

Relação entre força isométrica de extensão de joelhos e quadris e o desempenho na virada olímpica do nado livre

Relationship between isometric strength of knee and hip extension and the performance at the flip turn of freestyle

CORREIA RA, PRADO AKG, TEIXEIRA-ARROYO C, FRANKEN M. Relação entre força isométrica de extensão de joelhos e quadris e o desempenho na virada olímpica do nado livre *R. bras. Ci. e Mov* 2017;25(2):13-22.

Ricardo de Assis Correia¹
Alexandre K. G. Prado¹
Claudia T. Arroyo^{2,3}
Marcos Franken^{1,4}

RESUMO: O estudo objetivou verificar a correlação da força isométrica de extensão de joelho e quadris com o desempenho na virada do nado livre. Participaram do estudo 9 nadadores com experiência em competições de natação (idades: $23,11 \pm 4,20$ anos; estatura: $178 \pm 0,05$ cm; massa: $77,73 \pm 8,56$ kg; IMC: $24,46 \pm 2,40$ kg/m²). Um transdutor de força acoplado ao aparelho *leg press* horizontal foi usado para determinar a contração voluntária máxima e a taxa de desenvolvimento de força pico em três diferentes ângulos de joelho ($78,4 \pm 5,9^\circ$; $100,4 \pm 5,3^\circ$; $116,2 \pm 8,8^\circ$) durante extensão máxima de joelhos e quadris. O desempenho da virada do nado livre foi registrado por videogametría subaquática e analisado por meio do *software Kinovea 08.15*. Cada nadador realizou três viradas máximas sendo registrado o melhor tempo entre as tentativas. Foram utilizadas média e desvio padrão, ANOVA one-way, correlação de Pearson e $\alpha = 0,05$. Os resultados indicaram que os maiores ângulos registraram maiores picos de contração voluntária máxima: $2279,14 \pm 441,89$ N; $4690,98 \pm 1148,06$ N; $5052,57 \pm 1349,92$ N e taxa de desenvolvimento de força pico: $18068,33 \pm 3238,18$ N/s; $24790,11 \pm 7214,60$ N/s; $25684,88 \pm 9366,64$ N/s. A correlação foi significativa ($r = -0,74$) entre o desempenho da virada do nado livre ($1,80 \pm 0,14$ s) e a contração voluntária máxima no maior ângulo. Logo, a capacidade de membros inferiores em produzir força máxima, em ângulos de extensão de joelhos e quadris próximos a 116° , pode ter importante papel no desempenho da virada. Além do mais, essa avaliação pode ser uma ferramenta na avaliação e prescrição de treinamento de viradas.

Palavras-chaves: Contração isométrica; Natação; Força muscular.

ABSTRACT: The study aimed to assess the correlation between isometric strength of knee and hip extension and the performance at freestyle flip turn. Participated in the study 9 swimmers with experience in swim championships (age: 23.11 ± 4.20 years, height: 178 ± 0.05 cm, weight: 77.73 ± 8.56 kg, BMI: 24.46 ± 2.40 kg/m²) comprised the sample. A transducer unit coupled to the horizontal leg press was used to determine the maximum voluntary contraction and rate of strength development peak at three different angles of knee ($78.4 \pm 5.9^\circ$; $100.4 \pm 5.3^\circ$; $116.2 \pm 8.8^\circ$) during maximal knee extension and hip. The freestyle flip turn performance was recorded by an underwater camera and subsequently analyzed by *Kinovea 08.15* software. Each swimmer performed three maximal attempts and recorded the best time. Mean, standard deviation, one-way ANOVA, Pearson's correlation and $\alpha = 0.05$ were used. The results indicated a larger angles recorded highest peaks of maximum voluntary contraction: 2279.14 ± 441.89 N; 4690.98 ± 1148.06 N; 5052.57 ± 1349.92 N and peak rate force development: 18068.33 ± 3238.18 N/s, 24790.11 ± 7214.60 N/s, 25684.88 ± 9366.64 N/s. The correlation was significant ($r = -0.74$) between the performance at freestyle flip turn (1.80 ± 0.14 s) and the maximum voluntary contraction in wider angle. Thus, the ability of the lower limbs to produce maximum force in angles of knee extension and hip near 116° , may play a role in performance at freestyle flip turn. Furthermore, this assessment can be a tool in the evaluation and training of the turning.

Key Words: Isometric contraction; Swimming; Muscle strength.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul

²Centro Universitário UNIFAFIBE

³Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

⁴Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Introdução

Na natação, pesquisas têm relacionado ao longo dos anos as diferentes expressões de força muscular com o desempenho¹⁻¹⁰. Entre outras, a avaliação da força isométrica tem aplicação relativamente rápida, fácil execução e baixo preço¹¹, bem como altos coeficientes de confiabilidade¹², facilitando sua aplicação a grandes grupos de indivíduos, sendo essa utilizada na tentativa de se identificar possíveis relações com o desempenho de nado^{13,14}. Além disso, comparada ao teste de uma repetição máxima (1RM), a avaliação da força dinâmica comumente utilizada para avaliação de força muscular em atletas, a análise da força isométrica carrega algumas vantagens, das quais podemos citar: 1) menor desgaste físico visto que são necessárias poucas tentativas e cada uma tem duração de três a quatro segundos, ao passo que nos testes de 1RM podem ser necessárias várias tentativas e com cargas progressivamente mais pesadas até a fadiga; 2) devido às múltiplas tentativas, o teste de 1RM pode ser confundido pela fadiga; 3) o teste de 1RM é limitado pelo ponto mais fraco da amplitude do movimento (i.e., *sticking point*)¹¹. Além disso, medidas de força isométrica têm se associado positivamente a ações dinâmicas específicas de diferentes modalidades esportivas¹⁵⁻¹⁸, incluindo a natação^{13,14,19}.

Uma das formas de se avaliar essa relação na natação é por meio dos níveis de força de membros superiores, visto sua importância significativa na propulsão em provas de velocidade^{20,21}. Porém, em ações acíclicas da natação, como saídas e viradas, também são de extrema importância no rendimento do nadador e podem estar relacionados à produção de força isométrica de membros inferiores¹⁴. Embora os estudos citados tenham buscado relacionar a capacidade de produzir força com o desempenho de nado, estes envolveram protocolos de avaliação de produção de força dinâmica com a saída do bloco²¹ e virada do nado crawl²². Nesse contexto, ainda não foram encontrados estudos analisando a relação entre força isométrica de membros inferiores e desempenho da virada.

A força isométrica de extensão de joelhos e quadris (FIEJQ) pode estar diretamente relacionada ao desempenho da virada no nado livre (DV), dado seu particular envolvimento com essa ação. Um dos fatores relacionados tanto na realização de viradas na natação como na capacidade de produzir força isométrica de membros inferiores é o ângulo articular dos joelhos durante a execução da ação. De fato, existem diferenças na relação do torque de força isométrica de membros inferiores com diferentes angulações, por exemplo, no movimento de extensão de pernas no aparelho *leg press* horizontal (LPH). Os achados encontraram torques maiores em intervalos angulares de 120° a 130°^{23,24}. Da mesma forma, ao realizar o movimento de virada, o ângulo de joelho na impulsão da parede também determina o nível de força despendida durante a execução do movimento^{22,25}. Alguns autores afirmam que ângulos articulares em torno de 100° a 120° adotados durante a realização da virada do nado crawl são responsáveis por melhores desempenhos^{22,25}. Embora pareça clara a relação entre ângulo articular e DV, bem como entre a produção de força, não foram encontrados estudos que buscaram relacionar a produção de força isométrica de membros inferiores, em diferentes ângulos articulares de joelho com o DV. Desse modo, surge a hipótese que ângulos maiores de FIEJQ produzem maiores forças e estejam relacionados ao melhor DV. Se confirmada associação positiva entre força isométrica e DV, a FIEJQ poderá ser utilizada como uma ferramenta adicional de avaliação para o treinador identificar possíveis fatores que limitam o DV em seus atletas. Portanto, o objetivo do estudo foi correlacionar os valores de contração voluntária máxima (CVM) em diferentes ângulos de FIEJQ com o DV.

Materiais e método

Amostra

Participaram do estudo nove nadadores universitários do sexo masculino, com média de idade de $23,11 \pm 4,20$ anos; estatura: $178,00 \pm 5,00$ cm; massa corporal: $77,73 \pm 8,56$ kg, índice de massa corporal (IMC): $24,46 \pm 2,40$ kg/m², com experiência em natação competitiva. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do

Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro/SP (CAAE: 23216213.9.0000.5387). Todos os nadadores receberam informações sobre os procedimentos e objetivos aos quais seriam submetidos. Assim, todos concordaram em participar do estudo assinando um termo de consentimento livre e esclarecido.

Determinação dos ângulos do joelho

Para determinar cada uma das angulações do joelho em que a força isométrica foi realizada, marcadores adesivos foram afixados nos seguintes pontos anatômicos: trocânter maior do fêmur, epicôndilos laterais do fêmur e tíbia e maléolo lateral. A demarcação foi feita com os participantes sentados no *LPH* com os joelhos flexionados em três angulações distintas. As diferentes angulações foram determinadas de acordo com as posições permitidas pelo aparelho e a altura do participante. Para cada mudança de flexão e extensão dos joelhos e quadris foi realizada uma nova remarcação dos pontos anatômicos (trocânter maior do fêmur, epicôndilos laterais do fêmur e tíbia e maléolo lateral) na perna direita dos nadadores (Figura 1). Após a demarcação dos pontos anatômicos, foram feitos registros fotográficos por uma câmera digital (*Canon-Power Shot A480*) posicionada no plano sagital esquerdo do participante, paralelamente e na mesma altura do assento do *LPH* utilizado para mensurar a força isométrica. Assim, foram registradas imagens dos três diferentes ângulos articulares, sendo o menor ângulo articular médio de 78°, o intermediário ângulo articular médio de 100° e o maior ângulo articular médio de 116°. Os valores absolutos de cada ângulo articular foram posteriormente analisados e calculados por meio do software *kinovea 08.15*.

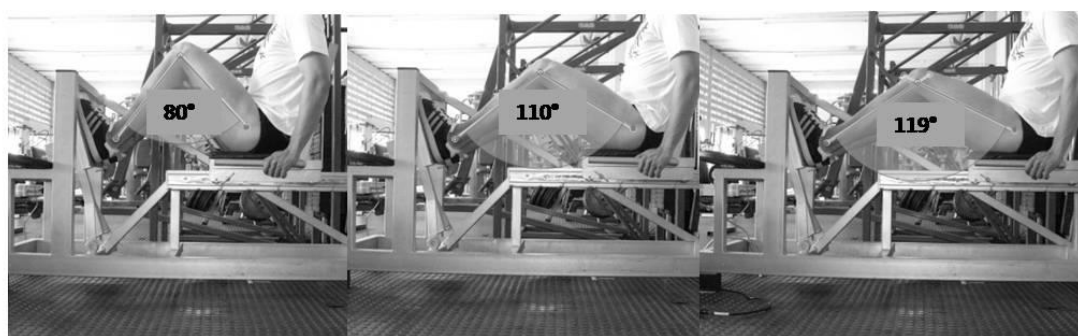


Figura 1. Imagens das angulações dos joelhos em três diferentes posições apoiados na plataforma do *leg press* horizontal de um participante respectivamente.

Avaliação e tratamento do sinal da curva força x tempo (Cf-t) isométrica

Para obtenção da Cf-t isométrica, os participantes foram posicionados sobre o *LPH* com os joelhos flexionados em três angulações distintas, de acordo com as posições permitidas pelo aparelho e estatura do participante. Inicialmente os participantes foram familiarizados aos procedimentos empregados na avaliação da Cf-t isométrica, sendo realizadas duas tentativas submáximas com intervalo de recuperação de um minuto entre elas. Em seguida, duas tentativas validas para cada angulação foram oportunizadas e os participantes foram instruídos a realizarem a contração voluntária isométrica máxima durante cinco segundos. O *LPH* foi ajustado para permitir a menor variação do ângulo articular possível ao realizar a CVM. Além disso, um dos avaliadores se posicionou ao lado do equipamento para se certificar de que não houve perda de contato do participante com o assento. Exceto a inspeção visual, não houve controle das possíveis variações angulares de joelhos e quadris durante os cinco segundos da obtenção da Cf-t isométrica. Durante a realização do teste os participantes foram encorajados verbalmente a realizarem esforços máximos. Um monitor de computador voltado para o participante fornecia um *feedback* visual da curva de força. Para se evitar os possíveis efeitos da fadiga, um intervalo de três minutos entre cada tentativa foi determinado. A ordem de realização da força isométrica nos diferentes ângulos entre os participantes foram randomizadas.

A Cf-t isométrica foi gerada a partir dos dados obtidos por meio de um transdutor de força (modelo TRF_500K, EMG System do Brasil®, São José dos Campos, SP, Brasil) acoplado atrás da plataforma de apoio dos pés no LPH. A partir da Cf-t isométrica foram obtidos os dados da CVM e taxa de desenvolvimento de força pico (TDFP). A aquisição do sinal proveniente do transdutor de força foi realizada por meio de um amplificador de sinais analógicos (modelo EMG 800C-USB, EMG System do Brasil®, São José dos Campos, SP, Brasil), com frequência de amostragem de 2000 Hz. O sinal obtido pelo amplificador foi armazenado em disco rígido e analisado posteriormente off-line.

A análise do sinal foi conduzida em ambiente *MatLab*® (2009b) por meio de uma rotina específica para determinação da CVM e TDFP. Como primeiro procedimento da análise dos dados, o sinal bruto do transdutor de força foi digitalmente filtrado por um filtro passa-baixa *Butterworth* de segunda-ordem, zero-lag e frequência de corte de 25 Hz. O início da produção de força muscular foi definido como o ponto no qual o valor de força muscular excedeu 7,5 N acima da linha de base²⁶. Para determinação da TDFP a curva Cf-t isométrica foi dividida, a partir do início da produção de força muscular, nos primeiros 200 milissegundos, em de 10 janelas regulares de 20 milissegundos. A partir disso foi calculada, para cada janela, a taxa de desenvolvimento de força, dada pela diferença de força entre o início e o fim da janela dividido pelo tempo da janela (20 milissegundos). O maior valor encontrado entre as 10 janelas foi considerada como a TDFP. Uma janela de um segundo, a partir da estabilização (platô) da Cf-t isométrica foi utilizada para determinar a CVM. Esta foi determinada como o mais alto valor alcançado na Cf-t isométrico dentro desse período. O teste matemático da primeira derivada foi utilizado para apontar o início do platô e, conseqüentemente, o ponto do qual iniciava o janelamento para determinação da CVM, evidenciado a partir do ponto no qual a reta tangente ao gráfico apresentasse coeficiente angular zero (Figura 2).

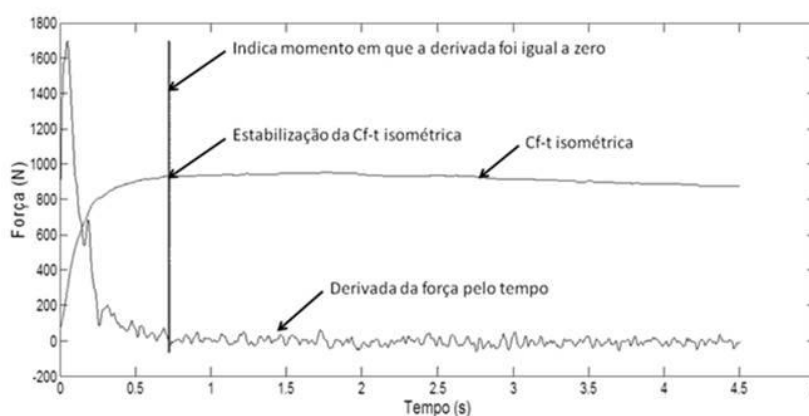


Figura 2. Determinação do início do período para análise da CVM. Cf-t=Curva força-tempo

Avaliação do desempenho de virada

Para análise do DV, os nadadores foram levados a uma piscina de 25m com profundidade de 1,90m em temperatura de aproximadamente 27°C. Antes do início dos testes, foi realizado um aquecimento característico ao realizado em provas competitivas em nado livre, a uma velocidade auto selecionada. Em seguida, foram realizados três *sprints* de 12,5 m com execução da virada em velocidade submáxima. Após o aquecimento, foram realizadas três viradas máximas. Para cada tentativa, os nadadores iniciavam na extremidade oposta ao lado de execução da virada na piscina. Os participantes foram orientados a iniciar em velocidade lenta e com posterior incremento da velocidade a partir dos 12,5 m, chegando aos 5 m finais em velocidade máxima para execução da virada. Nessa mesma distância, uma corda de *nylon* foi fixada verticalmente na raia da piscina como referência ao nadador em atingir a velocidade máxima a partir desse ponto. O intervalo de recuperação entre cada tentativa foi de três minutos. Para análise dos

resultados foi selecionado o melhor tempo obtido entre as três tentativas, sendo as demais descartadas das análises.

A fim de obter melhor acurácia na avaliação o desempenho foi analisado por videogrametria por meio de uma câmera subaquática (*HD HERO 1080, EUA*), com frequência de amostragem a 30 hz, localizada perpendicularmente a 2,5 m da borda lateral da piscina e a 0,3 m de profundidade. Uma corda de *nylon* de 2 m foi fixada junto à raia da piscina paralelo a posição da câmera e a marcação do fundo da piscina no ponto de virada. Por meio do *software kinovea 08.15*, o movimento da virada foi analisado quadro a quadro e o desempenho de virada cronometrado quando os nadadores ultrapassavam os pés da linha da corda até o retorno pelos mesmos, finalizando o tempo após as passagens dos pés (Figura 3).

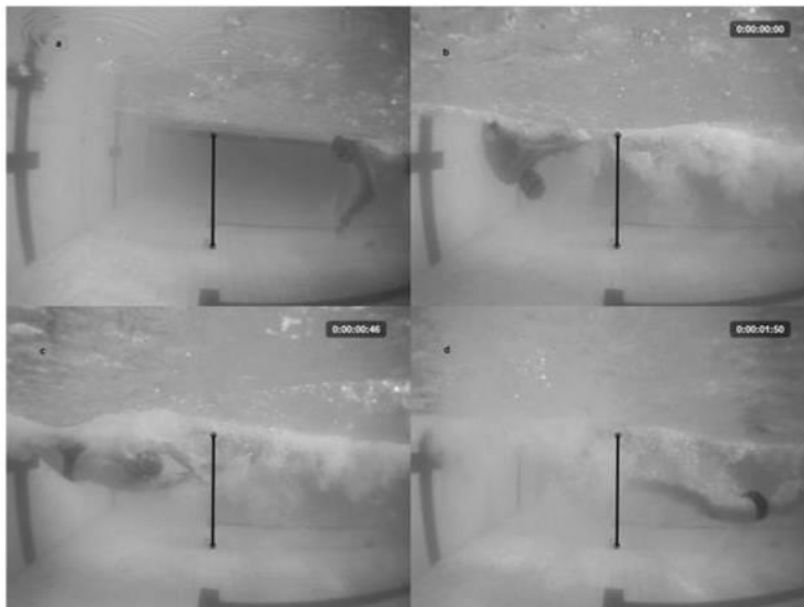


Figura 3. Sequência de imagens do tempo de virada de um participante: (a) aproximação na velocidade máxima; (b) início da cronometragem da virada; (c) impulsão da parede e (d) fim da cronometragem da virada.

Análise estatística

Para análise dos dados, foi utilizada estatística descritiva por meio de média e desvio padrão para a CVM e TDFP. Considerando a natureza paramétrica dos dados, para análise da relação entre as variáveis do estudo, foi utilizada a correlação de *Pearson*. Uma análise de variância (*ANOVA One-way*) para medidas repetidas seguida do *post-hoc* de Bonferroni foram empregados para comparar os valores de CVM, TDFP e angulações nas diferentes posições utilizadas no *LPH*. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$. Os procedimentos estatísticos foram realizados no programa SPSS, versão 17.0.

Resultados

Para as variáveis de ângulos articulares de joelho e CVM houve diferença significativa no maior ângulo articular médio 116° em relação aos demais ângulos. Não houve diferença significativa, nos valores de TDFP entre as posições. Os dados revelam que o aumento nos ângulos articulares de joelho ao realizar FIEJQ é determinante na produção de força dos nadadores, sendo que a força máxima ocorreu na maior angulação (Tabela 1).

Tabela 1. Médias e desvios padrão dos ângulos articulares de joelho, CVM e TDFP nos diferentes ângulos articulares (78°, 100° e 116°) durante FIEJQ no LPH.

	78°	100°	116°	F	P
Ângulo do Joelho (graus)	78,44 ± 5,89	100,44 ± 5,34*	116,22 ± 8,83*#	204,88	0,00
CVM (N)	2279 ± 411,89	4690,98 ± 1148,06*	5052,27 ± 1349,92*	41,45	0,00
TDFP (N/s)	18068,33 ± 3238,18	24790,11 ± 7214,60	25684,88 ± 9366,64	3,91	0,05

Legenda: 78°, 100° e 116°: menor ângulo articular médio, intermediário ângulo médio, maior ângulo articular médio, respectivamente na plataforma do *legpress* horizontal.

CVM: contração voluntária máxima;

TDFP: Taxa de desenvolvimento força pico;

FIEJQ: Força isométrica de extensão de joelhos e quadril;

LHF: *Leg press* horizontal;

F: resultado estatístico;

* Diferença significativa ($p \leq 0,05$) comparado a AA1;

Diferença significativa ($p \leq 0,05$) comparado a AA2;

A média dos melhores tempos de virada obtidos pelos nadadores foi de $1,80 \pm 0,14$ s. Assim, foi possível relacionar os valores das variáveis de força (CVM e TDFP) com o DV dos nadadores. O coeficiente de correlação de *Pearson* foi significativo somente entre a CVM na AA3 e o melhor desempenho de virada, ou seja, no maior ângulo possível de ser analisado na extensão de joelhos e quadris obtidos no *LPH* ($r = -0,74$). Já para a TDFP não houve correlação significativa entre as diferentes posições de ângulos de joelhos e desempenho de virada (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre CVM, TDFP nos diferentes ângulos articulares (78°, 100° e 116°) e a média do tempo de virada (TV); n = 9.

	r	α
CVM 78° x TV	-0,52	0,15
CVM 100° x TV	-0,45	0,22
CVM 116° x TV	-0,74*	0,02
TDFP 78° x TV	-0,15	0,69
TDFP 100° TV	-0,18	0,63
TDFP 116° x TV	-0,51	0,16

CVM: contração voluntária máxima;

TDFP: Taxa de desenvolvimento força pico;

78°, 100° e 116°: menor ângulo articular médio, intermediário ângulo médio, maior ângulo articular médio, respectivamente na plataforma do *legpress* horizontal = nível de significância, *relação significativa ($p \leq 0,05$).

Discussão

Este estudo investigou a diferença de produção de FIEJQ em diferentes ângulos em relação ao DV. Os resultados demonstraram haver relação entre a FIEJQ realizadas no aparelho *LPH* com o desempenho durante virada do estilo livre, sendo que essa relação é afetada pelo ângulo de medida da FIEJQ. Os níveis de força das CVMs em diferentes ângulos de extensão de joelhos e quadris foram significativamente diferentes, ou seja, a mudança na angulação de joelho ao realizar FIEJQ é determinante na produção de força dos nadadores. Entretanto, estudos comprovam haver um intervalo angular ideal em produzir força máxima, cujos valores inferior e superior a este provocariam um decréscimo de força. Os resultados observados no presente estudo indicam valores de força isométrica máxima um ângulo médio 116° próximo ao intervalo angular ideal de 120° a 130° indicado na literatura^{23,24}. Além disso, o ângulo de 116° se encontra dentro da faixa de ângulos articulares em torno de 100° a 120°, adotados durante a

realização de melhores desempenhos na virada do nado crawl^{22,25}.

Tem se discutido a utilização de avaliações estáticas de força muscular em atletas de modalidades esportivas que predominam ações dinâmicas. Não há consenso a respeito da relação entre força isométrica e força dinâmica¹¹, porém não é incomum encontrar estudos que apontaram associação positiva entre esses dois tipos de manifestação da força. Foi demonstrado que a força isométrica no exercício de levantamento de peso, a partir da altura da coxa, correlaciona-se com o teste em exercício similar dinâmico, de uma repetição máxima (1RM), em lutadores universitários²⁷. Associações semelhantes têm sido observadas em vários outros esportes, incluindo atletismo¹⁶, halterofilismo¹⁷ e ciclismo¹⁸. Especificamente relacionado à natação, alguns estudos buscaram analisar a associação entre força estática e ações dinâmicas^{13,14,19,21}. Marinho e Andries-Júnior¹³ encontram uma moderada correlação significativa entre a força isométrica máxima no banco biocinético com a velocidade média do nado crawl ($r = 0,57$). Beretic *et al.*¹⁴ encontraram associação entre força isométrica máxima e taxa de desenvolvimento de força de extensão de joelhos com o desempenho da saída do bloco em natação. Gola *et al.*¹⁹ também encontraram associação entre força isométrica máxima de membros superiores e velocidade de nado. West *et al.*²¹ encontraram associação entre força de preensão manual e velocidade em curtas distâncias de nadadoras juvenis, com $r = 0,54$ para a mão não dominante e $r = 0,76$ para a mão dominante. Esses dados evidenciam a utilização de medidas de força isométrica como uma ferramenta avaliação útil em natação.

Com relação à capacidade de produzir força rapidamente, não houve diferenças significativas entre as variações de ângulos de joelhos e a TDFP. Além disso, não houve associação entre a TDFP e o DV. Tais resultados não eram esperados visto que especulávamos existir um grande componente de força rápida durante a virada olímpica. Porém outros estudos não encontraram relação entre a taxa de desenvolvimento de força e o desempenho dinâmico de atletas de diferentes modalidades²⁸⁻³⁰. Um estudo envolvendo nadadores encontrou associação significativa entre a taxa de desenvolvimento de força isométrica e o desempenho em ações acíclicas, porém a medida foi feita somente para a fase de saída do nado¹⁴. McGuigan *et al.*²⁸ sugerem que a TDFP é uma qualidade de força independente das demais expressões da força, e que mais estudos são necessários para determinar a sua importância em esportes de demandam alta produção de força. Aagaard *et al.*²⁶ explicam que TDFP tem importante significado funcional na contração muscular rápida e vigorosa, principalmente em ações como um *sprint*, karatê ou boxe, que tipicamente envolvem tempos de contração de 50-250 milissegundos. Nessas condições, o curto tempo de contração pode não permitir que a força muscular máxima seja alcançada, já que nossos músculos levam um tempo maior para atingir a força máxima (i.e., 300 milissegundos para os extensores de joelho), fato que aumenta a importância da taxa de desenvolvimento de força em ações muito rápidas. No entanto, esse parece não ser o caso na natação, principalmente para os nadadores do presente estudo. Araújo *et al.*²² em estudo que avaliou a virada olímpica de nadadores de nível nacional e internacional, encontraram um tempo médio de contato com a parede durante a virada de aproximadamente 410 milissegundos, tempo esse superior aos 50-250 milissegundos sugeridos por Aagaard *et al.*²⁶ de ações em que a TDFP seria mais importante. Embora o tempo de contato não tenha sido avaliado no presente estudo, acreditamos que esse tempo seria ainda maior em nossos participantes, pois se tratam de atletas menos experientes que aqueles do estudo de Araujo *et al.*²².

Importante ressaltar que a escolha dos ângulos analisados foi baseada no fato de que tanto o ângulo ótimo de produção de força, quanto o ângulo articular durante a virada olímpica, poderiam variar significativamente de indivíduo para indivíduo. No estudo de Araujo *et al.*²², por exemplo, a amplitude angular encontrada durante a virada olímpica foi de 29° a 161°. Tal fato nos levou a utilizar os ajustes permitidos pelo nosso LPH, de forma a serem escolhidas as amplitudes mínima, intermediária e máxima que o nosso equipamento e a altura do participante juntos permitiam.

Outro fator determinante ao relacionar variáveis de força com o desempenho envolvendo viradas e saídas na natação é a distância adotada durante o percurso para a avaliação. O protocolo utilizado no estudo de Araújo *et al.*²² que

envolveu todas as fases da virada, empregou a distância de 15 m (7,5 x 7,5 m). Por outro lado, Silveira *et al.*³¹ padronizaram uma distância ideal no qual se eliminou as distâncias de nado, antes e após a virada ($1,61 \pm 0,27\text{m} \times 3,76 \pm 0,89\text{ m}$) registrando correlação alta com a força ($r = - 0,83$) e tempo de contato ($r = - 0,65$). Na avaliação do presente estudo, a utilização de apenas uma câmera para a análise limitou o campo de visão de todas as fases da virada, fator que restringiu a utilização dessa distância como protocolo de avaliação. Logo, utilizou-se a distância oficial de virada demarcada na piscina (2 x 2 m) preocupando-se em observar principalmente as fases de contato com a borda e o impulso. Além disso, as fases de início e final da virada podem estar mais dependentes de outros componentes de ações dinâmicas, cujo estudo não avaliou, devido à falta de outros instrumentos e equipamentos.

Como limitações do estudo as variações angulares durante a CVM não foram controladas durante o intervalo de 5 s, mas há hipótese que não comprometeriam os resultados, pois conforme já discutido, o ângulo médio que gerou maior produção de força isométrica se aproxima ao da literatura. O tamanho amostral, relativamente pequeno para um estudo associativo, também se caracteriza como uma limitação do estudo. Por outro lado, destacam-se os aspectos positivos como a utilização de uma avaliação acessível e prática que requer poucos equipamentos, permitindo melhor aplicabilidade por parte dos profissionais do treinamento de natação. Além disso, visto que a maior parte dos estudos buscou encontrar associações entre força isométrica de membros superiores com ações cíclicas ou com o desempenho de saída, até onde vai o nosso conhecimento, o presente estudo se destaca como o primeiro a associar a força isométrica de membros inferiores, mais especificamente a FIEJQ, com o desempenho da virada na natação.

Uma avaliação cinemática tridimensional³² com mais câmeras para determinar a angulação do joelho durante a virada, assim como, a produção de força por meio de uma plataforma de força^{33,34}, auxiliariam no melhor entendimento do fenômeno aqui estudado, embora tais métodos podem demandar maior tempo e custo, dificultando a realização dessas avaliações por treinadores. De qualquer forma, mais pesquisas são necessários para investigar as relações entre força isométrica e desempenho de nado, de forma a contribuir na identificação dos componentes que determinam o desempenho na natação.

Conclusão

Há correlação negativa e significativa entre DV e FIEJQ, medida em ângulos próximos de 116° , indicando que nadadores que possuem maiores níveis de FIEJQ alcançar menor tempo no DV, ou seja, melhor desempenho. Consequentemente, ângulos de extensão de joelhos e quadris próximos a 116° podem ter um importante papel na DV. O presente estudo avança no conhecimento, pois essa avaliação pode ser uma ferramenta eficaz na avaliação para aperfeiçoar o DV. Técnicos e treinadores poderão usar a avaliação da FIEJQ, empregando métodos similares ao do presente estudo, como forma de identificar possíveis fatores que limitam o DV em seus atletas.

Referências

1. Tanaka H, Costill DL, Thomas R, Fink WJ, Widrick JJ. Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25(8): 952-9.
2. Marinho PC, Gomes AC. Diagnóstico dos níveis de força especial em nadadores e sua influência no resultado desportivo. *Rev Trein Desp.* 1999; 4(2): 41-47.
3. Smith DJ, Norris SR, Hogg JM. Performance evaluation of swimmers scientific tools. *Sports Med.* 2002; 32(9): 539-54.
4. Papoti M, Zagatto AL, Cunha AS, Martins LEB, Gobatto CA. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da *performance* de nadadores treinados. *Rev Bras Med Esporte.* 2005, 11(2): 126-130.
5. Girolid S, Calmes P, Maurin D, Milhau N, Chatard JC. Assisted and resisted sprint training in swimming. *J Strength Cond Res.* 2006, 20(3): 547-54.

6. Barbosa CA, Moraes RC, Andries-Junior O. Efeito do treinamento de força na relação força muscular-desempenho aeróbio de nadadores competitivos *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2007; 9(4): 380-385.
7. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Vezos N, Kasimatis P, Antoniou P, Mavromatis G. Estimation of hand forces and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. *J Biomech* 2008, Epub. 2007; 41(1): 208-15.
8. Zampagni ML, Casino D, Benelli P, Visani A, Marcacci M, De Vito G. Anthropometric and strength variables to predict freestyle performance times in elite master swimmers. *J Strength Cond Res.* 2008, 22(4): 1298-307.
9. Aspenes S, Kjendlie PL, Hoff J, Helgerud J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med.* 2009; 18(3): 357-65.
10. Bocalini DS, Rica RL, Triviño RN, Serra AJ. Efeitos do treinamento de força específico no desempenho de nadadores velocistas treinados com parachute. *Rev Bras C.Esp.* 2010; 32(1): 217-27.
11. Brown LE, Weir JP. ASEP Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *J Exe Phys.* 2001; 4:1-21, 334.
12. Abernethy P, Wilson G, Logan P. Strength and Power Assessment. *Journal Sports Med.* 1995; 19(6): 401-17.
13. Marinho PC, Andries-Junior O. Mensuração da força isométrica e sua relação com a velocidade máxima de jovens nadadores com diferentes níveis de desempenho. *Rev Bras C Mov.* 2004; 12(1): 71-75.
14. Beretić I, Durović M, Okičić T, Dopsaj M. Relations between lower body isometric muscle force characteristics and start performance in elite male sprint swimmers. *J Sports Sci Med.* 2013; 12(4): 639-45.
15. McGuigan MR, Winchester JB, Erickson T. The importance of isometric maximum strength in college wrestlers. *J Sports Sci Med.* 2006; 5(CSSI): 108-13.
16. Stone MH, Sanborn K, O'Bryant HS, Hartman M, Stone ME, Proulx C, *et al.* Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(4): 739-45.
17. Stone MH, Sands WA, Pierce KC, Carlock J, Cardinale M, Newton RU. Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(6): 1037-43.
18. Stone MH, Sands WA, Carlock J, Callan S, Dickie D, Daigle K, *et al.* The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. *J Strength Cond Res.* 2004; 18(4): 878-84.
19. Gola R, Urbanik C, Iwańska D, Madej A. Relationship between muscle strength and front crawl swimming velocity. *Hum Mov.* 2014; 15(2): 110-5.
20. Garrido ND, Silva AJ, Fernandes RJ, Barbosa TM, Costa AM, Marinho DA, Marques MC. High level swimming performance and its relation to no-specific parameters: a cross-sectional study on maximum handgrip isometric strength. *Percept Mot Skills.* 2012; 114(3): 936-48.
21. West DJ, Owen NJ, Cunningham DJ, Cook CJ, Kilduff LP. Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(4): 950-5.
22. Araujo L, Pereira S, Gatti R, Freitas E, Jacomel G, Roesler H, Villas-Boas J. Analysis of the lateral push-off in the Freestyle flip turn. *J Sports Sci.* 2010; 28(11): 1175-81.
23. Hahn D, Olvermann M, Richtberg J, Seiberl W, Schwirtz A. Knee and ankle joint torque-angle relationships of multi-joint leg extension. *J Biomech.* 2011; 44(11): 2059-65.
24. Hahn D. Lower extremity extension force and electromyography properties as a function of knee angle and their relation to joint torques: implications for strength diagnostics. *J Strength Cond Res.* 2011b Jun; 25(6): 1622-31.
25. Maglischo EW. Nadando o mais rápido possível. Baueri: Manole; 2010.
26. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* (1985). 2002; 4: 1318-26.
27. McGuigan MR. WINCHESTER JB, ERICKSON T. The importance of isometric maximum strength in college wrestlers. *J Sports Sci Med;* 2006; 5: 108-13.
28. McGuigan MR, Winchester JB. The relationship between isometric and dynamic strength in college football players. *J Sports Sci Med.* 2008; 7(1): 101-5.
29. Haff GG, Stone M, O'Bryant HS, Harman E, Dinan C, Johnson R, *et al.* Force-Time Dependent Characteristics of Dynamic and Isometric Muscle Actions. *J Strength Cond Res.* 1997; 11(4): 269-72.
30. Haff GG, Carlock JM, Hartman MJ, Kilgore JL, Kawamori N, Jackson Jr, *et al.* Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women olympic weightlifters. *J Strength Cond Res.* 2005; 19(4): 741-8. .

31. Silveira G, Araujo LG, Freitas ES, Schults GR, Souza TG, Pereira SM, Roesler H. Proposta de padronização para a distância de análise do desempenho da virada no nado crawl. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2011; 13(5): 177-82.
32. Puel F, Morlier J, Avalos M, Mesnard M, Cid M, Hellard P. 3D kinematic and dynamic analysis of the front crawl tumble turn in elite male swimmers. *Journal of biomechanics.* 2012; 45(3): 510-515
33. Blanksby BA, Gathercole DG, Marshall RN. Force plate and video analysis of the tumble turn by age-group swimmers. *J Swim Res.* 1996; 40-45.
34. Pereira S, Araújo L, Freitas E, Gatti R, Silveira G, Roesler H. Biomechanical analysis of the turn in front crawl swimming. *BMS X.* 2006; 6(Suppl 2): 77-79.