs of voluntary activation in relation to standard warming up. In conclusion, the proposed protocols were not efficient for performance improvement at 50-m free swim compared to the standard model.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho em provas de curta duração na natação pode ser determinado pela combinação de uma boa habilidade do nado e maior velocidade de acessar as vias energéticas durante o esforço (MIYASHITA, 1996). Pela importância das variáveis fisiológicas e mecânicas que constituem os eventos de natação, o aquecimento específico antes de uma prova parece ser um fator determinante no desempenho (BISHOP, DAVID, 2003; CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS; ARELLANO, 2015; GIROLD et al., 2007; HANCOCK; SPARKS; KULLMAN, 2015). Este pode ser definido como uma preparação do organismo a esforços vigorosos a partir de um conjunto de atividades que tem como intuito a prevenção de lesões (WOODS; BISHOP; JONES, 2007), elevar a temperatura corporal (BISHOP, DAVID, 2003) e aumentar tanto o fluxo sanguíneo como a distribuição de oxigênio nos músculos ativos (BURNLEY; DAVISON; BAKER, 2011; MCCUTCHEON; GEOR; HINCHCLIFF, 1999; PEARSON et al., 2010). Além disso, o aquecimento também pode levar a um aumento da mobilidade articular e a melhora da coordenação motora (SMITH, 1994). Portanto, diferentes modelos de aquecimento são propostos antes de uma prova de natação (BISHOP, DAVID, 2003; GIROLD et al., 2007). Frequentemente são compostos por aproximadamente 1000 a 1500m de nados com moderada intensidade intercalados com breves estímulos em alta intensidade, normalmente realizados com os estilos de nados que serão utilizados na competição (KILDUFF et al., 2011). Contudo, um modelo de aquecimento não convencional, com estímulos de alta intensidade e curta duração chamado de potencialização pós-ativação (PPA) tem sido utilizado em natação. A PPA é caracterizada por contrações voluntárias prévias da musculatura solicitada na tarefa de interesse, com o objetivo de estimular alterações neuromusculares e fisiológicas de curto prazo. Esses estímulos geram um estresse inicial onde os músculos entram em um breve estado de “fadiga”, seguido por uma posterior potencialização (HODGSON; DOCHERTY; ZEHR, 2008; RASSIER; MACINTOSH, 2000), fornecendo uma “janela de oportunidade”, o qual pode ter um efeito ergogênico benéfico para melhora do desempenho (HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2005). Tem sido especulado que a PPA promove aumento da sensibilidade da actina-miosina ao Ca_2^+ e excitação do neurônio motor para o recrutamento de fibras musculares, a partir de exercícios complexos com cargas máximas ou próximas da máxima (BATISTA et al., 2007; CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS; ARELLANO, 2015; HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2005). KILDUFF et al. (2011), ao

compararem um modelo de PPA com um protocolo de aquecimento padrão, não encontraram diferenças significativas sob o desempenho na saída do bloco até os 15m iniciais em nadadores de nível internacional. CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS e ARELLANO (2015) verificaram melhoras no desempenho na saída do bloco até os 15m iniciais em nadadores, após dois protocolos de PPA que foram compostos por três repetições a 85% de 1RM do exercício denominado "afundo" e 4 repetições máximas a no *YoYo Squat* realizado no flywheel. Também um modelo de PPA proposto por SARRAMIAN; TURNER e GREENHALGH (2015), composto pela combinação de repetições máximas em barra fixa e salto sobre o caixote, favoreceu a diminuição do tempo no esforço de 50 metros nado livre.

Apesar de ter sido demonstrado que a PPA pode melhorar o desempenho nos 50 m nado livre (SARRAMIAN; TURNER; GREENHALGH, 2015), a partir da melhora do desempenho na saída de bloco até a distância dos 15 m de nado (CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS; ARELLANO, 2015), o conhecimento a respeito dos possíveis efeitos da PPA sobre o desempenho nas viradas e o nado limpo, ou seja, sem a influência das saídas e das viradas ainda são limitados. Até o presente momento, não foram encontradas na literatura, estudos que propuseram modelos de aquecimento, que foram elaborados especificamente para melhora do desempenho de modo global, ou seja, considerando às etapas de um evento competitivo (saída, nado limpo e virada). Portanto, o objetivo principal do estudo foi investigar a influência de diferentes protocolos de PPA sobre parâmetros mecânicos e neuromusculares a fim de propor um modelo híbrido de PPA para aumento do desempenho em 50 metros na natação.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A natação é constituída de provas de curta (50-200m), média (400m-800m) e longa (1500m até maratonas aquáticas) distância. A busca para melhora de desempenho está cada vez mais acirrada tanto em competições de alto nível como em eventos amadores. Assim, alguns fatores são determinantes para que o competidor almeje o seu objetivo. Nesse contexto, essa sessão apresenta uma breve revisão de literatura sobre esses fatores, dando enfoque nos eventos que constituem as provas de curta distância.

2.1. Desempenho em natação e seus fatores determinantes

O desempenho em natação pode ser entendido como a capacidade de realizar o esforço na distância exigida no menor tempo possível (MUJICA; PADILLA; PYNE, 2002). Por se tratar de uma atividade em meio líquido a locomoção se torna um desafio. Assim, alguns fatores como aspectos fisiológicos, biomecânicos, especificidades das sessões de treinamento e aquecimento específico na competição (BISHOP, DAVID, 2003; COSTILL et al., 1985a; GIROLD et al., 2007; MIYASHITA, 1996) são fundamentais para que o competidor possa realizar a tarefa de maneira fina e consequentemente obter o melhor resultado.

2.1.1. Parâmetros fisiológicos em provas curtas na natação

No aspecto fisiológico tanto o metabolismo aeróbio quanto o anaeróbio tem papel importante no desempenho em natação (ZAMPARO et al., 2000). CAMPOS et al. (2017) mostraram que as provas de 50 e 100m são totalmente dependentes do metabolismo anaeróbio ao encontrarem uma associação significativa entre o componente anaeróbio láctico e o desempenho nas distâncias de 50, 100 e 200m, sendo uma relação mais forte com os 50m ($r = -0,91$). Portanto uma quantidade significativa do treinamento é dedicada à esse metabolismo durante a preparação do atleta (TOUSSAINT; HOLLANDER, 1994). Nas provas de 50m é característico que ocorra uma acidose, resultando na diminuição da velocidade de contração muscular (i.e. aumento da necessidade de cálcio), da taxa de liberação de energia pelo metabolismo anaeróbio, da velocidade de remoção do lactato sanguíneo e aumento da dor (MAGLISCHO, 2010). O treinamento de tolerância à acidose faz parte dessa preparação a fim de tornar o nadador suportável ao esforço, pois esse quadro causa

um efeito de redução da taxa de reciclagem do ATP aumentando os níveis de lactato sanguíneo e íons hidrogênio (MESSONNIER et al., 1997; PHILLIPS et al., 1995) consequentemente diminuindo a performance. Ainda, o desenvolvimento da força muscular e a capacidade do sistema nervoso central em recrutar fibras musculares específicas contribuem significativamente com a melhora de desempenho nesses eventos (SALE, 2003), aumentando os níveis de força, o que é essencial para vencer o arrasto em um curto intervalo de tempo e assim possibilitar a melhora da potência muscular e logicamente o aumento da velocidade de nado (KESKINEN, 1994; SMITH, 2002).

2.1.2. Parâmetros biomecânicos em provas curtas na natação

Devido a sua especificidade e complexidade, a natação apresenta-se como uma modalidade onde a técnica contribui significativamente para o sucesso em eventos competitivos. Portanto, torna-se necessário a avaliação e monitoramento da habilidade técnica e dos parâmetros relacionados à biomecânica, os quais possibilitam ajustar e entender melhor o movimento na modalidade. Dentre os métodos de avaliação, podemos contar com a cinética e cinemática nas diferentes fases do percurso (i.e. saída do bloco, nado limpo e viradas).

A cinética é a área da biomecânica que visa examinar o comportamento de forças sob um sistema (i.e. corpo humano). A análise da cinética do movimento nos ajuda a entender como o movimento é produzido ou como é mantido em uma única posição (HAMILL, 1999). Podemos realizar a cinética por meio de plataformas de força que contenham “*strain gauges*”, dinamômetros e aparelhos de eletromiografia. Na natação a cinética é usada para determinação da força propulsiva de nado, por exemplo, a partir do teste em nado atado utilizando “*strain gauges*” (MAGLISCHO; MAGLISCHO, 2008; MARINHO; ANDRIES JR, 2001; PAPOTI et al., 2003) da atividade muscular durante a saída do bloco por meio da eletromiografia (CHAINOK et al., 2016; DASSOFF; FORWARD; KATICA, 2017; DE JESUS et al., 2011), assim como a força reativa com o uso de plataforma de força no bloco de partida (BENJANUVATRA et al., 2008; LEE et al., 2001; VILAS-BOAS et al., 2003). Por outro lado, a cinemática caracteriza o movimento por meio de análise do espaço-tempo sem influência das forças que estão atuando (HAMILL, 1999). Geralmente é feito o uso de câmeras filmadoras para essas análises sendo possível determinar

variáveis como tempo, distância, velocidade e ângulos a partir de marcadores biomecânicos no ambiente como também nas articulações do corpo humano.

Na natação o método biomecânico mais utilizado para avaliação do desempenho é a cinemática. Em provas curtas as variáveis tempo, distância, velocidade e angulação são determinantes para as análises, assim como a habilidade técnica que envolve os parâmetros de braçadas, sendo número de braçadas (NB), frequência de braçadas (FB), comprimento de braçadas (CB) e o índice de braçada (IB) (COSTILL et al., 1985b) durante o nado limpo. Na fase que se entende como a saída após o sinal sonoro até a marca dos 15m, podemos encontrar as variáveis tempo, velocidade e distância, assim como localização do centro de massa (CM), ângulos das articulações nos momentos de posição estática no bloco até a entrada do nadador na água (ARELLANO, 2010; SEIFERT et al., 2010; VANTORRE; CHOLLET; SEIFERT, 2014; VILAS-BOAS et al., 2003). Ainda, temos as viradas como fase importante em eventos rápidos e principalmente em piscina curta, o qual também podemos analisar todas as variáveis desde a fase de aproximação à parede até a retomada ao nado a partir da primeira braçada (HAY, 1978). Nessa fase é de extrema importância a força aplicada na parede para gerar o impulso e o nadador conseguir se manter na fase submersa no maior tempo e com maior velocidade.

2.1.3. Aquecimento na competição

É comum nos eventos competitivos de natação um intervalo de tempo disponível para aquecimento, onde os nadadores têm a possibilidade de familiarização com o ambiente competitivo, o reconhecimento da piscina, a possibilidade de ajustar o bloco de saída e as viradas de acordo com a marcação e estrutura da piscina. Durante esse tempo os nadadores se preparam para suas principais provas com o uso de estímulos moderados que visam o aumento da temperatura corporal e estimula as vias para contração muscular, auxiliando na resistência dos músculos e articulações (SARGEANT, 1987; WEST et al., 2013) e aumento do fluxo sanguíneo a partir da vasodilatação, promovendo a oferta de substratos e melhora do metabolismo energético (BISHOP, DAVID, 2003; BURNLEY; DAVISON; BAKER, 2011; GIROLD et al., 2007; MCCUTCHEON; GEOR; HINCHCLIFF, 1999; PEARSON et al., 2010; WOODS; BISHOP; JONES, 2007). Além disso, o aquecimento prévio também ajuda na prevenção de lesões, melhora da habilidade motora e preparação psicológica para a prova (NEIVA et al., 2014; ROBERGS et al., 1990). Esse período

acontece antes do início das provas, referente à etapa prevista no dia da competição. É de extrema importância uma estratégia de aquecimento levando em conta volume, intensidade, o tempo de recuperação entre os estímulos e a prova, como também a individualidade de cada atleta. (BISHOP, D, 2003; BISHOP, DAVID, 2003). Aquecimentos que apresentam um alto volume e estímulos de alta intensidade podem prejudicar o desempenho, pois o dispêndio de energia será grande e os nadadores poderão não ter tempo suficiente para repor os substratos de interesse. NEIVA et al. (2014), em seu artigo de revisão, sugerem que o aquecimento em natação deve ser constituído por baixo volume (1000 - 1500m) com inclusão de repetições de curtas distâncias em alta intensidade para melhora do desempenho em provas curtas (ROMNEY; NETHERY, 1993), pois estimulam o sistema de energia que será utilizado durante o evento (BISHOP, D, 2003; BISHOP, DAVID, 2003). Ainda, o tempo de recuperação ideal após aquecimento deve estar entre 5 e 20 minutos (ÖZYENER et al., 2001; WEST et al., 2013; ZOCHOWSKI; JOHNSON; SLEIVERT, 2006), o que é quase impossível de ser respeitado na maioria dos eventos competitivos. Visto o quadro atual e visando a melhora de desempenho nas provas de natação, um novo modelo de aquecimento denominado potencialização pós-ativação (PPA) vem sendo empregado com o objetivo de sanar essas dificuldades e garantir o sucesso nos eventos competitivos.

2.2. Potencialização pós ativação

Além do aquecimento na água os nadadores utilizam de exercícios em terra seca minutos antes da prova de interesse, a fim de preparar e ativar a musculatura ao estresse. Esses exercícios complexos e específicos, com cargas máximas ou próximas da máxima, têm como principal função o aumento da taxa de produção de força e são chamados de atividade condicionante (AC).

A ativação pode ser realizada a partir da AC de maneira involuntária, onde é utilizado estímulos elétricos de alta frequência (potencialização pós-tetânica), com duração de 5 segundos a fim de despolarizar o maior número de motoneurônios e aumentar a força muscular, assim como, o uso de contrações voluntárias de alta intensidade e curta duração (potencialização pós-ativação), com cargas entre 75% a 95% de uma repetição máxima (1RM), seja a realização isométrica (5-10 segundos) ou dinâmica (1 a 5 repetições) (ABBATE et al., 2000; BAUDRY; DUCHATEAU, 2007;

ESFORMES; CAMERON; BAMPOURAS, 2010; HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2005; KILDUFF et al., 2007; KILDUFF et al., 2008; MACINTOSH; WILLIS, 2000). Esses estímulos causam uma PPA, promovendo alterações fisiológicas e neuromusculares a curto prazo sob uma modalidade de velocidade ou potência (BISHOP, DAVID, 2003; CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS; ARELLANO, 2015; HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2005; KILDUFF et al., 2008; RASSIER; MACINTOSH, 2000), gerando um estresse inicial na musculatura, a qual entra em um breve estado de “fadiga” e posteriormente a PPA. Portanto entende-se como PPA o fenômeno pelo qual a produção de força muscular aguda é aumentada como resultado da atividade contrátil e é a premissa sobre a qual se baseia o "treinamento complexo" (ROBBINS; DOCHERTY, 2005; VERKHOSHANSKY; LAZAREV, 1989). O tempo ou recuperação ideal vai depender da magnitude do decaimento da PPA e a instalação da fadiga. Na literatura, a maioria dos estudos mostram a ocorrência da potencialização no intervalo de 4 a 12 minutos entre a AC e a tarefa de interesse (BAUDRY; DUCHATEAU, 2007; BISHOP, DAVID, 2003; CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS; ARELLANO, 2015; HANCOCK; SPARKS; KULLMAN, 2015; HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2005; KILDUFF et al., 2007; KILDUFF et al., 2008), mas outros estudos demonstraram que até 20 minutos pode haver a presença de potencialização e melhora do desempenho (DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2007; NEIVA et al., 2014; WEST et al., 2013).

2.2.1. Mecanismos fisiológicos da Potencialização pós ativação

Do ponto de vista fisiológico, a PPA pode ocorrer por diversos mecanismos e o principal causador desse evento foi descoberto por METZGER; GREASER e MOSS (1989) ao observar as fibras musculares esqueléticas da pele de mamíferos e concluíram que a potencialização das fibras musculares era resultante do aumento da fosforilação da miosina regulatória de cadeia leve. Esse fenômeno torna as moléculas de actina e miosina mais sensíveis à disponibilidade de cálcio liberado pelo retículo sarcoplasmático e o complexo cálcio-calmodulina ativa a proteína quinase da miosina de cadeia leve para a fosforilação (HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2005; SALE, 2003). Esse mecanismo possibilita o aumento do número de pontes cruzadas ou aumento da mudança da ligação fraca para ligação forte entre os miofilamentos durante a contração muscular, o que irá causar um aumento na produção de força muscular (SALE, 2003; SWEENEY;

BOWMAN; STULL, 1993). Essa fosforilação a partir de uma atividade de contração muscular pode ser mantida por um determinado tempo durante o descanso, porém preparado para potencializar na atividade de interesse subsequente (SARRAMIAN; TURNER; GREENHALGH, 2015; SMITH, 1994). Ainda, a AC tem influência sobre fatores neurais promovendo uma maior excitabilidade de motoneurônios responsáveis pela contração muscular que irão aumentar o recrutamento de fibras musculares (GÜLLICH; SCHMIDTBLEICHER, 1996; REQUENA et al., 2011), o que também é responsável pela maior produção de força. Outra possível influência sobre a PPA são os tipos de fibras musculares. HAMADA et al. (2000), realizaram biópsia muscular e verificaram que as maiores ativações ocorreram em indivíduos com maior número de fibras musculares do tipo II, mesmo essas sendo mais propícias ao estado de fadiga. Ainda, as diferenças nos ângulos de penação dos músculos podem influenciar na potencialização, podendo afetar a condução de força para os ossos e tendões (FOLLAND; WILLIAMS, 2007; KUBO et al., 2001; TILLIN; BISHOP, 2009). Estima-se que ângulos menores tem uma vantagem mecânica na transmissão de força para os tendões (MAHLFELD; FRANKE; AWISZUS, 2004).

2.2.2. Potencialização pós ativação e desempenho na natação

Assim como em outras modalidades de curta duração, na natação a PPA tem influenciado no desempenho das diferentes fases das provas. CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS e ARELLANO (2015) encontraram melhoras nos parâmetros mecânicos da saída do bloco em nadadores com a realização de dois protocolos de PPA, sendo o primeiro protocolo utilizando o exercício “afundo” como AC e composto por três repetições a 85% de 1RM e o segundo protocolo constituído de 4 repetições máximas no *YoYo Squat* com uso do equipamento flywheel. Outro modelo de PPA proposto por SARRAMIAN; TURNER e GREENHALGH (2015), também foi possível verificar uma melhora de desempenho a partir da diminuição do tempo no esforço de 50 metros livre após a realização da AC composta pela combinação de três repetições máximas em barra fixa e salto sobre o caixote, mostrando ser melhor em relação ao aquecimento convencional. Por outro lado, alguns estudos mostraram que a PPA pode não influenciar no desempenho na natação. KILDUFF et al. (2011) determinaram o intervalo individual médio dos nadadores e o tempo nos 15m a partir da saída do bloco e não encontraram diferença significativa entre o aquecimento convencional e a realização de três repetições máximas à 87% 1RM no agachamento,

porém encontraram melhora da força pico vertical e horizontal, aumento da potencia e altura de salto após a AC, principalmente no oitavo minuto de intervalo entre a AC e a tarefa de interesse. BOBO (1999) ao comparar as condições sem aquecimento, com aquecimento na água e aquecimento no supino, não encontrou diferenças significativas no desempenho em 91,4m.

2.3. Enquadramento do problema

Visto que a PPA pode contribuir positivamente para a melhora de desempenho tanto em relação aos parâmetros fisiológicos quanto aos parâmetros mecânicos, porém ainda não está bem consolidado na literatura o efeito da PPA sobre o desempenho em eventos rápidos na natação. Ainda, o conhecimento a respeito dos possíveis efeitos da PPA sobre o desempenho nas viradas e o nado limpo são limitados. Até o presente momento, não foram encontradas na literatura, estudos que propuseram modelos de aquecimento, que foram elaborados especificamente para melhora do desempenho de modo global, ou seja, considerando às etapas de um evento competitivo (saída, nado limpo e virada). Além disso, ainda não se sabe a respeito da influência da PPA aos parâmetros neuromusculares. Portanto, a hipótese do presente estudo é que um modelo híbrido de PPA possa causar melhoras no desempenho de provas curtas de natação contemplando todas as suas fases.

3. OBJETIVOS

O objetivo do estudo foi investigar a influência de diferentes modelos de PPA sobre parâmetros mecânicos, neuromusculares e desempenho nos 50 metros de nadadores velocistas.

3.1. Objetivo específicos

- Determinar o melhor intervalo individual para potencialização nos diferentes protocolos de PPA;
- Apresentar possíveis correlações entre as respostas neuromusculares e o teste de 30s em nado atado;
- Investigar as respostas dos parâmetros mecânicos nos diferentes modelos de PPA em relação ao modelo convencional;
- Investigar a dinâmica das respostas neuromusculares frente aos protocolos propostos.

4. MÉTODOS

Participantes

O tamanho amostral mínimo foi calculado por meio do software G*Power 3.1 (Düsseldorf, Germany), utilizando a diferença na média do tempo nos 50 metros livre entre o melhor e o pior protocolo proposto, observados por SARRAMIAN; TURNER e GREENHALGH (2015). O poder estatístico foi assumido como 95% ($p < 0,05$) e o tamanho do efeito utilizado foi de 0,898. Neste modelo estatístico o número de participantes mínimo foi treze (t -crítico = 1,782).

Inicialmente foram recrutados 18 nadadores, porém três deles não atenderam alguns dos critérios para seleção e dois sofreram algum tipo de lesão durante as fases de coleta de dados. Portanto, terminamos o estudo totalizando 13 participantes. Na Tabela 1, estão descritos as características dos participantes. Todos receberam as informações necessárias sobre o estudo e cientes disso confirmaram a participação com a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto de nº 60154516.1.0000.5659 (Anexo I).

Tabela 1. Características antropométricas e físicas dos participantes; n=13

	Idade (anos)	Estatura (cm)	Peso (kg)	1RM afundo (kg)	3RM barra fixa (kg)	Salto no caixote (kg)	%Recorde Mundial
Média	19,46	177,85	72,02	72,71	17,67	7,20	77,37 %
Desvio Padrão	3,45	5,40	7,61	19,92	5,93	0,76	

Desenho Experimental

O estudo foi realizado em três etapas e teve duração total de quatro semanas. Nas semanas 1 e 2 foi realizada a primeira fase, composta por um período de familiarização dos nadadores aos

procedimentos experimentais e aos protocolos de PPA. A segunda fase aconteceu na semana 3, foi realizado a determinação do tempo necessário para obtenção da maior ativação. Na semana 4 foi realizada a terceira fase, onde ocorreu a verificação dos efeitos da combinação dos diferentes modelos de PPA sobre o desempenho de 50m nado crawl. Importante salientar que dois meses anteriormente as coletas, os técnicos e preparadores físicos foram orientados a incluir nas rotinas de treinamento dos nadadores os exercícios que foram utilizados como atividade condicionante.

- ***Etapas 1***

Durante a primeira semana, anteriormente ao treino, os participantes realizaram um protocolo de familiarização para aprendizagem da aplicação e manutenção de força máxima na extensão de cotovelo e joelho, sendo três contrações isométricas voluntária máxima (CIVM) com duração de 5 segundos e intervalo de um minuto entre elas. Nesse procedimento havia um monitor onde o participante tinha um *feedback* do comportamento da força durante o esforço (Figura 1). Devido o uso da técnica *twitch interpolation* (TI) nos próximos procedimentos, durante essa semana também foi realizado a determinação do ponto motor no membro inferior para estimulação elétrica do músculo reto femoral e marcada com tinta artística para as próximas coletas. A musculatura referente ao membro superior não teve necessidade, pois esta foi estimulada no ventre muscular.

Figura 1. Feedback do comportamento de força durante contração isométrica voluntária máxima

Já na segunda semana foi dado foco na execução, padronização dos exercícios propostos como AC e teste de carga máxima (1RM) no afundo (Protocolo 2 – P2), teste de três repetições máximas (3RM) na barra fixa e salto no caixote com 10% do peso corporal (exercícios correspondentes ao Protocolo 3 – P3). Todos os procedimentos foram realizados com intervalo de 24h entre eles.

- ***Etapas 2***

No primeiro dia da semana 3, foi realizado um esforço máximo de 30s em nado atado (30NA), com TI antes e após o esforço para caracterização dos níveis de força dos nadadores e possíveis comparações dos parâmetros provenientes do 30NA e da TI.

Os próximos três dias da semana, respeitando o tempo de 24 horas, realizamos a determinação do período em que ocorreu a maior ativação de cada nadador ou seja, o intervalo individual (I.Ind) dos nadadores. Para isso, antes de cada AC, imediatamente após o 4º, 8º, e 12º min os nadadores foram submetidos à técnica de TI, salto horizontal (SH) e arremesso de *medicine*

ball (AM), respectivamente, possibilitando a comparação entre as ferramentas de avaliação da maior ativação muscular.

- ***Etapas 3***

A quarta e última semana de avaliação foi constituída de quatro protocolos de PPA, também respeitando um intervalo de 24h entre eles e de maneira randomizada. Os protocolos de PPA seguem basicamente o mesmo princípio, porém com mudança na atividade condicionante. Antes da atividade condicionante, foi realizada uma avaliação de TI com objetivo de monitorar os efeitos da ativação. Em seguida foi realizada a atividade condicionante e no último minuto do I.Ind, outra intervenção com uso de TI seguida de um esforço máximo nos 50 m nado crawl e ao final, mais uma intervenção com TI.

O protocolo 1 (P1) foi constituído por aquecimento padronizado durante 30 minutos na água, seguido de 5 minutos de intervalo e esforço máximo 50m. Os demais protocolos tiveram a mesma logística, porém o aquecimento na piscina foi de 15 minutos seguidos da AC. Foram os mesmos estímulos ao aquecimento do P1, porém realizadas metade das séries. O aquecimento na água está descrito na Figura 2. O protocolo 2 (P2), utilizou como AC o exercício afundo, utilizado por CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS e ARELLANO (2015).

AQUECIMENTO 30 MINUTOS									
I	8x 25	(1) solto							
		(1) slow com técnica perfeita - + bloqueado possível							
II	2x	(1) 10m perna submerso forte + 15m solto							
		(1) 15m palmateio + 10m solto							
		(2) 25 educativo Braçada unilateral - + bloqueado possível							
III	2x	(1) 15m palmateio + 10m solto							
		(1) 25 educativo fratus							
		(1) 25 solto							
		(1) 25 braço crawl + golfinhada - rápido							
IV	2x	(1) 25 braçada submersa							
		(1) 12,5 máximo + 12,5 solto							
		(1) 50 solto livre							
V	1x	25 com saída --- saída máximo - nado controlado V2 , bloqueado - sem patinar							
		25 solto							
V	1x	150 nadando livre , à vontade --- se quiser pode fazer + 1 ou 2 sprints							

Figura 2. Descrição dos exercícios utilizados durante aquecimento na água.

No terceiro dia, o protocolo 3 (P3), utilizando AC proposto por SARRAMIAN; TURNER e GREENHALGH (2015), sendo a barra fixa e salto no caixote e no quarto dia, o protocolo 4 (P4) foi a combinação do P2 e P3. O organograma do delineamento experimental está representado na Figura 3.

Figura 3. Delineamento Experimental. AC: atividade condicionante; RM: repetições máximas; 30NA: 30segundos em nado atado; P2: protocolo2; P3: protocolo3; P4: protocolo4; SH: salto horizontal; AM: arremesso de *medicine ball*. *twitch interpolation*.

Teste para determinação das cargas nas atividades condicionantes

Para o exercício afundo, o teste de 1RM seguiu o protocolo proposto por BROWN e WEIR (2001): 3-5 minutos de aquecimento leve dos membros inferiores, aquecimento de 8 repetições a 50% do 1RM proposto, seguido de 3 repetições com carga referente a 70% de 1RM proposto. Após 5 minutos de intervalo, foi realizado o 1RM, com acréscimo de até 5kg de carga, no modo de 3 a 5 tentativas, entendendo como carga máxima a realização de apenas uma repetição.

Como proposto por SARRAMIAN; TURNER e GREENHALGH (2015), para os exercícios do P3, foi realizado um aquecimento em corda elástica dos membros superiores com 2x4 repetições, em seguida, colocado no tronco dos nadadores um colete com carga para realização do exercício na barra fixa, acrescentando peso no colete até que o nadador realizasse apenas 3 repetições (peso do colete mais o seu peso corporal). No salto sobre caixote, foi padronizado 5 saltos em caixote com altura de 40cm e profundidade de 60cm, usando um colete com carga relativa a 10% do peso corporal do nadador.

Potencialização Pós-ativação e execução dos exercícios

Toda realização dos exercícios foi monitorada por pelo menos um avaliador, observando a posição inicial do movimento e as cargas específicas. A partir do teste de 1RM, podemos determinar as cargas de ativação em porcentagem relativa ao 100%, como também as cargas relativas ao peso corporal.

Para a posição inicial no afundo, os participantes foram orientados a realizar o exercício com a perna anterior referente à perna na qual se posiciona à frente no bloco de saída, ainda, com os pés inteiramente no chão e joelhos flexionados à 90°. Para o posicionamento da perna posterior, o indivíduo realizava um passo à trás até que encontrasse a melhor base para equilíbrio corporal. Foi padronizado durante o movimento do exercício que os nadadores descessem com a perna posterior até o contato do joelho com o chão voltando após à posição inicial (Figura 4a). Nesse exercício foram realizadas 3 repetições com peso equivalente a 85% de 1RM.

Na AC referente ao P3, durante a realização do exercício na barra fixa (Figura 4b), o nadador foi orientado a posicionar o agarre das mãos na barra na posição, a uma distância de 10-15cm em relação à largura dos ombros (SIGNORILE; ZINK; SZWED, 2002), realizando o exercício a partir da suspensão do corpo em extensão até que o queixo se encontre acima da barra (SARRAMIAN; TURNER; GREENHALGH, 2015). Nos saltos (Figura 4c), os indivíduos realizavam um agachamento e saltavam de forma explosiva, havendo uma distância significativa padronizada entre a posição do caixote e do indivíduo (SARRAMIAN; TURNER; GREENHALGH, 2015), no caso utilizamos 70cm.

Figura 4. Ilustração das posições iniciais e finais das atividades condicionantes utilizadas nos diferentes protocolos. **a.** Afundo; **b.** Barra fixa; **c.** Salto no caixote.

Ativação neuromuscular e técnica Twitch Interpolation

Antes e após o protocolo de PPA, os nadadores foram submetidos a dois esforços de CIVM dos músculos referentes aos membros inferiores (reto femoral) e aos membros superiores (tríceps braquial), com 5 segundos de duração e um minuto de intervalo entre elas. Em primeiro momento, os participantes foram posicionados em uma cadeira específica, de modo que não houvesse movimentação de quadril e joelhos, mantendo as duas articulações em um ângulo de 90° para análise da contração do músculo quadríceps. Os eletrodos autoadesivos (5 x 5cm, Valutrode, Arkts, Santa Tereza, Paraná, BR) foram posicionados no nervo femoral (cátodo) e na dobra glútea (ânodo) para receber a estimulação. Para análise da contração muscular do tríceps braquial, o participante se posiciona sentado na cadeira com o cotovelo em posição fletida em um ângulo de 90° e os eletrodos autoadesivos (5 x 5cm, Valutrode, Arkts, Santa Tereza, Paraná, BR) posicionados no ventre da cabeça longa do tríceps braquial (cátodo) e no tendão distal do tríceps braquial (ânodo) para receber a carga do estímulo elétrico. Uma barra de ferro foi acoplada a uma cinta de velcro presa na altura do tornozelo do membro inferior dominante e outra cinta no punho do membro

superior dominante, ambos conectados diretamente a uma célula de carga sensível em até 200kg para membro inferior e 50kg correspondente a célula de carga do membro superior (CSR-200kg; CSR-50kg, MK Controle®, São Paulo - Brasil) com frequência de aquisição de sinal de 1000 Hz. A Figura 5 representa o aparato usado para avaliação.

O sinal da célula de carga é adquirido por meio de uma placa de aquisição de sinais analógico/digital (NI-USB 6009, National Instruments®) que são enviados para o computador fonte para a coleta de dados por meio do *software* LabView® 2015 para posterior determinação dos parâmetros neuromusculares durante a CIVM.

Figura 5. Ergômetro utilizado para avaliação da contração isométrica voluntária máxima e *twitch interpolation*.

Durante as CIVMs o percentual de ativação muscular foi determinado a partir da técnica *Twitch Interpolation*, que consiste da aplicação de um pulso elétrico duplo supramáximo, de curta duração (1ms de duração com 10ms de intervalos entre os pulsos) e alta voltagem, utilizando protótipo de eletroestimulador desenvolvido especificamente para essa finalidade com 200V pico-a-pico (Bioestimulador, Insight®, Ribeirão Preto – Brasil). A intensidade correspondente ao limiar de estimulação foi determinada anteriormente às CIVMs. Para o membro inferior, foi realizado o incremento da intensidade dos estímulos até que o participante tenha sensação de desconforto ou atinja uma intensidade em que não há aumento no torque produzido pelo músculo relaxado (GIRARD; BISHOP; RACINAIS, 2013). Já para membro superior, também foi realizado o incremento da intensidade dos estímulos, porém o limiar foi assumido como limiar de co-contratação, sendo a intensidade correspondente ao maior torque sem que houvesse influencia da

contração realizada pelo bíceps braquial, pois o comportamento entre os grupos musculares são diferentes. Na figura 6 estão representados o sinal referente aos limiares.

Figura 6. Sinais adquiridos pelo sistema de aquisição de dados durante a determinação do limiar de eletroestimulação no músculo vasto lateral (A) e limiar de co-contracção no músculo tríceps braquial (B).

Após a determinação do limiar de estimulação a intensidade foi estimada a 120% do valor encontrado, somente para o membro inferior, e em seguida foi realizado um pulso elétrico duplo durante CIVM para determinação da *Twitch Superimposed* do membro inferior (TSmi) e em condição do músculo relaxado para determinar *Twitch Potentiation* do membro inferior (TPmi) (GANDEVIA, 2001; GIRARD; BISHOP; RACINAIS, 2013), assim como a força média (FMmi) e o percentual de ativação voluntária (%AVmi) utilizando a expressão proposta por (ALLEN; GANDEVIA; MCKENZIE, 1995). Para o membro superior foi possível determinar *Twitch Potentiation* (TPms) e os valores de força pico (FPms), força média (FMms). O comportamento do sinal de força são mostrados na figura 7.

Figura 7. Comportamento dos níveis de força durante contração isométrica voluntária máxima. (A = membro inferior; B = membro superior) e suas respectivas variáveis.

Salto horizontal e arremesso de medicine ball

O teste de salto horizontal (SH) é muito utilizado para avaliação da força explosiva de membros inferiores, assim como, o arremesso de *medicine ball* (AM) para membros superiores.

A avaliação do SH seguiu protocolo proposto por MATSUDO (1996) e constituiu de uma única tentativa onde o participante se posiciona com os pés ligeiramente afastados, com as pontas dos pés atrás de uma linha de partida previamente demarcada. Era permitido o indivíduo realizar um leve balanceio dos membros superiores e flexão dos joelhos e ao sinal de partida dado pelo avaliador, ele se lançava à frente saltando a maior distância possível. A marcação foi feita com o uso de um cone como ponto de referência o calcanhar do pé posicionado mais próximo à linha de partida (Figura 8a).

Logo após o SH, os nadadores realizaram o AM. Nessa avaliação os participantes deveriam arremessar a bola de 4kg na maior distância possível. Foram posicionados em decúbito dorsal em um colchonete, com os joelhos levemente flexionados. O ponto inicial do arremesso teve como referência a cabeça do participante. Eles também foram orientados a arremessar a bola com os braços estendidos (Figura 8b). Para demarcação da distância a bola foi marcada com magnésio. O ponto de partida considerado foi o início do colchonete e o final, a marca mais forte da bola no chão (KILDUFF et al., 2007).

Figura 8. Ilustração das posições iniciais para salto horizontal (a) e arremesso de *medicineball* (b).

Teste de força em nado atado

A mensuração dos esforços em nado atado foi por meio do uso de um aparato de medição padronizado por PAPOTI et al. (2003). No entanto, o fio de aço foi substituído por fio inextensível comercial acoplado a uma cinta de velcro presa à cintura do nadador, com seis metros de comprimento. O aparato se conecta a uma célula de carga (CSR-50kg, MK Controle®, São Paulo - Brasil) com frequência de aquisição de 1000Hz, posicionada no bloco de saída. O sinal da célula de carga é adquirido por meio de uma placa de aquisição de sinais analógico/digital (NI-USB 6009, National Instruments®) para posterior determinação da força pico (FP), força média (FM) e do impulso anaeróbio (IMP), durante os 30NA. O sistema de aquisição de sinais para o 30NA está representado na figura 9.

Figura 9. Desenho esquemático do posicionamento do nadador e dos equipamentos utilizados para a mensuração da força durante o esforço máximo de 30 segundos em nado atado.

Determinação do Intervalo Individual nos diferentes protocolos

Foram utilizadas quatro variáveis para determinação do I.Ind. A primeira e segunda foram as CIVMs da extensão do cotovelo e joelho, respectivamente, observando os valores de FM durante os 5 segundos de esforço. A terceira variável foi o salto horizontal e a quarta o arremesso de *medicine ball*, ambas levando em consideração os valores de distância em centímetros. Foram

computados os valores de cada variável em cada momento de avaliação (pré AC, nos minutos 4, 8 e 12 após AC) e entendido como I.Ind o momento em que mais se repetiu os valores acima da referência pré AC nas quatro variáveis. Caso não houvesse aumento em alguma das variáveis, era considerado o valor referente aquela que apresentou uma potencialização.

Parâmetros mecânicos e determinação do desempenho nos 50m

Para determinação do desempenho, os nadadores foram submetidos a esforço máximo na distância 50m nado crawl, filmados para determinação dos parâmetros biomecânicos. Para isso foi utilizado três câmeras filmadoras. A primeira câmera (C1) ficou posicionada para análise da saída do bloco (CASIO® Exilim FH-25), a segunda (C2) para análise de todo percurso e nado limpo (GoPro® HERO3+) e a terceira (C3) exclusivamente para as viradas (GoPro® HERO3+). Todas as câmeras foram configuradas numa frequência de amostragem de 30Hz. A figura 10 representa a disposição das câmeras em relação à piscina.

Figura 10. Esquema do posicionamento das câmeras e marcações para análise das variáveis provenientes da saída do bloco, nado limpo e viradas.

- *Saída do bloco*

Na determinação das variáveis que constituem a saída do bloco, foi seguido as análises feitas por CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS e ARELLANO (2015), constituída por: distância do mergulho (DM) em metros: distancia da saída do bloco até o primeiro contato do nadador com a água (JORGIC et al., 2010); tempo de voo (TV) em segundos: tempo entre o último contato dos pés no bloco de saída até a entrada dos dedos da mão na água (JORGIC et al., 2010); média da velocidade horizontal do quadril (VHQ) em metros/segundo: é a razão da distância entre o último contato dos pés no bloco de saída até a entrada dos dedos da mão na água pelo tempo decorrido para essa ação; ângulo de saída (AS): ângulo referente à linha horizontal e a linha do centro de massa corporal, no momento do último contato do pé com o bloco de saída (SEIFERT et al., 2010); ângulo de entrada (AE): ângulo referente à linha horizontal e a linha do centro de massa corporal, no momento do primeiro contato do nadador com a água (SEIFERT et al., 2010); tempo de saída do bloco (SB): tempo entre o momento do sinal para saída do bloco até o momento que o nadador deixa o bloco de saída e velocidade média angular da extensão do joelho (VAJ): diferença angular entre o momento da máxima extensão dos joelhos pelo momento da flexão dos joelhos, dividido pelo tempo dessa ação.

Para que fosse possível a análise dessas variáveis, construímos um painel de calibração feito de canos de PVC e lona plástica de tamanho 2,5x3 metros contendo 42 pontos de referência com distância fixa de 50 cm entre eles. Esse aparato foi posicionado ao lado do bloco de saída, sustentado por duas cordas comerciais inextensíveis de maneira que pudesse ficar de frente a câmera (Figura 11). A cada avaliação era passado um bastão com dois marcadores com distância de 50cm entre eles para que fosse possível determinar a acurácia ($2,30 \pm 0,29$ cm) e precisão ($0,74 \pm 0,08$ cm) da medida. Esses eventos foram gravados com o uso da C1 fixada na lateral da piscina com foco na saída do bloco.

Figura 11. Posição do aparato de calibração para análise da saída do bloco.

Já as variáveis tempo nos 5m (T5): tempo desde o sinal para saída do bloco até a cabeça do nadador chegar na linha dos 5m; tempo nos 15m (T15): tempo desde o sinal para saída do bloco até a cabeça do nadador chegar na linha dos 15m foram monitoradas pela C2 posicionada na parede lateral de maneira que fosse filmado todo o percurso, assim como feitas marcações nas distâncias 5 e 15 metros em relação ao bloco de saída (Figura 11). Também foi desenvolvido uma campanha com sensor de luz e sinal sonoro como ponto de referência do sinal de partida para início do esforço em 50m nado crawl (Figura 12).

Figura 12. Aparato utilizado no momento de sinal para partida da saída do bloco.

Os nadadores utilizaram marcadores feitos com bandagem elástica de tamanho 2x2 cm nos eixos do tornozelo, joelho, quadril e ombro para rastreamento durante a locomoção. Para obtenção das variáveis cinemáticas bidimensionais da saída do bloco foi utilizado o *software* Dvideo® pelo método *Direct Linear Transformation* (DLT) (Figura 12). Posteriormente, por meio de uma rotina desenvolvida em ambiente *MatLab*®2014, foi possível determinar os valores das variáveis provenientes da saída do bloco.

Figura 13. Marcação dos pontos das articulações de interesse para determinação dos parâmetros mecânicos no momento da saída do bloco.

- *Nado limpo*

Em relação a determinação dos parâmetros cinemáticos de braçada, foram colocadas marcações a 7 metros de cada margem da piscina, para análise dos 11 metros referente ao nado limpo (Figura 8). Dentro desse segmento, a partir do número de braçadas (NB), podemos analisar as seguintes variáveis:

- Frequência de braçada (FB): a razão do número de braçada pelo tempo;
- Comprimento de Braçada (CB): a razão do número de braçada pela distância percorrida;
- Índice de braçada (IB): produto da velocidade pelo comprimento de braçada.

Essas variáveis foram analisadas utilizando o *software* Kinovea (versão 0.8.15).

- ***Viradas***

O segmento da virada foi entendido como o momento em que o nadador realiza a última braçada (aproximação) até o momento em que finaliza o deslize e dá início ao nado limpo usando como ponto de referência a cabeça do indivíduo (HAY, 1978). A partir disso, podemos calcular o tempo obtido durante essa ação. As análises também foram feitas com o uso do *software* Kinovea (versão 0.8.15).

Tratamento Estatístico

A normalidade dos dados foi analisada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Confirmada a normalidade, os dados estão apresentados em média $\pm$ desvio padrão. Os casos que não apresentaram normalidade foram substituídos por seus pares não paramétricos. As possíveis correlações dos parâmetros neuromusculares e 30NA, foram testadas a partir dos procedimentos de Spearman. Essas análises foram realizadas pelo software SPSS 20.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois) com o nível de significância fixado em $p < 0,05$.

Os valores referente ao melhor I.Ind e os efeitos dos protocolos sobre as variáveis de desempenho e parâmetros neuromusculares foram analisados por meio da inferencia baseada em magnitude utilizando a diferença da padronização das médias (Cohen's d). Os valores de Cohen's d foram classificados como desprezível ($< 0,20$), pequeno ($0,20 - 0,49$), moderado ($0,50 - 0,79$) e grande ($> 0,80$) (HOPKINS et al., 2009). Além disso foi calculada a probabilidade de um efeito positivo, trivial ou negativo nos protocolos, expressa em percentual e classificadas como mais improvável ($< 1\%$), muito improvável ($1 - 5\%$), improvável ($5 - 25\%$), possível ($75 - 95\%$), muito provável ($95 - 99\%$) e mais provável ($> 99\%$). A classificação foi considerado indeterminado caso o percentual para positivo e negativo apresentaram $> 5\%$ (HOPKINS et al., 2009).

5. RESULTADOS

Comportamento do Intervalo Individual nos diferentes protocolos de PPA

Podemos observar que o comportamento dos parâmetros neuromusculares se mantiveram basicamente iguais nos diferentes protocolos de PPA (Figura 14), assim como o SH e AM (Figura 15). Em relação ao P2, foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros TPmi nos momentos pré e oitavo minuto ($p = 0,023$), mostrando um aumento dessa variável. No P3, foram encontradas diferenças na FPms nos minutos oito ($p = 0,033$) e doze ($p = 0,023$) em relação ao pré, observando a diminuição dos valores nessas condições. Além disso, a FMms apresentou diferença entre os valores dos 12º minuto com o pré ($p = 0,001$). A FMmi apresentou uma diminuição em relação ao P4 no 4º minuto, o que foi significativo em relação aos valores pré ($p = 0,003$). Apesar dos valores referentes à %Avmi aparentemente mostrado um aumento no 4º minuto, não encontramos diferenças significativas entre os momentos.

Figura 14. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros neuromusculares na situação pré e nos minutos correspondentes ao intervalo individual. *diferenças encontradas referentes ao P2 em relação ao pré. #diferenças encontradas em referentes ao P3 em relação ao pré; †diferenças encontradas referentes ao P4 em relação ao pré.

Figura 15. Valores de média e desvio padrão das avaliações salto horizontal e arremesso de *medicineball* na situação pré e nos minutos correspondentes ao intervalo individual.

Porém ao analisarmos o efeito dos protocolos sobre o intervalo individual, o P2 ($9,54 \pm 3,48$ min) apresentou um efeito moderado negativo ($-0,72$) sobre o P3 ($7,08 \pm 3,33$ min) e pequeno efeito ($-0,46$) sobre o P4 ($8,00 \pm 3,27$ min). O P3 apresentou uma possibilidade de chance positiva sobre o tempo do intervalo individual em relação ao P4, mas com um efeito pequeno, quase desprezível ($0,28$). Isso nos mostra que o P2 tem um maior efeito sobre a potencialização em relação aos demais. Entretanto, o tempo de intervalo entre eles ficaram bem próximos.

Figura 16. Alterações em relação ao melhor intervalo individual entre os protocolos de PPA. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante.

Correlações entre os parâmetros neuromusculares e 30NA

A Tabela 2a apresenta os valores em média e desvio padrão dos parâmetros neuromusculares nos momentos pré e pós, como também a diferença percentual entre os momentos. As correlações entre esses parâmetros estão descritos na Tabela 2b. Observando a diferença percentual, somente a TPms apresentou correlação com a força pico em 30NA (FP_{NA}) ($222,8 \pm 28,0$ N; $r = 0,703$, $p = 0,007$). Em relação aos valores absolutos, a TSmi pós 30NA apresentou correlação com força média (FM_{NA}) ($107,0 \pm 11,6$ N; $r = 0,566$, $p = 0,044$) e o impulso anaeróbio (IMP_{NA}) ($3210,29 \pm 49,64$ N.s) se correlacionou com FPms ($r = 0,593$; $p = 0,033$) e FMms ($p = 0,041$; $r = 0,571$) pós 30NA. A variável índice de fadiga em 30NA (IF_{NA}) ($3186,1 \pm 450,1$ N.s) não apresentou nenhuma correlação com os parâmetros neuromusculares.

Tabela 2a. Valores em média e desvio padrão dos parâmetros provenientes do 30NA e parâmetros neuromusculares pré e pós o esforço. Representação da diferença entre os momentos de avaliação ($\Delta\%_{NA}$).

	FPms (N)	FMms (N)	TPms (N)	FMmi (N)	TPmi (N)	TSmi (N)	%AVmi
Pré_{NA}	288,07 ± 68,85	239,66 ± 56,70	43,88 ± 10,25	532,19 ± 100,75	205,46 ± 58,74	566,99 ± 95,55	87,02 ± 11,26
Pós_{NA}	279,92 ± 52,54	234,01 ± 43,75	37,64 ± 14,41	487,26 ± 104,45	187,94 ± 73,96	531,74 ± 107,79	80,01 ± 9,64
$\Delta\%_{NA}$	-2,83 ± -23,69	-2,36 ± -22,85	-14,22 ± 40,62	-8,53 ± 25,91	-8,44 ± 3,68	-6,22 ± 12,81	-8,06 ± -14,40

(FPms): força pico membro superior; (FMms): força média membro superior; (TPms): *twitch potentiation* membro superior; (FMmi): força média membro inferior; (TPmi): *twitch potentiation* membro inferior; (TSmi): *twitch superimposed* membro inferior e (%AVmi): percentual de ativação voluntária membro inferior

Tabela 2b. Valores de r referentes às correlações entre as variáveis dos 30NA e a $\Delta\%_{NA}$ dos parâmetros neuromusculares.

$\Delta\%_{NA}$	FP_{NA} (N)	FM_{NA} (N)	IMP_{NA} (N.s)	IF_{NA} (N.s)
FPms (N)	-0,077	-0,181	0,099	-0,247
FMms (N)	0,099	0,027	0,357	-0,264
TPms (N)	0,703*	0,187	0,451	0,330
FMmi (N)	0,060	0,505	0,198	-0,033
TPmi (N)	0,055	0,489	0,187	-0,038
TSmi (N)	0,253	0,434	0,473	-0,143
%AVmi	0,516	0,379	0,533	0,066

*Indica correção significativa para $p < 0,05$. (FP_{NA}): força pico; (FM_{NA}): força média; (IMP_{NA}): impulso anaeróbio; (IF_{NA}): índice de fadiga; (FPms): força pico membro superior; (FMms): força média membro superior; (TPms): *twitch potentiation* membro superior; (FMmi): força média membro inferior; (TPmi): *twitch potentiation* membro inferior; (TSmi): *twitch superimposed* membro inferior e (%AVmi): porcentual de ativação voluntária membro inferior.

Dinâmica dos parâmetros neuromusculares nos diferentes modelos de PPA em relação ao modelo convencional

O parâmetros neuromusculares tiveram pouco efeito nos diferentes protocolos. Em relação ao membro superior, a FPms e FMms apresentou uma provável chance positiva após o desempenho nos 50m para o P2 e P3 (Figuras 17c e 18c) , porém para o P4 isso ocorreu no momento do I.Ind (Figura 19b). Além disso, a TPms também apresentou uma provável chance positiva no P2 no I.Ind (Figura 17b), mantendo-se trivial ao restante dos protocolos.

Analisando as variáveis do membro inferior também observamos pouco efeito em relação ao modelo convencional. A TSmi se manteve trivial em todos os momentos avaliados. A TPmi apresentou um grande efeito negativo (-0,87) pré AC no P2 (Figura 17a) e pouco efeito negativo no P3 (-0,43) (Figura 18a). A variável TSmi não sofreu nenhum efeito nos diferentes protocolos, já a %AVmi apresentou efeito positivo em todos os protocolos, sendo uma provável chance positiva no I.Ind do P2 e P3 (Figura 17 e 18b), assim como uma pequeno efeito positivo após 50m no P4 (Figura 19).

Tabela 3. Valores média e desvio padrão dos parâmetros neuromusculares nos momentos pré, intervalo individual e pós 50m nado crawl nos diferentes protocolos.

	Protocolo 1	Protocolo 2	Protocolo 3	Protocolo 4
Pré				
FPms (N)	296,33 ± 51,91	297,16 ± 60,84	301,92 ± 64,43	284,17 ± 39,46
FMms (N)	260,30 ± 51,28	274,64 ± 64,54	267,90 ± 52,71	253,32 ± 33,30
TPms (N)	54,22 ± 15,88	51,65 ± 23,19	59,57 ± 22,23	51,77 ± 19,13
FMmi (N)	496,19 ± 122,40	466,78 ± 179,40	468,32 ± 117,65	479,36 ± 120,89
TPmi (N)	268,54 ± 25,78	242,11 ± 34,74	253,96 ± 42,58	266,74 ± 45,89
TSmi (N)	565,04 ± 99,44	544,41 ± 102,88	536,14 ± 96,49	547,32 ± 10,344
%AVmi	79,26 ± 10,72	82,71 ± 10,34	79,97 ± 11,01	80,15 ± 9,44
Intervalo Individual				
FPms (N)	288,41 ± 48,67	300,82 ± 56,67	297,88 ± 58,61	300,95 ± 53,11
FMms (N)	257,14 ± 43,63	267,54 ± 50,98	265,00 ± 49,18	258,04 ± 51,89
TPms (N)	52,51 ± 13,89	55,84 ± 16,47	51,06 ± 14,16	50,10 ± 12,75
FMmi (N)	465,09 ± 125,06	503,66 ± 125,06	467,57 ± 183,88	478,50 ± 119,62
TPmi (N)	249,70 ± 41,32	255,00 ± 58,61	248,89 ± 41,15	257,81 ± 36,62
TSmi (N)	543,98 ± 102,52	536,76 ± 127,03	553,46 ± 113,05	545,10 ± 93,47
%AVmi	76,50 ± 12,98	82,39 ± 8,74	85,06 ± 10,17	79,76 ± 11,17
Pós 50m nado crawl				
FPms (N)	264,36 ± 44,29	283,46 ± 42,96	281,95 ± 51,94	272,39 ± 41,18
FMms (N)	232,58 ± 43,87	251,16 ± 38,70	251,16 ± 44,78	237,73 ± 39,83
TPms (N)	46,74 ± 14,20	47,68 ± 14,98	50,94 ± 15,16	48,86 ± 11,55
FMmi (N)	461,35 ± 106,88	480,06 ± 117,65	470,44 ± 129,40	483,43 ± 103,06
TPmi (N)	248,57 ± 40,04	234,24 ± 42,08	239,26 ± 47,06	241,49 ± 29,40
TSmi (N)	537,30 ± 87,66	545,55 ± 92,65	532,34 ± 110,65	540,29 ± 86,04
%AVmi	76,31 ± 12,04	77,82 ± 13,07	79,65 ± 10,87	80,47 ± 9,96

Figura 17. Alterações dos parâmetros neuromusculares em relação ao protocolo 2. **A.** avaliação pré. **B.** Avaliação no momento de intervalo individual e **C.** avaliação após 50m nado crawl. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante.

Figura 18. Alterações dos parâmetros neuromusculares em relação ao protocolo 3. **A.** avaliação pré. **B.** Avaliação no momento de intervalo individual e **C.** avaliação após 50m nado crawl. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante

Figura 139. Alterações dos parâmetros neuromusculares em relação ao protocolo 4. **A.** avaliação pré. **B.** Avaliação no momento de intervalo individual e **C.** avaliação após 50m nado crawl. A área cinza representa o percentual trivial para menor efeito relevante.

Efeitos dos parâmetros mecânicos nos diferentes modelos de PPA em relação ao modelo convencional

A tabela 4 nos apresenta os valores em média e desvio padrão dos parâmetros mecânicos nos diferentes protocolos.

Os possíveis efeitos e possibilidades positivas, triviais e negativas dos parâmetros mecânicos estão descritos na Tabela 5.

- **Saída do bloco**

No Protocolo 2 os parâmetros TV, SB e VHQ, apresentaram um grande efeito negativo com muito provável chance negativa. Já TR e AS mostraram efeito pequeno negativo. A variável DM mostrou um pequeno efeito positivo. É possível dizer que houve uma melhora dos parâmetros mecânicos em relação ao P2, pois essas variáveis apresentaram uma diminuição nos seus valores em relação ao Protocolo 1.

Somente as variáveis SB e VHQ apresentaram um pequeno efeito aos protocolos 3 e 4. As demais, se mantiveram triviais ou então causaram pouco efeito.

- **Nado Limpo**

Esse segmento foi o que menos sofreu alterações apresentando desprezível efeito na maioria dos parâmetros analisados. Porém o NB50 referente ao P3 teve um pequeno efeito e possível chance positiva.

- **Viradas**

Em todos os protocolos o Tviradas teve efeito negativo, em destaque para o P3, onde esse efeito foi de maior valor, mostrando uma maior possível chance negativa nos valores de tempo de virada. Consequentemente isso apresenta uma melhora nessa variável.

Tabela 4. Valores em média e desvio padrão dos parâmetros mecânicos na saída do bloco, nado limpo e virada nos diferentes protocolos.

	Protocolo 1	Protocolo 2	Protocolo 3	Protocolo 4
Saída do bloco				
DM (cm)	375,95 ± 25,91	383,56 ± 24,73	380,80 ± 28,46	382,38 ± 30,29
TR (s)	1,00 ± 1,06	0,88 ± 0,26	1,01 ± 0,53	1,01 ± 0,48
TV (s)	0,89 ± 0,21	1,92 ± 1,74	0,97 ± 0,20	0,99 ± 0,29
SB (s)	3,01 ± 0,12	2,44 ± 1,15	2,93 ± 0,16	2,93 ± 0,20
VHQ (m.s⁻¹)	4,39 ± 0,84	3,22 ± 1,70	4,05 ± 0,80	4,09 ± 0,95
AS (°)	36,15 ± 14,93	28,18 ± 18,43	35,57 ± 15,55	33,77 ± 17,38
AE (°)	31,97 ± 13,13	29,61 ± 10,45	30,10 ± 10,91	30,41 ± 12,86
VAJ (°.s⁻¹)	40,77 ± 26,42	41,12 ± 32,76	48,15 ± 29,60	44,57 ± 21,40
Nado Limpo				
NB25	9,92 ± 1,68	9,82 ± 1,83	10,17 ± 1,75	10,17 ± 1,53
NB50	11,42 ± 1,83	11,69 ± 1,65	12,17 ± 2,04	11,67 ± 1,23
FB25 (Hz)	1,16 ± 0,15	1,51 ± 0,31	1,52 ± 0,24	1,53 ± 0,26
FB50 (Hz)	1,43 ± 0,15	1,75 ± 0,22	1,76 ± 0,26	1,74 ± 0,19
CB25 (m)	0,90 ± 0,15	0,89 ± 0,17	0,92 ± 0,16	0,92 ± 0,14
CB50 (m)	1,04 ± 0,17	1,06 ± 0,15	1,11 ± 0,19	1,06 ± 0,11
IB25 (m².s)	1,53 ± 0,21	1,51 ± 0,31	1,52 ± 0,24	1,53 ± 0,26
IB50 (m².s)	1,73 ± 0,21	1,75 ± 0,22	1,76 ± 0,26	1,74 ± 0,19
Virada				
Tvirada (s)	3,30 ± 0,38	3,17 ± 0,30	3,12 ± 0,28	3,17 ± 0,34

Tabela 5. Tamanho do efeito sobre os parâmetros biomecânicos de saída do bloco, nado limpo e virada nos diferentes protocolos.

	Protocolo 2		Protocolo 3		Protocolo 4	
	ES $\pm$ 90%IC	ive/Trivial/+ive	ES $\pm$ 90%IC	-ive/Trivial/+ive	ES $\pm$ 90%IC	-ive/Trivial/+ive
Saída do bloco						
DM	0,30 $\pm$ 0,30	0/16/83	0,18 $\pm$ 0,15	0/60/40	0,23 $\pm$ 0,19	0/39/61
TR	-0,34 $\pm$ 0,22	70/30/0	0,02 $\pm$ 0,02	0/100/0	0,03 $\pm$ 0,02	0/100/0
TV	1,06 $\pm$ 0,77	1/5/94	0,39 $\pm$ 0,32	0/15/85	0,41 $\pm$ 0,33	0/14/86
SB	-0,90 $\pm$ 0,73	94/5/1	-0,53 $\pm$ 0,44	90/9/1	-0,47 $\pm$ 0,38	88/11/0
VHQ	-0,92 $\pm$ 0,63	93/6/1	-0,41 $\pm$ 0,33	86/14/0	-0,33 $\pm$ 0,27	80/20/0
AS	-0,48 $\pm$ 0,32	85/15/0	-0,04 $\pm$ 0,03	0/100/0	-0,15 $\pm$ 0,12	23/77/0
AE	-0,20 $\pm$ 0,11	13/88/0	-0,16 $\pm$ 0,13	27/73/0	-0,12 $\pm$ 0,10	9/91/0
VAJ	0,01 $\pm$ 0,25	0/100/0	0,26 $\pm$ 0,22	0/30/70	0,16 $\pm$ 0,13	0/71/29
Nado Limpo						
NB25	-0,06 $\pm$ 0,05	0/100/0	0,15 $\pm$ 0,12	0/78/22	0,16 $\pm$ 0,13	0/72/28
NB50	0,16 $\pm$ 0,13	0/71/29	0,39 $\pm$ 0,32	0/15/84	0,16 $\pm$ 0,13	0/68/32
FB25	-0,08 $\pm$ 0,07	1/99/0	-0,06 $\pm$ 0,05	0/100/0	-0,02 $\pm$ 0,01	0/100/0
FB50	0,07 $\pm$ 0,06	0/100/0	0,12 $\pm$ 0,10	9/91/0	0,02 $\pm$ 0,02	0/100/0
CB25	-0,06 $\pm$ 0,05	0/100/0	0,15 $\pm$ 0,12	0/78/22	0,16 $\pm$ 0,13	0/72/28
CB50	0,16 $\pm$ 0,13	0/63/37	0,39 $\pm$ 0,32	0/15/84	0,16 $\pm$ 0,13	0/68/32
IB25	-0,08 $\pm$ 0,07	0/100/0	-0,06 $\pm$ 0,05	0/100/0	-0,02 $\pm$ 0,01	0/100/0
IB50	0,07 $\pm$ 0,06	0/86/14	0,12 $\pm$ 0,10	9/91/0	0,02 $\pm$ 0,02	0/100/0
Virada						
Tvirada	-0,39 $\pm$ 0,32	84/15/0	-0,55 $\pm$ 0,45	91/9/1	-0,37 $\pm$ 0,31	84/16/0

Em relação ao desempenho a Figura 20 mostra o comportamento e o tamanho do efeito da velocidade de nado nos diferentes protocolos. Pode-se observar um decaimento da velocidade ao longo do esforço. A distância dos 5m se apresentou como maior efeito em relação às demais, sendo que no P2 e P4 mostrou um grande efeito (0,55) e (0,67) respectivamente.

Figure 20. Alterações na velocidade de nado das distâncias 0, 5m, 15m, 25m e 50m durante o desempenho 50m nado crawl nos diferentes protocolos. **Protocolo 2:** 5m = 1/9/90 [provável positivo], 15m = 0/100/0 [mais provável trivial], 25m = 0/98/2 [muito provável trivial], 50m = 54/46/0 [possível negativo]; **Protocolo 3:** 5m = 0/35/65 [provável positivo], 15m = 52/48/0 [possível negativo], 25m = 62/38/0 [possível negativo], 50m = 86/14/0 [provável negativo]; **Protocolo 4:** 5m = 1/7/92 [provável positivo], 15m = 0/63/37 [possível trivial], 25m = 0/100/0 [mais provável trivial], 50m = 32/68/0 [possível trivial].

Abaixo estão representados os valores médios do tempo e velocidade de nado monitorados durante todo esforço (Tabela 6). Como esperado, o tempo se comporta inversamente à velocidade de nado a cada segmento, onde a distância de 5m apresentou um menor tempo e maior velocidade de nado (Figura 21).

Tabela 6. Média e desvio padrão das variáveis tempo e velocidade de nado nas distâncias 5m, 15m, 25m e 50m referente ao esforço de 50m nado crawl

	Protocolo 1	Protocolo 2	Protocolo 3	Protocolo 4
Tempo (s)				
TOTAL	27,01 ± 1,18	27,01 ± 1,25	27,44 ± 1,26	27,12 ± 1,44
5m	1,57 ± 0,40	1,39 ± 0,19	1,46 ± 0,16	1,37 ± 0,10
15m	7,59 ± 0,35	7,58 ± 0,50	7,69 ± 0,47	7,53 ± 0,47
25m	13,31 ± 0,61	13,26 ± 0,74	13,47 ± 0,66	13,31 ± 0,82
50m	13,69 ± 0,71	13,83 ± 0,66	13,98 ± 0,67	13,81 ± 0,71
Velocidade (m.s)⁻¹				
TOTAL	1,85 ± 0,08	1,85 ± 0,08	1,83 ± 0,08	1,85 ± 0,10
5m	3,34 ± 0,67	3,64 ± 0,42	3,48 ± 0,48	3,66 ± 0,29
15m	1,98 ± 0,09	1,99 ± 0,13	1,96 ± 0,12	2,00 ± 0,12
25m	1,88 ± 0,09	1,89 ± 0,10	1,86 ± 0,09	1,88 ± 0,11
50m	1,83 ± 0,09	1,81 ± 0,09	1,79 ± 0,09	1,81 ± 0,10

Figura 21. Alterações no tempo de nado das distâncias 0, 5m, 15m, 25m e 50m, tempo de reação (TR) e tempo de voo (TV) durante o desempenho 50m nado crawl nos diferentes protocolos. **Protocolo 2:** TR = 70/30/0 [possível negativo], TV = 1/5/94 [provável positivo], 5m = 91/8/1 [provável negativo], 15m = 0/100/0 [mais provável trivial], 25m = 0/100/0 [mais provável trivial], 50m = 0/50/50 [possível trivial]; **Protocolo 3:** TR = 0/100/0 [mais provável trivial], TV = 0/15/85 [provável positivo], 5m = 85/15/0 [provável negativo], 15m = 0/37/63 [possível positivo], 25m = 0/35/65 [possível positivo], 50m = 0/14/86 [provável positivo]; **Protocolo 4:** TR = 0/100/0 [mais provável trivial], TV = 0/14/86 [provável positivo], 5m = 93/6/1 [provável negativo], 15m = 21/79/0 [possível trivial], 25m = 0/100/0 [mais provável trivial], 50m = 0/67/33 [possível trivial].

6. DISCUSSÃO

Intervalo Individual e Potencialização pós ativação

O objetivo foi determinar o melhor intervalo individual para os diferentes modelos de PPA. Os principais resultados foram o aumento da TPmi e %AVmi no P2 no intervalo correspondente ao 8º minuto e 4º minuto, repectivamente, após PPA; a diminuição da FP e FM no membro superior no P3 e diminuição da FMmi no P4. Se olharmos o %AVmi podemos dizer que ocorreu PPA no intervalo de 4 minutos e esse achado vai de encontro com o estudo realizado por (NIBALI et al., 2015), que encontraram aumento dos níveis de força do agachamento com salto na maioria dos individuos no 4º minuto de intervalo entre a PPA e a avaliação, porém se olharem a média, não ocorreu potencialização. Além disso, eles controlaram as variáveis contração excentrica e concentrica, o que pode influenciar na ocorrencia ou não de PPA, pois contrações concentricas podem aumentar a fosforilação de miosinas de cadeias leves e a excentrica está relacionada à propagação e recrutamento de unidades motoras das fibras tipo II (CHIU et al., 2003; HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2005). Caso ocorra um maior recrutamento de fibras, maior será a potencialização, porém esse quadro pode demonstrar um maior estado de fadiga anteriormente a PPA e não será possível ver a ocorrência de potencialização (NIBALI et al., 2015). SANCHEZ-SANCHEZ et al. (2018), mostraram que 5 minutos de intervalo após 90%RM agachamento aumentou a habilidade de sprints repetidos em jogadores de futebol de nível nacional, porém em jogadores de nível regional a PPA apresentou pouco efeito. Isso nos mostra que além da individualidade biológica, a importancia do nível de treinamento do participante pode também influenciar na ocorrencia de PPA ou apresentar um estado de fadiga. Ainda, CUENCA-FERNÁNDEZ et al. (2017) ao avaliar o efeito da PPA não localizada em atletas treinados, também encontrou um maior valor de impulso na plataforma de força no 5º minuto após PPA no supino, agachamento e no supino mais agachamento. Porém, nosso estudo encontrou um maior efeito sobre o intervalo individual no P2, usando o afundo como atividade condicionante. Entretanto, o intervalo médio entre os protocolos para possível potencialização ficou em média no 8º minuto.

Parâmetros neuromusculares e 30 segundos em nado atado

Apesar do 30NA ser utilizado como avaliação da participação anaeróbia de nadadores por ser considerado uma adaptação ao teste de Wingate e estar correlacionado com o desempenho de curta e média duração (50 – 400m) (MARINHO; ANDRIES JR, 2001; PAPOTI et al., 2003), ainda não se sabe se os fatores provenientes do 30NA são correlacionados com a contribuição anaeróbia em distancias curtas, o que indica que outros fatores podem estar correlacionados com essas variáveis. Em relação aos 30NA encontramos correlações da FP_{NA} com a $TPms$ na diferença percentual. Nos valores absolutos foram encontradas correlações da FM_{NA} com $TSmi$ pós e IMP_{NA} com $FPms$ e $FMms$ pós. Esses resultados nos mostra que as variáveis de níveis de força em 30NA parece estar relacionada a fatores de fadiga periféria devido à diminuição dos valores $TPms$ (-14,22%) e de $TSmi$ (-6,22%) após 30NA. Isso pode ter ocorrido pelos maiores valores de força pico nos primeiros segundos do teste, impossibilitando a manutenção dos mesmos ao decorrer do teste e consequentemente diminuindo a média de força. Além disso, o IMP_{NA} apresentou moderada correlação com os valores de FP e FM de membros superiores mostrando uma concomitante manutenção do desempenho em 30NA e parâmetros neuromusculares. Visto isso, parece ser de extrema importancia que estímulos neuromusculares sejam incorporados na rotina de treinamento dos nadadores afim de aumentar a manutenção dos níveis de força propulsiva aplicada na água.

Parâmetros neuromusculares nos diferentes modelos de PPA

Foi encontrado um efeito positivo em $FPms$, $FMms$ e $\%AVmi$ no momento do intervalo individual e após os 50m. Podemos afirmar que ocorreu de fato a potencialização nos diferentes protocolos de PPA. Porém o P2 foi o que apresentou maior efeito entre eles. Interessantemente, os parâmetros relacionados à fadiga central e periférica se mantiveram triviais, somente no P4 a variável $TPmi$ apresentou um pequeno efeito de provável chance positiva no intervalo individual mostrando a ligação de uma possível fadiga periférica com o uso desse protocolo devido a diminuição dos valores de força provocado pelo estímulo elétrico. XENOFONDOS et al. (2015), avaliou as possíveis influências dos mecanismos neurais em relação a PPA usando contração voluntária máxima com duração de 10 segundos, não encontraram aumento na excitabilidade de motoneurônios e que isso pode ser um fator limitante para presença de PPA. Ainda, concluem que

a ocorrência de PPA podem estar mais ligados a fatores periféricos o que explica maiores valores de %AVmi no intervalo individual. Esse efeito positivo também pode ser explicado pela relação da complexidade do exercício e aumento da coordenação intramuscular e intermuscular (TILLIN; BISHOP, 2009; ZHI et al., 2005), visto que o exercício afundo demanda de maior coordenação e é o exercício mais complexo entre os propostos.

Parâmetros mecânicos nos diferentes modelos de PPA

Os resultados nos mostram uma grande influência dos protocolos nos parâmetros mecânicos referentes a saída do bloco. O P2 mostrou grande efeito em quase todas as variáveis, menos nos AE e VAJ. Esses resultados são concordantes com os encontrados no estudo de CUENCA-FERNÁNDEZ; LÓPEZ-CONTRERAS e ARELLANO (2015) e nos mostram que a melhora dos parâmetros da saída pode ter resultado em maior impulso gerado no momento de aplicação da força no bloco no durante a partida resultando na maior distância alcançada em menor tempo, como também na melhora da VHQ. A variável VAJ teve um pequeno efeito nos protocolos 3 e 4, isso pode ser explicado pela realização do salto no caixote como PPA, pois a realização de saltos pode melhorar a saída do bloco (REBUTINI et al., 2016).

Em relação aos parâmetros de nado limpo os protocolos de PPA se mantiveram triviais em relação ao modelo convencional. Porém o P3 apresentou um pequeno efeito no NB nos últimos 25m do percurso apresentando o aumento no número de braçadas, o que explica o decaimento da velocidade de nado e aumento do tempo no percurso.

A velocidade de nado apresenta uma diminuição ao decorrer do percurso em todos os protocolos. Isso pode ocorrer devido à falta de tolerância à acidose, um fator importante no treinamento de nadadores velocistas. Porém o P2 foi o que mais apresentou efeito positivo sobre a velocidade de nado durante o percurso, o que também pode ser explicado pela melhora dos parâmetros de saída do bloco, principalmente o TV, T5m e TR.

Em todos os protocolos observamos melhora no tempo de virada e corresponde a aproximadamente 12% do tempo no desempenho 50m (P1: 12,23%; P2: 11,74%; P3: 11,37%; P4: 11,68%). Porém o P3 teve o melhor tempo com efeito moderado sobre o modelo convencional, pois pode ter sofrido influência da realização do salto e consequentemente realizado a virada mais rápido e com maior impulsão na parede.

Limitações do Estudo

O principal fator influenciável foi o intervalo de tempo entre as avaliações. Poderíamos ter encontrado resultados diferentes caso tivéssemos dado um intervalo maior do que 24h entre as situações como também avaliado em outras fases do treinamento dos participantes, como por exemplo, o polimento ou até mesmo no período competitivo. Além disso, poderia ser monitorado parâmetros psicológicos, pois o aquecimento, além da preparação das variáveis fisiológicas, é um momento de concentração e preparação para a estratégia de prova o que pode influenciar diretamente no desempenho (BISHOP, DAVID, 2003). Ainda, a intensidade e volume do aquecimento na água podem não ter sido suficiente para ocorrer mudanças necessárias para que ocorresse a potencialização e o corpo estivesse preparado para o esforço (NEIVA et al., 2014). Seria interessante o monitoramento da temperatura corporal nos momentos pré, pós ativação e pós esforço máximo nos 50m, já que essa variável é um dos objetivos principais do aquecimento. SARGEANT (1987), mostrou que o aumento de 1°C na temperatura muscular pode apresentar uma melhora de até 4% na força muscular das pernas, assim como a manutenção da temperatura do core e o aumento nas concentrações de hemoglobina na parte superior do corpo são fatores que podem apresentar melhora nos 100m nado livre (MCGOWAN et al., 2017). Portanto, é importante encontrar a melhor estratégia para a manutenção da temperatura do atleta. Essas podem ser algumas variáveis influenciadoras, porém é possível que ocorra a potencialização da musculatura de interesse e intermediada pela AC e de fato não seja possível a melhora de desempenho devido ser atividades diferentes, mesmo que próximas à mecânica da modalidade (DUTHIE; YOUNG; AITKEN, 2002; YOUNG; JENNER; GRIFFITHS, 1998)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo híbrido não foi eficiente para melhora de desempenho nos 50m em relação ao aquecimento convencional possivelmente por ter apresentado um quadro de fadiga periférica residual. O protocolo 2 apresentou maior efeito sobre os parâmetros analisados e de fato foi possível ocorrer a potencialização nos diferentes protocolos e melhora dos parâmetros neuromusculares e mecânicos, porém não foi possível melhorar o desempenho nos 50m, visto que a melhora de segundos em uma prova de curta distância pode ser determinante para o sucesso.

Podemos concluir que os protocolos influenciaram de maneira específica cada segmento do percurso e isso é de grande importância para o treinamento diário de nadadores, assim é possível utilizar desses protocolos afim de melhorar variáveis que não estão tão bem desenvolvidas, potencializando-as ao longo do período competitivo.

8. REFERÊNCIAS

ABBATE, F.et al. Effects of high-frequency initial pulses and posttetanic potentiation on power output of skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 1, p. 35-40, 2000. ISSN 1522-1601.

ALLEN, G.; GANDEVIA, S.; MCKENZIE, D. Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. **Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine**, v. 18, n. 6, p. 593-600, 1995. ISSN 0148-639X.

ARELLANO, R. Análisis cinemático de la competición en natación. **Entrenamiento Técnico de Natación. Arellano Colomina R., ed. España: CULTIVALIBROS**, p. 201-206, 2010.

BATISTA, M. A.et al. Intermittent exercise as a conditioning activity to induce postactivation potentiation. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 3, p. 837-840, 2007. ISSN 1064-8011.

BAUDRY, S.; DUCHATEAU, J. Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the load-velocity relation of tetanic and voluntary shortening contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 4, p. 1318-1325, 2007. ISSN 8750-7587.

BENJANUVATRA, N.et al. Force development profile of the lower limbs in the grab and track start in swimming. **ISBS-Conference Proceedings Archive**, 2008.

BISHOP, D. Warm-up II: Performance changes following active warm up on exercise performance. **Sports Medicine**, v. 33, p. 483-498, 2003.

BISHOP, D. Warm up I: Potential mechanisms and the effects of passive warm-up on exercise performance. **Sports medicine**, v. 33, n. 6, p. 439-454, 2003. ISSN 0112-1642.

BOBO, M. The effect of selected types of warm-up on swimming performance. **Int Sports J**, v. 3, n. 2, p. 37-43, 1999.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 4, n. 3, 2001. ISSN 1097-9751.

BURNLEY, M.; DAVISON, G.; BAKER, J. R. Effects of priming exercise on VO₂ kinetics and the power-duration relationship. **Medicine and science in sports and Exercise**, v. 43, n. 11, p. 2171-2179, 2011. ISSN 0195-9131.

CAMPOS, E. Z. et al. Anaerobic contribution determined in swimming distances: relation with performance. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 755, 2017. ISSN 1664-042X.

CARNEIRO, C. **Seja Foda!** São Paulo: Buzz Editora, 2017. 208 ISBN 978-85-93156-29-8.

CHAINOK, P. et al. NEUROMUSCULAR ACTIVATION DURING ROTATION AND PUSH-OFF PHASES OF BACKSTROKE TO BREASTSTROKE TURNING TECHNIQUES IN AGE-GROUP SWIMMERS. ISBS-Conference Proceedings Archive, 2016.

CHIU, L. Z. et al. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 17, n. 4, p. 671-677, 2003. ISSN 1064-8011.

COSTILL, D.et al. Metabolic characteristics of skeletal muscle during detraining from competitive swimming. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 17, n. 3, p. 339-343, 1985a. ISSN 0195-9131.

COSTILL, D.et al. Energy Expenditure During Front Crawl Swimming: Predicting Success in Middle-E. **Int. J. Sports Med**, v. 6, p. 266-270, 1985b.

CUENCA-FERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-CONTRERAS, G.; ARELLANO, R. Effect on swimming start performance of two types of activation protocols: lunge and YoYo squat. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 3, p. 647-655, 2015. ISSN 1064-8011.

CUENCA-FERNÁNDEZ, F.et al. Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: a pilot study. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n. 10, p. 1122-1125, 2017. ISSN 1715-5312.

DASSOFF, A. S.; FORWARD, N. R.; KATICA, C. P. Differences between the Grab Start and Track Start in Collegiate Swimmers. **International Journal of Exercise Science**, v. 10, n. 4, p. 515-521, 2017. ISSN 1939-795X.

DE JESUS, K.et al. Biomechanical analysis of backstroke swimming starts. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 7, p. 546, 2011. ISSN 0172-4622.

DE VILLARREAL, E. S. S.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 4, p. 393-401, 2007. ISSN 1439-6319.

DUTHIE, G. M.; YOUNG, W. B.; AITKEN, D. A. The acute effects of heavy loads on jump squat performance: An evaluation of the complex and contrast methods of power development. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 16, n. 4, p. 530-538, 2002. ISSN 1064-8011.

ESFORMES, J. I.; CAMERON, N.; BAMPOURAS, T. M. Postactivation potentiation following different modes of exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 7, p. 1911-1916, 2010. ISSN 1064-8011.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. Morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports medicine**, v. 37, n. 2, p. 145-168, 2007. ISSN 0112-1642.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725-1789, 2001. ISSN 1522-1210.

GIRARD, O.; BISHOP, D. J.; RACINAIS, S. Neuromuscular adjustments of the quadriceps muscle after repeated cycling sprints. **PloS one**, v. 8, n. 5, p. e61793, 2013. ISSN 1932-6203.

GIROLD, S. et al. Effects of dry-land vs. resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 599-605, 2007. ISSN 1064-8011.

GÜLLICH, A.; SCHMIDTBLEICHER, D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. **New Studies in Athletics**, v. 11, p. 67-84, 1996. ISSN 0394-1973.

HAMADA, T. et al. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. **Journal of applied physiology**, v. 88, n. 6, p. 2131-2137, 2000. ISSN 1522-1601.

HAMILL, J. K., K.M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.

HANCOCK, A. P.; SPARKS, K. E.; KULLMAN, E. L. Postactivation potentiation enhances swim performance in collegiate swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 912-917, 2015. ISSN 1064-8011.

HAY, J. **The biomechanics of sports techniques**. Prentice-Hall, 1978. ISBN 0130845345.

HODGSON, M.; DOCHERTY, D.; ROBBINS, D. Post-activation potentiation. **Sports medicine**, v. 35, n. 7, p. 585-595, 2005. ISSN 0112-1642.

HODGSON, M. J.; DOCHERTY, D.; ZEHR, E. P. Postactivation potentiation of force is independent of h-reflex excitability. **International journal of sports physiology and performance**, v. 3, n. 2, p. 219-231, 2008. ISSN 1555-0265.

HOPKINS, W. et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine+ Science in Sports+ Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3, 2009. ISSN 0195-9131.

JORGIC, B. et al. The kinematic analysis of the grab and track start in swimming. **Facta universitatis-series: Physical Education and Sport**, v. 8, n. 1, p. 31-36, 2010. ISSN 1451-740X.

KESKINEN, K. L. **Measurement of technique in front crawl swimming**. Karger Publishers, 1994. 117-125.

KILDUFF, L. P. et al. Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1134-1138, 2007. ISSN 1064-8011.

KILDUFF, L. P. et al. Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2418-2423, 2011. ISSN 1064-8011.

KILDUFF, L. P. et al. Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. **Journal of sports sciences**, v. 26, n. 8, p. 795-802, 2008. ISSN 0264-0414.

KUBO, K. et al. Effects of repeated muscle contractions on the tendon structures in humans. **European journal of applied physiology**, v. 84, n. 1-2, p. 162-166, 2001. ISSN 1439-6319.

LEE, C. et al. Comparison of the dynamics of the swimming grab start, squat jump, and countermovement jump of the lower extremity. ISBS-Conference Proceedings Archive, 2001.

MACINTOSH, B. R.; WILLIS, J. C. Force-frequency relationship and potentiation in mammalian skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 2088-2096, 2000. ISSN 1522-1601.

MAGLISCHO, C. W.; MAGLISCHO, E. W. Tethered and nontethered crawl swimming. ISBS-Conference Proceedings Archive, 2008.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando o mais rápido possível**. Manole, 2010. ISBN 8520422497.

MAHLFELD, K.; FRANKE, J.; AWISZUS, F. Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. **Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine**, v. 29, n. 4, p. 597-600, 2004. ISSN 0148-639X.

MARINHO, P.; ANDRIES JR, O. Avaliação da força propulsora do nadador: validação e reprodutibilidade de uma metodologia específica. **Rev Bras Ciên e Mov (Supl)**, v. 79, 2001.

MATSUDO, V. K. R. Prediction of future athletic excellence. 1996.

MCCUTCHEON, L.; GEOR, R.; HINCHCLIFF, K. Effects of prior exercise on muscle metabolism during sprint exercise in horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 5, p. 1914-1922, 1999. ISSN 1522-1601.

MCGOWAN, C. J.et al. Elite sprint swimming performance is enhanced by completion of additional warm-up activities. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 15, p. 1493-1499, 2017. ISSN 0264-0414.

MESSONNIER, L.et al. Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 29, n. 3, p. 396-401, 1997. ISSN 0195-9131.

METZGER, J. M.; GREASER, M. L.; MOSS, R. L. Variations in cross-bridge attachment rate and tension with phosphorylation of myosin in mammalian skinned skeletal muscle fibers. Implications for twitch potentiation in intact muscle. **The Journal of general physiology**, v. 93, n. 5, p. 855-883, 1989. ISSN 0022-1295.

MIYASHITA, M. Critical aspects of biomechanics in swimming. **Biomechanics and Medicine in Swimming**, v. 7, p. 17-22, 1996.

MUJIKA, I.; PADILLA, S.; PYNE, D. Swimming performance changes during the final 3 weeks of training leading to the Sydney 2000 Olympic Games. **International journal of sports medicine**, v. 23, n. 08, p. 582-587, 2002. ISSN 0172-4622.

NEIVA, H. P.et al. Warm-up and performance in competitive swimming. **Sports Medicine**, v. 44, n. 3, p. 319-330, 2014. ISSN 0112-1642.

NIBALI, M. L. et al. Considerations for determining the time course of post-activation potentiation. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 11, p. 1163-1170, 2015. ISSN 1715-5312.

ÖZYENER, F. et al. Influence of exercise intensity on the on-and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **The Journal of Physiology**, v. 533, n. 3, p. 891-902, 2001. ISSN 1469-7793.

PAPOTI, M. et al. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 3, n. 3, p. 36-42, 2003.

PEARSON, J. et al. Hemodynamic responses to heat stress in the resting and exercising human leg: insight into the effect of temperature on skeletal muscle blood flow. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 300, n. 3, p. R663-R673, 2010. ISSN 0363-6119.

PHILLIPS, S. et al. Increased clearance of lactate after short-term training in men. **Journal of Applied Physiology**, v. 79, n. 6, p. 1862-1869, 1995. ISSN 8750-7587.

RASSIER, D.; MACINTOSH, B. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, n. 5, p. 499-508, 2000. ISSN 0100-879X.

REBUTINI, V. Z. et al. Plyometric long jump training with progressive loading improves kinetic and kinematic swimming start parameters. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 9, p. 2392-2398, 2016. ISSN 1064-8011.

REQUENA, B. et al. Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 367-373, 2011. ISSN 1064-8011.

ROBBINS, D. W.; DOCHERTY, D. Effect of loading on enhancement of power performance over three consecutive trials. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 898, 2005. ISSN 1064-8011.

ROBERGS, R. et al. Effects of warm-up on blood gases, lactate and acid-base status during sprint swimming. **International journal of sports medicine**, v. 11, n. 04, p. 273-278, 1990. ISSN 0172-4622.

ROMNEY, N. C.; NETHERY, V. The effects of swimming and dryland warm-ups on 100-yard freestyle performance in collegiate swimmers. **J Swim Res**, v. 9, p. 5-9, 1993.

SALE, D. G. Neural adaptation to strength training. **Strength and power in sport**, p. 281-314, 2003.

SANCHEZ-SANCHEZ, J. et al. Effects of different post-activation potentiation warm-ups on repeated sprint ability in soccer players from different competitive levels. **Journal of human kinetics**, v. 61, n. 1, p. 189-197, 2018. ISSN 1899-7562.

SARGEANT, A. J. Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 56, n. 6, p. 693-698, 1987. ISSN 0301-5548.

SARRAMIAN, V. G.; TURNER, A. N.; GREENHALGH, A. K. Effect of postactivation potentiation on fifty-meter freestyle in national swimmers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1003-1009, 2015. ISSN 1064-8011.

SEIFERT, L. et al. Different profiles of the aerial start phase in front crawl. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 2, p. 507-516, 2010. ISSN 1064-8011.

SIGNORILE, J. E.; ZINK, A. J.; SZWED, S. P. A comparative electromyographical investigation of muscle utilization patterns using various hand positions during the lat pull-down. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 16, n. 4, p. 539-546, 2002. ISSN 1064-8011.

SMITH, C. A. The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 19, n. 1, p. 12-17, 1994. ISSN 0190-6011.

SMITH, D. J. N., STEPHEN R.; HOGG, JOHN M. Performance evaluation of swimmers. **Sports Medicine**, v. 32, n. 9, p. 539-554, 2002.

SWEENEY, H.; BOWMAN, B. F.; STULL, J. T. Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 264, n. 5, p. C1085-C1095, 1993. ISSN 0363-6143.

TILLIN, N. A.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. **Sports medicine**, v. 39, n. 2, p. 147-166, 2009. ISSN 0112-1642.

TOUSSAINT, H. M.; HOLLANDER, A. P. Energetics of competitive swimming. **Sports Medicine**, v. 18, n. 6, p. 384-405, 1994. ISSN 0112-1642.

VANTORRE, J.; CHOLLET, D.; SEIFERT, L. Biomechanical analysis of the swim-start: a review. **Journal of sports science & medicine**, v. 13, n. 2, p. 223, 2014.

VERKHOSHANSKY, Y. V.; LAZAREV, V. Principles of planning speed and strength/speed endurance training in sports. **Strength & Conditioning Journal**, v. 11, n. 2, p. 58-61, 1989. ISSN 1524-1602.

VILAS-BOAS, J. P.et al. Biomechanical analysis of ventral swimming starts: comparison of the grab start with two track-start techniques. IXth World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. Saint Etienne: University of Saint Etienne, 2003. p.249-253.

WEST, D. J.et al. Influence of post-warm-up recovery time on swim performance in international swimmers. **Journal of science and medicine in sport**, v. 16, n. 2, p. 172-176, 2013. ISSN 1440-2440.

WOODS, K.; BISHOP, P.; JONES, E. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. **Sports Medicine**, v. 37, n. 12, p. 1089-1099, 2007. ISSN 0112-1642.

XENOFONDOS, A.et al. Post-activation potentiation: The neural effects of post—activation depression. **Muscle & nerve**, v. 52, n. 2, p. 252-259, 2015. ISSN 0148-639X.

YOUNG, W. B.; JENNER, A.; GRIFFITHS, K. Acute enhancement of power performance from heavy load squats. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 12, n. 2, p. 82-84, 1998. ISSN 1064-8011.

ZAMPARO, P.et al. Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in young swimmers. **European journal of applied physiology**, v. 83, n. 6, p. 487-491, 2000. ISSN 1439-6319.

ZHI, G.et al. Myosin light chain kinase and myosin phosphorylation effect frequency-dependent potentiation of skeletal muscle contraction. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 48, p. 17519-17524, 2005. ISSN 0027-8424.

ZOCHOWSKI, T.; JOHNSON, E.; SLEIVERT, G. Effects of Varying Post Warm-up Recovery Time on 200m Time Trial Swim Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 5, p. S231, 2006. ISSN 0195-9131.