



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**Adaptações e aspectos biomecânicos do complexo do ombro
em jovens nadadores**

Fernanda Assis Paes Habechian

São Carlos

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**Adaptações e aspectos biomecânicos do complexo do ombro
em jovens nadadores**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPG-FT) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Fisioterapia.

Apoio financeiro: FAPESP 2013/19711-4

FAPESP 2014/26414-6

Discente: Fernanda Assis Paes Habechian

Orientadora: Profa. Dra. Paula Rezende Camargo

São Carlos

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Fernanda Assis Paes Habechian, realizada em 24/02/2017:



Profa. Dra. Paula Rezende Camargo
UFSCar



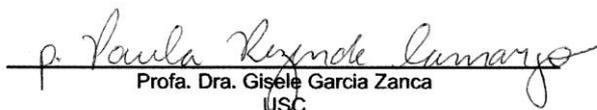
Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão
UFSCar



Profa. Dra. Stela Marcia Mattiello
UFSCar



Profa. Dra. Anamaria Siriani de Oliveira
USP



Profa. Dra. Gisele Garcia Zanca
USC

Essa pesquisa foi realizada com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP no país 2013/19711-4 e BEPE 2014/26412-6.

Dedico esta tese aos meus pais, **Celina e Antonio lemma**, seres iluminados que tive a honra de reencontrar nesta vida! São a minha base, a minha inspiração!

Agradecimentos

Meus agradecimentos vão primeiramente à **Deus**, por estar ao meu lado, me dando forças, saúde e me presenteando com pessoas iluminadas que me ajudaram a chegar até aqui.

Sou grata à minha orientadora, **Profa. Dra. Paula R. Camargo**, pela oportunidade de trabalhar com você nesses 6 anos, pelos aprendizados, pela paciência, pelos puxões de orelha e incentivos. Sou grata por todas as oportunidades que me deu, pela confiança e pela amizade.

Ao meu marido **Beto Zamunér**, pelo seu companheirismo, compreensão e amor. Obrigada por estar ao meu lado e me apoiar em todas as minhas decisões e tornar o que parecia difícil e impossível mais fácil e agradável ao seu lado. Obrigada por ser também além de marido, meu parceiro de trabalho, me auxiliando em minhas dúvidas, estatísticas... Você foi essencial nessa minha caminhada!

À minha mãe **Celina lemma**, mulher forte e guerreira que é a minha base, meu porto seguro. Obrigada por toda a dedicação, amor e por não ter medido esforços para que eu chegasse aqui hoje! Sou eternamente grata mãe!

Ao meu pai, **Antonio lemma**, que me instigou e me ensinou a amar a área da pesquisa. Obrigada pela paciência em minhas infinitas dúvidas e análises estatísticas. Obrigada por ser esse pai/professor, que hoje é um exemplo que quero seguir pelo resto da minha vida!

À minha família como um todo, em especial minhas avós **Lydia e Lígia**, que são muito especiais e conseguiram compreender a distância e me colocavam sempre em suas orações, me dando forças para chegar aqui!

À **Maria Luiza, Gaúcho, Antonio e Sonia**, obrigada por me apoiarem sempre, em todas as decisões que tomei, e por me receberem na família com tanto carinho! Vocês são muito especiais para mim.

Às minhas amigas **Laisa Antonela e Amanda Packer**. Obrigada por compreenderem nos momentos em que não pude estar junto mas que mesmo assim me apoiavam e estavam ao meu lado para tudo.

À **Ana Letícia Lozana**, minha IC, que sempre esteve presente, me ajudando com as coletas. Obrigada Ana pela parceria e por tornar nossos sábados de coleta mais leves e divertidos com a sua companhia.

Aos meus colegas do Laboratório de Avaliação e Intervenção do Complexo do Ombro: **Lívia Pogetti, Dayana Rosa, Melina Haik, Natalia Duarte, Elisa Dória, Larissa Pechincha, Julia Ferreira, Giovanna Prado, Ana Beatriz Nasser, Rodrigo Veloso, Vander Gava e Rodrigo Py**. Obrigada pela parceria, por estarem sempre dispostos a ajudar, tirar dúvidas. Ter vocês como companheiros de trabalho tornou tudo mais fácil e mais agradável.

Obrigada também aos colegas dos outros laboratórios que estavam também sempre dispostos à ajudar, dentre eles **Ivana Leão, Maíra Lixandrão e Jean Ferreira.**

À **Iolanda da Silva Vilella**, por tornar nossos dias no departamento muito mais alegres com seu bom dia, seu sorriso e seus cafés.

Agradeço à **Profa. Dra. Ann Cools**, minha orientadora na Gent University, por ter me acolhido em seu laboratório e pelas inúmeras oportunidades que me proporcionou. Agradeço também à todos colegas do Revaki, pela parceria e aprendizados nesse um ano.

Aos amigos que fiz nesse período na Bélgica e que foram essenciais para que eu conseguisse me manter um ano longe da minha família. **Monica Paiano, Carol Capizzani, Simone Braga, Maria das Graças Teixeira, Flor Karina, Tahisa Marcela e Thomas Nishikawa.** Vocês foram uma família nesse 1 ano longe de casa e sou eternamente grata pela amizade que vou levar pro resto da vida.

Agradeço à **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** e à **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** pelo apoio financeiro para que eu conseguisse desenvolver essa pesquisa.

Agradeço especialmente aos meus **jovens voluntários, seus responsáveis, nadadores, treinadores, escolas de natação**, em especial o treinador **Adriano Ortolani** que se propôs a me ajudar nessa pesquisa, aceitando vir muitas vezes de longe, logo pela manhã e ir embora apenas no final do dia. Obrigada pela confiança e pelo respeito que demonstram pela pesquisa. Todos vocês foram essenciais para que esse trabalho fosse concretizado. Obrigada!

*“...Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu.
É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu... Também não é sobre
correr contra o tempo pra ter sempre mais, porque quando menos se espera a
vida já ficou pra trás...”*

(Trem-Bala: Ana Vilela)

“Se enxerguei mais longe, foi porque estava sobre os OMBROS de gigantes”

(Isaac Newton)

Resumo

Durante a prática da natação uma grande sobrecarga é imposta no complexo do ombro. A natureza repetitiva deste esporte pode levar a diversas adaptações ósseas, musculares e cinemáticas. Estudos avaliando essas adaptações em crianças e adolescentes nadadores são escassos na literatura. Pesquisas nessa linha são importantes uma vez que irão proporcionar o conhecimento do padrão de funcionamento e as adaptações do membro superior dessas crianças à natação, auxiliando na prevenção de lesões nessa população. Os objetivos da tese portanto foram: 1) comparar a cinemática escapular, a atividade da musculatura escapulotorácica e o limiar de dor a pressão dos músculos do ombro em crianças e adolescentes não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores; e 2) comparar a retroversão do úmero em crianças e adolescentes não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores e analisar a relação do volume de nado com a retroversão em competidores. Para avaliação da cinemática 3D escapular foi utilizado o sistema de rastreamento eletromagnético *Flock of Birds*. Para avaliar a ativação da musculatura escapulotorácica foi utilizado o eletromiógrafo *Bagnoli-8 EMG System*. Para avaliar o limiar de dor à pressão foi utilizado um algômetro digital. Para avaliar o ângulo de torção do úmero foi utilizado o método de palpação e medida do ângulo bicipital do antebraço. De um modo geral, os resultados mostraram que os nadadores competidores apresentaram adaptações provenientes da prática do esporte, como maior rotação interna e inclinação anterior da escápula, maior ativação do serrátil anterior e maior retroversão do úmero comparados a não atletas e nadadores amadores. Estes resultados favorecem a compreensão das adaptações musculoesqueléticas e biomecânicas que ocorrem nesses jovens nadadores, permitindo que tanto fisioterapeutas quanto outros profissionais que estão em contato com esses atletas, tenham uma visão mais crítica sobre as adaptações provenientes da prática esportiva no complexo do ombro nesses jovens nadadores.

Palavras-chave: biomecânica; fisioterapia; escápula; manguito rotador; natação.

Abstract

The swimming practice requires a great demand of the shoulder complex. The repetitive nature of this sport can lead to bone, muscular and kinematic adaptations. Studies analyzing these adaptations in young athletes are scarce in the literature. Researches in this area are important since it could provide knowledge about upper extremity functioning pattern and adaptations due to the swimming practice in this young population. Furthermore, it could help to develop prevention programs for shoulder injuries, focused in this population. In this way, the purposes of the thesis were: 1) to compare scapular kinematics, scapulothoracic muscle activation and shoulder muscles pressure pain threshold between children and adolescents non-athletes, amateur swimmers and competitive swimmers; and 2) to compare humeral retroversion in children and adolescents non-athletes, amateur swimmers and competitive swimmers and to analyze the relationship between swimming volume and the humeral retroversion in competitive swimmers. An electromagnetic tracking device, the Flock of Birds, was used to analyze the 3D scapular kinematics. To analyze the scapulothoracic muscle activation, an electromyography system *Bagnoli-8* was used. To perform the pressure pain threshold a digital algometer was used. To quantify the humeral retroversion, a palpation method and measurement of the bicipital forearm angle were performed. In general, the results showed that competitive swimmers presented adaptations probably originated from the sport practice, such as increased scapular internal rotation and anterior tilt, higher muscle activation of the serratus anterior and increased humeral retroversion compared to non-athletes and amateurs. These results provide knowledge about musculoskeletal and biomechanics adaptations occurring in these young swimmers, allowing physical therapists and other professionals who are in contact with this population, to have a critical view regarding shoulder complex adaptations that may occur in young swimmers.

Key words: biomechanics; physical therapy; rotator cuff; scapula; swimmers.

Lista de tabelas

Manuscrito I

Tabela 1. Características dos participantes do estudo. **26**

Tabela 2. Interação Grupo x Limiar de dor à pressão. **37**

Manuscrito II

Tabela 1. Características dos participantes do estudo **44**

Tabela 2. Ângulo bicipital do antebraço para o lado dominante e não dominante. **49**

Tabela 3. Confiabilidade intra-avaliador do ABA **49**

Tabela 4. Comparação ABA entre grupos **50**

Lista de figuras

Manuscrito I

- Figura 1.** Posicionamento dos sensores da cinemática escapular. **28**
- Figura 2.** Posicionamento dos sensores da eletromiografia. **30**
- Figura 3.** Posicionamento para coleta da cinemática e eletromiografia. **31**
- Figura 4.** Posicionamento para avaliação do limiar de dor à pressão. **33**
- Figura 5.** Cinemática escapular: rotação interna/externa; superior/inferior; inclinação anterior/posterior, durante a elevação do braço. **35**
- Figura 6.** Ativação dos músculos trapézio superior, trapézio inferior e serrátil anterior durante a elevação do braço. **37**

Manuscrito II

- Figura 1** Ângulo bicipital do antebraço (ângulo de torção do úmero). **46**
- Figura 2.** Avaliação do ângulo bicipital do antebraço (ângulo de torção do úmero). **47**

Sumário

Contextualização.....	14
Objetivos e hipóteses da tese	21
Composição da tese	22
MANUSCRITO I.....	23
<i>Introdução</i>	24
<i>Métodos</i>	25
<i>Sujeitos</i>	25
<i>Cinemática escapular e ativação muscular</i>	27
<i>Limiar de dor à pressão</i>	32
<i>Análise estatística</i>	33
<i>Resultados</i>	34
<i>Cinemática escapular</i>	34
<i>EMG</i>	35
<i>Limiar de dor à pressão</i>	36
<i>Discussão e Conclusão</i>	37
MANUSCRITO II	41
<i>Introdução</i>	42
<i>Métodos</i>	43
<i>Sujeitos</i>	43
<i>Retroversão do úmero</i>	45
<i>Análise estatística</i>	47
<i>Resultados</i>	48
<i>Discussão e Conclusão</i>	50
Considerações finais	54
Referências	55
Anexo I	67
Apêndice I	69
Apêndice II	71

CONTEXTUALIZAÇÃO

Os esportes têm um papel muito importante no bem estar do indivíduo, pois a prática de uma atividade física proporciona inúmeros benefícios para a saúde (Bauman et al., 2004; Hallal et al., 2006; Tanaka, 2009). Dentre os esportes mais praticados mundialmente encontra-se a natação (Pink et al., 1991; Tanaka et al., 2009). Durante o nado, 90% da força propulsora é gerada pelos membros superiores (Deschodt et al., 1999; Pink and Tibone, 2000), o que permite o deslocamento do corpo do atleta em meio aquático em modo otimizado para o desempenho esportivo (Pink e Tibone, 2000; Mountjoy et al., 2010). Atletas adultos de elite apresentam uma rotina de treino que inclui a prática geralmente em todos os dias da semana, com alto volume de nado por dia e consequentemente grande sobrecarga no complexo do ombro. (Richardson et al., 1980; Pink e Tibone, 2000). Os treinos exigem diversas sequências de movimentos repetitivos com pouca oportunidade de repouso (Pink e Tibone 2000; Weldon e Richardson, 2001). Este fato favorece o aumento na incidência de lesões no membro superior (Stocker et al., 1995; McMaster 1999; Yanai e Hay, 2000; Su et al., 2004; Tate et al., 2012). Laudner e Sipes (2009) analisaram atletas praticantes de diversas modalidades de esportes “overhead” e observaram alta taxa de incidência de impacto subacromial em nadadores.

A técnica inadequada de nado associada a um treino com sobrecarga pode proporcionar o espessamento dos tendões do manguito rotador, principalmente do músculo supraespinal, e também provocar a conhecida “dor no ombro do nadador” (Sein et al., 2010). Essa dor está presente em cerca de 47% a 80% dos nadadores competidores durante a carreira no esporte (Pink e Tibone, 2000; Sein et al., 2010; Tate et al., 2012). Os fatores de risco mais observados nesses atletas são a instabilidade glenoumeral, desequilíbrio

muscular do manguito rotador, discinesia escapular, idade, gênero, nível competitivo, modalidade de nado e volume de nado (McMaster e Troup, 1993; Rupp et al., 1995; Bak e Fauno, 1997; Sallis et al., 2001; Sein et al., 2013).

A prática esportiva contínua pode gerar adaptações tanto ósseas quanto biomecânicas e musculares (Beach et al., 1992; Pieper et al., 1998; Crockett et al., 2002; Borsa et al., 2008). A literatura mostra que o úmero é uma das estruturas que podem sofrer adaptações em atletas “overhead”, como é o caso do aumento do ângulo de torção (Osbaahr et al., 2002; Yamamoto et al., 2006; Greenberg et al., 2015; Holt et al., 2016). A torção umeral é definida como a torção óssea no eixo longitudinal do úmero (Kronberg et al., 1990). A medida do ângulo de torção é feita através do ângulo agudo que se forma entre a linha que conecta os epicôndilos medial e lateral e a linha que divide a cabeça do úmero (Kronberg et al., 1990). Quanto mais posterior se encontra a cabeça umeral em relação a linha dos epicôndilos, maior será esse ângulo de torção que é denominado de maior retroversão (Kronberg et al., 1990). Diversos métodos são utilizados para mensurar esse ângulo, como por exemplo a radiografia (Osbaahr et al., 2002; Tokish et al., 2008), a tomografia computadorizada (Chant et al., 2007) e o ultrassom (Ito et al., 1995; Whiteley et al., 2006; Holt et al., 2016). Porém esses métodos são mais difíceis de serem utilizados na prática clínica devido ao alto custo, além de também colocar em risco a saúde, como no caso da tomografia, devido a emissão de radiação (Kalra et al., 2004; Biswas et al., 2009). Dashottar e Borstad (2013) validaram a mensuração do ângulo de torção através da palpação dos tubérculos menor e maior do úmero, e observaram dessa forma o ângulo bicipital do antebraço, e portanto uma medida que pode ser utilizada mais rotineiramente na prática clínica. Essa medida foi comparada

com a medida obtida pelo ultrassom, e foi observada excelente concordância entre os métodos (ICC=0.92). O ângulo de torção dessa forma, é mensurado de maneira indireta, através do ângulo bicipital do antebraço, o qual é inversamente proporcional ao ângulo de torção, ou seja, quanto maior o ângulo de torção, menor o ângulo bicipital do antebraço (Ito et al., 1995; Yamamoto et al., 2006).

O ângulo de torção umeral pode variar de 27° a aproximadamente 90°, sendo que em bebês, ainda no útero, a retroversão bilateral é grande e reduz do período da infância até a adolescência (Kronberg et al. 1990; Edelson et al., 2000). Esse ângulo é bastante estudado em atletas “overhead”, e sabe-se que quanto maior a retroversão do úmero, maior a rotação lateral e menor a rotação medial da glenoumeral (Whiteley et al., 2006; Yamamoto et al., 2006; Tokish et al., 2008; Whiteley et al., 2009; Dashottar and Borstad, 2013). No entanto, a amplitude de rotação adequada ainda é conflitante entre os estudos, pois muitas vezes o que seria benéfico para um tipo de esporte não é para outros (Whiteley et al., 2009). Whiteley et al. (2009) observaram maior retroversão do úmero em atletas arremessadores e nadadores comparados a indivíduos não atletas. Nos arremessadores a maior retroversão do úmero auxilia na maior rotação lateral durante o gesto esportivo, favorecendo o arremesso. Já nos nadadores, há relatos na literatura de que seria mais vantajoso possuir maior anteversão do úmero, o que acarretaria em maior amplitude de rotação medial, movimento essencial para a realização da técnica da maioria das modalidades de nado (Potts et al., 2002; Blanch et al., 2004; Whiteley et al., 2009). Apesar desse ângulo já ter sido analisado em atletas arremessadores jovens e adultos (Pieper et al., 1998; Osbahr et al., 2002; Reagan et al., 2002; Yamamoto et al., 2006; Greenberg et al., 2015), ainda são escassos na literatura análises do ângulo de

torção em jovens nadadores (Whiteley et al. 2009; Holt et al., 2016). Considerando que o ângulo de torção do úmero pode estar relacionado com o desempenho no esporte, estudos nesse âmbito poderiam auxiliar na compreensão das adaptações ósseas e das alterações que podem ocorrer no desempenho de jovens nadadores.

Além do ângulo de torção, a ativação muscular é também considerada importante para a compreensão das alterações que podem ser ocasionadas pela prática de esportes “overhead”. Sabe-se que a presença de disfunções no ombro pode estar relacionada com alterações na ativação da musculatura escapulotorácica, o que pode predispor a lesões (Pink et al., 1991; Pink e Tibone, 2000; Ludewig e Reynolds, 2009). Alterações no padrão de ativação muscular já foram observadas em nadadores adultos com e sem dor no complexo do ombro (Pink et al., 1991; Pink e Tibone, 2000). A sincronia da ativação muscular é extremamente importante durante o nado. Na modalidade “crawl”, também conhecida como nado livre, modalidade mais comum de nado, ocorre ativação dos músculos trapézio superior, romboide, supraespinal, deltoide médio e anterior (Pink et al., 1991). Além disso, ocorre a ativação contínua dos músculos serrátil anterior, o que auxilia no posicionamento da escápula, e subescapular, devido ao úmero se encontrar predominantemente em rotação medial durante o nado (Scovazzo et al., 1991). Os músculos citados acima auxiliam no posicionamento da escápula e do úmero durante a entrada e a saída da mão na água (Pink et al., 1991). Os músculos grande dorsal e peitoral maior também são bastante ativados durante o nado, e são considerados os principais responsáveis pela força de propulsão, com o auxílio do deltoide posterior (Pink et al., 1991). Os músculos redondo menor e peitoral maior funcionam como um par de forças

para manter a cabeça do úmero posteriorizada e controlar a força de rotação medial (Pink et al., 1991). A literatura relata que anos de prática e a especificidade de um determinado esporte podem contribuir para alterações na força e ativação muscular, que são então consideradas adaptações devido ao treino intenso e repetitivo (Sciascia et al., 2006; Borsa et al., 2008). Observar as alterações na ativação muscular de jovens nadadores, poderia levar à compreensão das adaptações que ocorrem devido a prática do esporte. Contudo, para a melhor compreensão dessas adaptações, conhecer a cinemática do complexo do ombro nesses jovens atletas também é de extrema importância, já que a adequada cinemática escapular é essencial durante o nado, sendo que a escápula deve apresentar boa amplitude de movimento para que o atleta atinja um desempenho adequado (Kibler, 1998).

O posicionamento escapular também deve ser observado em jovens nadadores, pois alterações no padrão de ativação muscular nessa população já foram observadas e, conseqüentemente, alterações na cinemática escapular podem estar presentes (Pink et al., 1991). Além disso, Hibberd et al. (2016) observaram em jovens nadadores competidores, redução no espaço subacromial e aumento da anteriorização do ombro após um período de 6 semanas de treino. Essa redução do espaço já foi relacionada com alterações da cinemática escapular (Graichen et al., 1999; Silva et al., 2010). A anteriorização do ombro, já observada em nadadores adultos (Bak e Fauno, 1997; Kluemper et al., 2006), também já foi associada ao encurtamento do músculo peitoral menor (Griegel-Borris et al., 1992; Kendal et al., 1993; Borstad, 2006; Kim et al., 2016). O encurtamento do peitoral menor está relacionado com aumento da inclinação anterior e da rotação interna da escápula e redução da

rotação superior (Borstad e Ludewig, 2005). Essas alterações na cinemática escapular já foram descritas em indivíduos com lesões no complexo do ombro, como a síndrome do impacto (Ludewig and Cook, 2000; Graichen et al., 2001). Sabe-se que lesões ou danos que ocorrem de maneira repetida geram um estímulo nociceptivo repetido, o que pode levar o indivíduo a uma redução na resposta à dor ou a um aumento na resposta à dor (Meeus e Nijs, 2007). Hidalgo-Lozano et al. (2013) observaram uma redução no limiar de dor à pressão nos músculos da região do ombro, tanto em nadadores com dor quanto em nadadores sem dor no ombro comparados a atletas não nadadores sem dor no ombro. Essa alteração na sensibilidade, ou seja, a propensão para dor, pode por sua vez alterar a mecânica do nado, predispondo também o atleta à lesões (McMaster et al., 1998).

A maioria dos estudos citados acima foram realizados em indivíduos adultos. Contudo, o aumento na incidência de lesões no complexo do ombro em crianças e adolescentes que praticam esportes “overhead” é observado na literatura (Maffulli, 1992; Tarkin et al., 2005; Leonard e Hutchinson 2012; Eisner et al., 2013; Jayanthi et al., 2015; Myer et al., 2016).

A prática esportiva, principalmente em níveis competitivos, é cada vez mais comum na população infantil (Mariscalco and Saluan, 2011; Leonard and Hutchinson, 2012; Lomasney et al., 2013). Há um aumento significativo na incidência de lesões em crianças que praticam esportes que envolvem sobrecarga no membro superior, como por exemplo, lesão do manguito rotador, lesões da pequena liga do ombro, dentre outras disfunções (Kleposki et al., 2009; Leonard and Hutchinson, 2012; Lomasney et al., 2013). Essas lesões antes eram consideradas raras durante a infância, mas se apresentam com mais frequência

em crianças e adolescentes atletas nos dias atuais (Kleposki et al., 2009; Leonard and Hutchinson, 2012; Eisner et al., 2013; Lomasney et al., 2013).

Sabe-se que crianças e adolescentes são mais susceptíveis a lesões, pois se encontram na fase de transição entre a ossificação elástica e a ossificação mais rígida e menos resistente à impactos (Ogden, 2000). Esta população apresenta ligamentos e tendões mais fortes e elásticos quando comparados às placas epifisárias, pois estas ainda se encontram em processo de calcificação (Ogden, 2000; Shanmugam e Maffulli, 2008).

As disfunções desencadeadas pelo esporte podem acometer ossos e também tecidos moles. Crianças e adolescentes praticantes de esportes “overhead” de diversas modalidades apresentam recorrência de deslocamento do ombro que varia de 83-90%, mesmo depois de um tratamento conservador (Walton et al., 2002). Este fato indica ausência de resultados bem-sucedidos nessa população devido à escassez de protocolos de tratamento adequados para essa faixa etária (Walton et al., 2002; Deitch et al., 2003).

Dessa forma, observa-se que ainda são escassos na literatura análises da retroversão do úmero, cinemática 3-D da escápula, ativação da musculatura escapulotorácica e o limiar de dor à pressão em crianças e adolescentes praticantes de natação. Pesquisas nessa linha são importantes uma vez que irão proporcionar o conhecimento do padrão de funcionamento e adaptação do membro superior desses jovens, à natação.

OBJETIVOS DA TESE

Os objetivos da tese foram: 1) comparar a cinemática escapular, a atividade da musculatura escapulotorácica e o limiar de dor à pressão dos músculos do ombro em crianças e adolescentes não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores; e 2) comparar a retroversão do úmero em crianças e adolescentes não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores e analisar a relação do volume de nado com a retroversão em competidores.

HIPÓTESES

As hipóteses do estudo são de que os nadadores competidores, quando comparados aos não atletas e amadores, apresentam maior rotação interna e inclinação anterior da escápula; maior ativação da musculatura escapulotorácica; limiar de dor à pressão reduzido; maior retroversão do úmero e uma relação positiva entre volume de nado e retroversão do úmero.

COMPOSIÇÃO DA TESE

A tese será apresentada no formato de 2 manuscritos.

Manuscrito 1 – Comparou a cinemática escapular e ativação da musculatura escapulotorácica (trapézio superior, trapézio inferior e serrátil anterior) em crianças e adolescentes não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores, durante a elevação do braço no plano da escápula. Além disso, o estudo comparou entre os grupos o limiar de dor à pressão nos músculos trapézio superior, deltoide médio, supraespinal, infraespinal e tibial anterior. Os resultados apresentados podem contribuir na compreensão de possíveis adaptações biomecânicas devido à prática da natação nesses jovens atletas.

Manuscrito 2 – Comparou a retroversão do úmero em crianças e adolescentes não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores por meio de um método de palpação, já validado e de baixo custo. Os resultados deste estudo podem auxiliar na compreensão das adaptações ósseas adquiridas em jovens nadadores. Além disso, os resultados estimulam a inclusão da medida da retroversão do úmero desses jovens atletas na prática clínica.

Manuscrito I

Efeitos da prática da natação na cinemática escapular, ativação da musculatura escapulotorácica e limiar de dor à pressão em jovens nadadores

Habechian, FAP; Lozana, AL; Cools, AM; Camargo, PR.

Manuscrito submetido no periódico *Clinical Journal of Sports and Medicine*.

INTRODUÇÃO

Atualmente na literatura tem sido observado um aumento de estudos analisando a relação entre a prática esportiva e lesões em crianças e adolescentes, já que essa população está cada vez mais envolvida na prática esportiva a nível competitivo (McMaster and Troup, 1993; Shanmugam and Maffulli, 2008; Lomasney et al., 2013; Johansson et al., 2015; Junge et al., 2016). Lesões no ombro, como lesão do manguito rotador e lesão da pequena liga tem sido observadas em jovens atletas (Carson and Gasser, 1998; Tarkin et al., 2005; Leonard and Hutchinson, 2010; Osbahr et al., 2010; Eisner et al., 2013).

A natação é um esporte popular, especialmente entre crianças e adolescentes e exige movimentos repetitivos com grande demanda do complexo do ombro (McMaster and Troup, 1993; Pink and Tibone, 2000; Mountjoy et al., 2010; Manske et al., 2015). Devido à natureza repetitiva da natação, adaptações na cinemática escapular e na ativação muscular podem ocorrer, e predispor o nadador à dores no complexo do ombro. Alterações na cinemática escapular e na ativação da musculatura escapulotorácica já foram descritas em adultos nadadores (Pink et al., 1991; Scovazzo et al., 1991; Pink and Tibone, 2000; Su et al., 2004; Hibberd et al., 2012; Williams et al., 2013). Além disso, Hidalgo-Lozano et al. (2013) observaram que adultos nadadores apresentam hiperalgesia nos músculos do pescoço e ombro, que foram avaliados através da redução do limiar de dor à pressão quando comparados à outros jovens atletas não nadadores. Alterações na sensibilidade podem contribuir para alterações na mecânica do nado e conseqüentemente desenvolver lesões no complexo do ombro. Entretanto, não foram observados na literatura estudos analisando essas variáveis em jovens nadadores.

A população jovem apresenta maior susceptibilidade à lesões devido as mudanças que ocorrem nessa faixa etária em sua força, flexibilidade e biomecânica (Knapik et al., 1992; Shanmugam and Maffulli, 2008; Silva et al., 2010). O conhecimento da cinemática escapular, ativação muscular e sensibilidade mecânica à dor nesses jovens atletas, auxiliaria na compreensão de possíveis adaptações devido à prática da natação.

O objetivo principal deste estudo foi comparar a cinemática escapular e a ativação da musculatura escapulotorácica entre jovens não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores. O objetivo secundário foi analisar o limiar de dor à pressão nos músculos do complexo do ombro entre os grupos. A hipótese é de que competidores apresentam maior rotação interna e inclinação anterior da escápula e maior ativação da musculatura escapulotorácica, além de apresentar um limiar de dor à pressão reduzido, quando comparados aos não atletas e amadores.

MÉTODOS

Sujeitos

No total, 118 crianças e adolescentes foram convidadas à participar do estudo. Voluntários foram recrutados através da comunidade local e clubes ou escolas de natação. Noventa crianças e adolescentes, de ambos os gêneros entre 8 e 15 anos completaram o estudo. Eles foram divididos em 3 grupos: não atletas (n=30); nadadores amadores (n=30) e nadadores competidores (n=30). Os dados descritivos estão apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1. Características demográficas.

	Não atletas (n=30)	Nadadores amadores (n=30)	Nadadores Competidores (n=30)
Gênero	14 meninas; 16 meninos	18 meninas; 12 meninos	17 meninas; 13 meninos
Idade (anos)	11,50 ± 1,94	11,56 ± 1,81	12,63 ± 2,02
Massa corporal (Kg)	43,32 ± 12,19	43,33 ± 11,17	51,83 ± 9,69*†
Estatura (m)	1,50 ± 0,11	1,46 ± 0,12	1,60 ± 0,11*†
IMC (kg/m ²)	18,70 ± 3,31	19,82 ± 3,33	20,04 ± 2,32
Tempo de prática (anos)	-----	4,36 ± 2,91	7,60 ± 2,61†
Volume de nado/dia (m)	-----	-----	5.133,33 ± 681,44
Frequência de Treino/semana (dias)	-----	2	4,73 ± 0,63

Resultados são média ± desvio padrão. *p<0.05 entre nadadores competidores e nadadores amadores.

Não atletas foram considerados os que não praticavam nenhum esporte envolvendo os membros superiores. Nadadores de ambos os grupos deveriam ter a natação como o único esporte envolvendo o membro superior e praticar há no mínimo 1 ano. Amadores foram considerados os que praticavam no máximo duas vezes por semana, sendo que não apresentavam um volume de nado específico já que praticam o esporte como lazer. Competidores foram considerados os que praticavam pelo ao menos três vezes por semana, com volume mínimo de 4.000 metros por dia e competidores há no mínimo 1 ano, considerando o “crawl” como estilo principal de nado. Os participantes não podiam apresentar dor/disfunção no ombro/cervical há no mínimo 6 meses e ter no mínimo 150° de elevação do braço.

Os critérios de exclusão foram dor ombro/cervical; histórico de estabilização cirúrgica ou reparo do manguito rotador; testes de impacto (Neer,

Hawkins e Jobe) ou instabilidade (gaveta anterior e posterior) positivos; histórico de fratura da clavícula, escápula ou úmero; sub-luxação recorrente; doenças sistêmicas envolvendo as articulações; déficits cognitivos que impedissem a compreensão dos comandos verbais; alergia a fita transpore e índice de massa corpórea (IMC) maior que 1 desvio padrão de acordo com a curva de crescimento para IMC em z score para crianças e adolescentes da Organização Mundial de Saúde (De Onis et al., 2007).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade **(Anexo 1)**. Os voluntários e seus responsáveis receberam um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) com os objetivos e métodos do estudo, e o que aceitaram participar, os responsáveis assinaram o TCLE **(Apêndice I)**, seguido de um questionário para avaliação clínica **(Apêndice II)**.

Todos os testes foram realizados no lado dominante, que foi determinado pelo lado que a criança usava para escrever e os nadadores deveriam estar sem praticar o esporte há no mínimo 24 horas.

Cinemática escapular e ativação muscular

Para análise da cinemática 3-D foi utilizado um dispositivo de rastreamento eletromagnético Flock of Birds® (miniBird®) associado ao software MotionMonitor™ para a captura e análise dos dados. A acurácia do sistema em um ambiente livre de metal, a 76 cm de distância do transmissor é de 0,5° para orientação e 0,18 cm para posição. A frequência amostral da coleta foi de 100Hz. Sensores de superfície foram posicionados no esterno, acrômio da escápula e à um manguito termoplástico na região distal do úmero **(Figura 1)**. Sistema de coordenadas locais foram estabelecidos para o tronco, escápula e úmero através

dos pontos anatômicos digitalizados recomendados pela Sociedade Internacional de Biomecânica (Wu et al., 2005). O eixo x aponta lateralmente, eixo y superiormente e eixo z anteriormente.



Figura 1. Posicionamento dos sensores da cinemática da escapula: **A.** esterno; **B.** terço distal do úmero e **C.** acrômio da escapula.

A sequência YXZ descreveu os movimentos da escapula com relação ao tórax. As rotações foram descritas na seguinte ordem: rotação interna/externa da escapula, rotação superior/inferior da escapula, inclinação anterior/posterior da escapula (Wu et al., 2005). A sequência Y'XY" foi utilizada para determinar a posição do úmero com relação ao tórax. A primeira rotação define o plano de elevação, o segundo define o ângulo de elevação do úmero e o terceiro a rotação interna/externa.

Ativação dos músculos trapézio superior (TS), trapézio inferior (TI) e serrátil anterior (SA) foram avaliados com frequência amostral de 2000Hz/canal usando o sistema Bagnoli-8 EMG System (DeiSys, Boston, Vermont, USA), com

ganho de 1000 e filtro passa-banda de 20-450 Hz. Sensores superficiais duplo diferencial ativos, compostos por prata pura (99,9%) foram utilizados (#DE-3.1, DelSys, Boston, Vermont, USA), compostos por 3 barras paralelas com espaço de 10mm entre elas. As características dos sensores contavam com taxa de modo de rejeição comum de 92dB, impedância de entrada $>10^{15}W$ com $0,2pF$ e ganho de voltagem de 10.

Previamente ao posicionamento dos sensores, era realizada a retirada de pelos da região seguida por limpeza e abrasão com algodão e álcool. Em seguida era realizado o posicionamento dos sensores. Para o TS o sensor foi posicionado na linha média entre o processo espinho de C7 e o ângulo póstero-lateral do acrômio (Ekstrom et al., 2005) **(Figura 2A)**. Para o TI, o sensor foi posicionado entre o ângulo inferior da escápula e o processo espinho de T7 (Ludewig et al., 1996; Ebaugh et al., 2006) **(Figura 2B)**. Para o SA, o sensor foi posicionado na linha média axilar no 7° espaço intercostal (Ekstrom et al., 2005) **(Figura 2C)**. O sensor de referência foi posicionado na região distal da ulna do punho oposto (Lin et al., 2006). Para a normalização foram realizadas duas contrações isométricas voluntárias máxima (CIVM) para cada musculo, resistida manualmente durante 3 segundos, com intervalo de 30 segundos entre as repetições (Sousa et al., 2015). Para a CIVM do TS e SA o indivíduo permanecia sentado com suporte nas costas, com 90° de flexão do ombro com cotovelo estendido. Para o TS, os indivíduos eram instruídos a fazer força para elevar o braço, enquanto era aplicada resistência contra o movimento, na região distal do antebraço (Shuldt et al., 1988; Ludewig et al., 2004). Para o SA, deveria ser realizada a protração da escápula contra resistência manual que era aplicada na mão do indivíduo, na direção do eixo longitudinal do úmero. Para o TI, em

prono e com 90° de abdução do ombro e 90° de flexão do cotovelo, eram instruídos a elevar o braço contra resistência. Essa postura foi adotada para reduzir as compensações realizadas pelas crianças durante o teste.

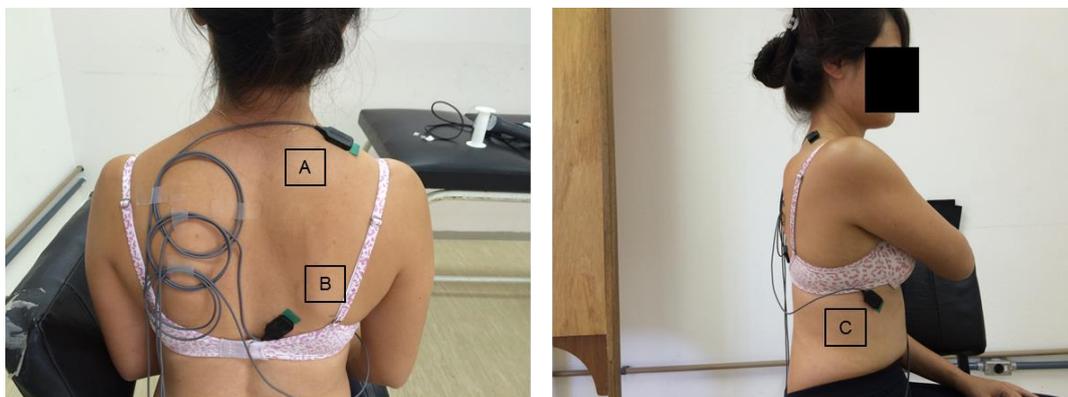


Figura 2. Posicionamento dos sensores da EMG: **A.** trapézio superior; **B.** Trapézio inferior; **C.** Serrátil anterior.

As medidas da cinemática escapular e ativação muscular foram coletadas simultaneamente, com os voluntários em posição ortostática. Eles eram instruídos a manter contato da mão com uma superfície plana de madeira, que mantinha o braço no plano da escápula (45° anterior ao plano coronal), com polegar apontando superiormente (**Figura 3**). Os indivíduos deveriam elevar o braço da posição de repouso até a amplitude máxima, em uma velocidade de aproximadamente 3 segundos para elevação e 3 segundos para depressão do braço. Três repetições foram realizadas. Este procedimento foi considerado confiável durante a elevação e depressão do braço em indivíduos assintomáticos (Haik et al.,2014).



Figura 3. Posicionamento para coleta da cinemática escapular e EMG.

Os dados foram processados pelo software MATLAB, sendo que a média das 3 repetições foram consideradas para análise dos dados. A cinemática escapular foi analisada a 30°, 60°, 90° e 120° de elevação do braço. Para a EMG, os dados foram analisados nos intervalos de 30°-60°, 60°-90°, 90°-120°. Os dados da EMG foram processados através de uma onda de retificação completa realizada nos dados brutos e foi utilizado um filtro *notch* Butterworth de 3ª ordem a 60Hz, para eliminar possíveis ruídos do dispositivo eletromagnético. Os dados foram suavizados utilizando o algoritmo de raiz quadrada da média, com uma janela móvel de 50ms. Para a normalização dos dados foi utilizada a maior atividade eletromiográfica determinada pela CIVM, sendo que a ativação muscular durante a elevação do braço foi normalizada como porcentagem da CIVM.

Limiar de dor à pressão

Limiar de dor à pressão é definido como a quantidade mínima de pressão onde a sensação de pressão começa a se alterar para dor (Fisher et al., 1990; Vanderweeen et al., 1996). O LDP foi avaliado ao final da sessão, para que o desconforto causado não interferisse na análise da cinemática escapular. A avaliação foi feita através de um algômetro digital (OE-220, ITO – Physiotherapy & Rehabilitation, Japan), que é composto por um êmbolo de borracha de 1 cm² fixado sobre um transdutor de força. Uma vez colocado o dispositivo no ponto, a pressão era aplicada a uma taxa de 1 kg/seg. Os sujeitos foram instruídos a pressionar um botão quando a sensação sob o êmbolo passasse de pressão para uma leve dor (**Figura 4**) (Vanderweeen et al., 1996). Uma familiarização foi realizada previamente e em seguida foram realizadas 3 repetições com um período de 30 segundos de repouso entre cada medida, sendo que a média foi utilizada para análise dos dados. O LDP foi avaliado nos músculos: TS (ponto médio entre processo espinho de C7 e o ângulo póstero-lateral do acrômio); infraespinal (ventre muscular, abaixo do ponto médio da espinha da escápula); supraespinal (ventre muscular, acima do ponto média da espinha da escápula); deltoide médio (ventre muscular, próximo à inserção ínfero-lateral) e tibial anterior como referência a distância (terço superior do ventre muscular). Esses posicionamentos já foram utilizados em estudos anteriores (Albuquerque-Sendin et al., 2013; Ribeiro et al., 2016).

A confiabilidade da algometria de pressão é alta (coeficiente de correlação intraclassa = 0,91 [95% intervalo de confiança (IC) 0,82-0,97]) (Chesterton et al., 2007).



Figura 4. Medida do LDP.

Análise estatística

Os dados foram analisados através do *software* SPSS versão 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). O teste de Shapiro-Wilk foi realizado para testar a normalidade dos dados. O teste de Cochran para testar a homogeneidade de variâncias. Todas as variáveis apresentaram $p > 0,05$ com exceção da inclinação da escápula e da ativação muscular.

A diferença entre os grupos para as características demográficas foi testada através da ANOVA *one-way*.

Para análise da cinemática escapular, a ANOVA mista 2-way foi realizada para cada rotação da escápula, exceto inclinação, considerando como fatores ângulo de elevação umeral e grupos. No caso de ausência de interação grupo x ângulo de elevação umeral, o efeito principal de grupo era então analisado. O teste *post hoc* de Tukey foi realizado quando necessário. Para a inclinação da escápula utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para amostras

independentes, sendo que o mesmo teste foi realizado para a EMG. No caso do teste não paramétrico, o teste *post hoc* de Dunn foi realizado quando necessário.

Para análise do LDP foi realizada a ANOVA *one-way* e o *post hoc* de Bonferroni quando necessário.

Foi considerado um nível de significância de $\alpha = 5\%$ para todas as análises.

O tamanho do efeito foi também calculado usando o *d* de Cohen, sendo que quando maior que 0,8 foi considerado grande, aproximadamente 0,5 moderado e menor que 0,2 pequeno (Cohen, 1988).

RESULTADOS

Os dados de EMG de 19 voluntários (não atletas: n=8; amadores:n=7; competidores:n=5) foram excluídos devido à interferências e ruídos no sinal.

Cinemática escapular

Para a rotação interna da escápula (**Figura 5A**), houve interação significativa de grupo x ângulo de elevação umeral ($F= 4,53$; $p=0,011$), no qual nadadores competidores apresentaram maior rotação interna à 90° ($p=0,029$; diferença média: $3,22^\circ$; tamanho do efeito: 0,41) e 120° ($p=0,047$; diferença média: $4,83^\circ$; tamanho do efeito: 0,56) de elevação do braço quando comparados aos não atletas. Essas diferenças apresentam uma magnitude pequena à moderada.

Para a rotação superior da escápula (**Figura 5B**) não houve interação grupo x ângulo de elevação umeral significativa ($F=0,17$; $p=0,84$), e também não houve efeito principal de grupo significativo ($F=2,42$; $p=0,11$).

Para a inclinação da escápula (**Figura 5C**), houve diferença significativa entre os grupos, em que os nadadores amadores apresentaram maior inclinação anterior comparados aos não atletas à 90° ($p=0,0037$; diferença média: 2,24°; tamanho do efeito: 0,27) e 120° ($p=0,0052$; diferença média: 5,24°; tamanho do efeito: 0,58). Nadadores competidores também apresentaram maior inclinação anterior comparados aos não atletas à 90° ($p=0,027$; diferença média: 1,15°; tamanho do efeito: 0,15). Essas diferenças apresentam uma magnitude pequena à moderada.

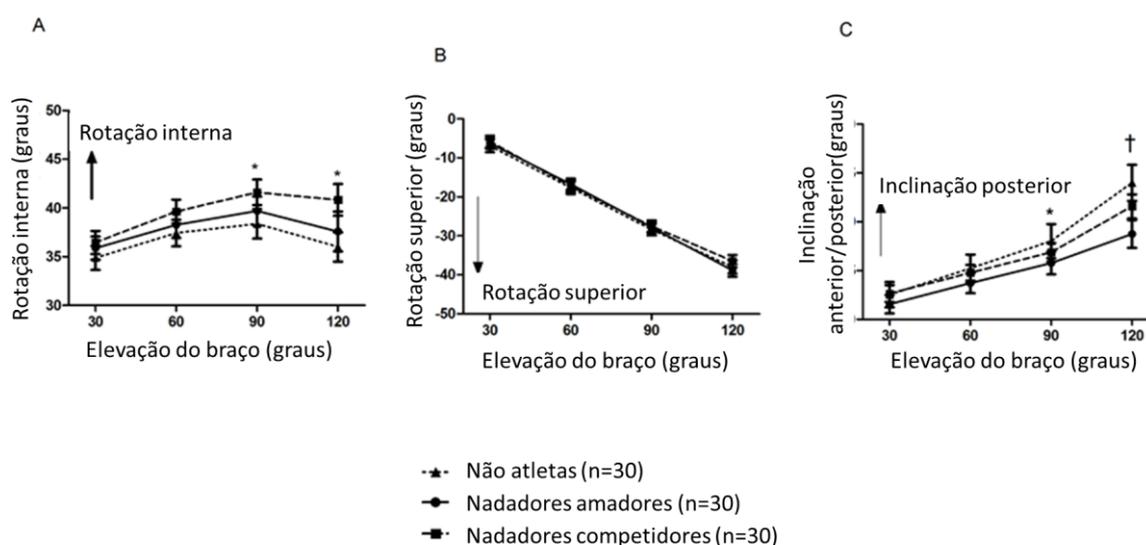


Figura 5. Médias da cinemática escapular durante a elevação do braço no plano da escápula para a rotação interna (**A**), rotação superior (**B**) e inclinação anterior/posterior (**C**). As barras de erro representam o erro padrão da média. * $p<0.05$, diferença significativa entre nadadores competidores e não atletas. † $p<0.05$, diferença significativa entre nadadores amadores e não atletas.

EMG

Com relação a EMG, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os grupos para o TS e TI (**Figura 6 A e B**).

Para o SA (**Figura 6C**), houve diferença significativa entre os grupos, em que os nadadores competidores apresentaram maior ativação comparado aos

amadores nos intervalos de 60°-90° ($p=0,022$; diferença média: 28,8%; tamanho do efeito: 0,28) e 90°-120° ($p=0,010$; diferença média: 54,6%; tamanho do efeito: 0,60). Além disso, os nadadores competidores apresentaram maior ativação comparado aos não atletas no intervalo de 90°-120° ($p=0,036$; diferença média: 49,0%; tamanho do efeito: 0,57).

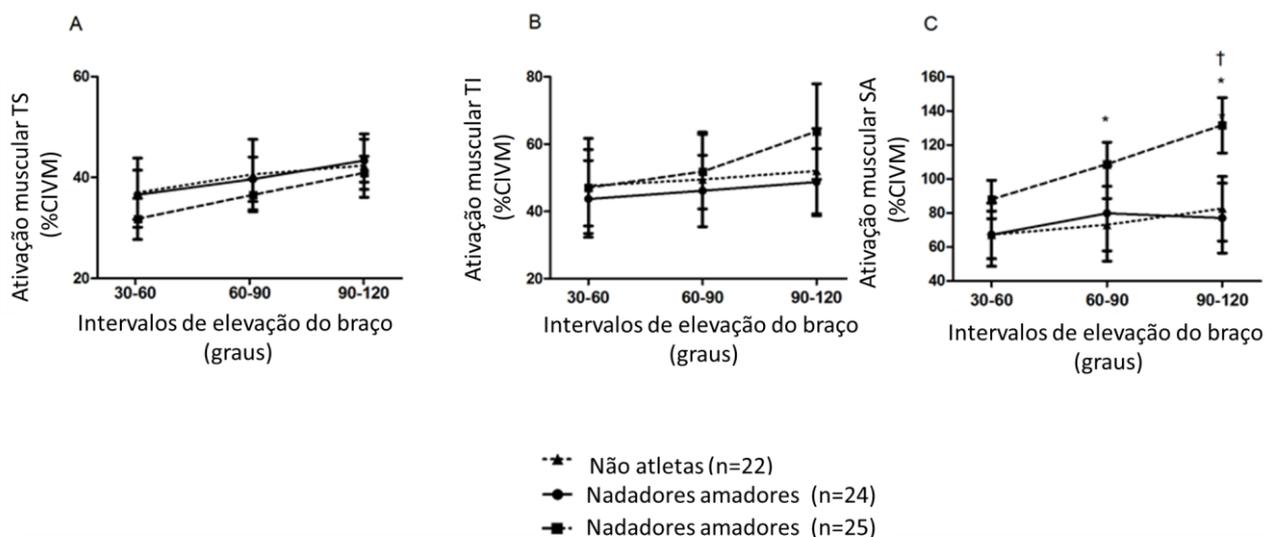


Figura 6. Médias da ativação muscular (EMG) durante a elevação do braço no plano da escápula para o TS (A), TI (B) e SA (C). As barras de erro representam o erro padrão da média. * $p<0,05$, diferença significativa entre nadadores competidores e amadores. † $p<0,05$, diferença significativa entre nadadores competidores e não atletas. EMG: eletromiografia; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; TS: trapézio superior. TI: trapézio inferior; SA: serrátil anterior.

Limiar de dor à pressão

Para o LDP, não houve diferença significativa entre os grupos, para nenhum dos músculos avaliados ($p>0,5$) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios do LDP para os não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores.

Limiar de dor à pressão (kgf/cm ²)	Não atletas (n=30)	Nadadores amadores (n=30)	Nadadores competidores (n=30)
Trapézio superior	1,70 ± 0,70	2,06 ± 0,97	2,34 ± 1,42
Infraespinal	2,91 ± 1,24	3,06 ± 1,40	3,64 ± 1,83
Supraespinal	2,39 ± 1,24	2,58 ± 1,31	3,03 ± 1,78
Deltoide médio	2,37 ± 1,30	2,46 ± 1,43	2,65 ± 1,50
Tibiali anterior	5,01 ± 2,11	5,21 ± 2,23	6,45 ± 3,16

Resultados são média ± desvio padrão.

DISCUSSÃO

O estudo apresenta novas informações sobre a cinemática escapular, a ativação da musculatura escapulotorácica e o LDP nos músculos do complexo do ombro em jovens nadadores. Os achados corroboram parcialmente com a hipótese, em que nadadores competidores apresentam maior rotação interna da escápula e maior ativação do músculo serrátil anterior durante a elevação do braço, quando comparados aos outros grupos, além de também apresentar maior inclinação anterior da escápula quando comparados aos não atletas. Contudo, não houve diferença no LDP entre os grupos em nenhum dos músculos analisados.

O estilo de nado “crawl” é praticado por praticamente todos os nadadores, durante os treinos (Heinlein e Cosgarea, 2010). Para a realização dessa técnica, o úmero é posicionado em rotação interna durante grande parte do nado (Pink et al., 1991), auxiliando na propulsão do corpo na água (Pink et al., 1991; Pink and Tibone, 2000; Whiteley et al., 2009). Um dos fatores que podem ter

desencadeado as adaptações observadas nos nadadores competidores são os movimentos repetitivos realizados durante o nado. Maior rotação interna e inclinação anterior da escápula podem colocar os nadadores em uma situação de risco para lesão no complexo do ombro, já que essas alterações na cinemática escapular já foram observadas em indivíduos com síndrome do impacto e instabilidade glenoumeral (Ludewig and Cook, 2000; Hebert et al., 2002; Ogston and Ludewig, 2007). Hibberd et al. (2016) observaram redução espaço subacromial e aumento na anteriorização do ombro em jovens nadadores competidores. Acredita-se que a redução do espaço subacromial esteja associada à alterações na cinemática escapular (Graichen et al., 1999; Silva et al., 2010). Além disso, anteriorização do ombro já foi associada à um encurtamento adaptativo do peitoral menor, que favorece a inclinação anterior, rotação interna e rotação inferior da escápula (Borstad and Ludewig, 2005), sendo que o encurtamento do peitoral menor já foi observado em nadadores adultos (Bak and Fauno, 1997; Kluemper, 2006).

Embora o músculo deltoide anterior não tenha sido analisado no presente estudo, a literatura relata que este músculo encontra-se ativo durante os movimentos de entrada da mão na água no nado (Pink et al., 1991). Devido à isso, sugere-se que nadadores possam apresentar maior ativação do músculo deltoide anterior, o que contribui, através da ação “reversa” para a inclinação anterior da escápula durante a elevação do braço. Nadadores competidores também apresentaram maior ativação do SA comparados aos outros grupos. Sabe-se que esse músculo é essencial para a inclinação posterior da escápula (Ludewig and Braman, 2011), dessa forma, uma possível explicação para esse achado é que o SA esteja trabalhando contra o peitoral menor, o que pode gerar

uma resistência passiva à inclinação posterior da escápula durante a elevação do braço.

Em parceria com o músculo SA, o TI auxilia na rotação superior da escápula, que é um movimento essencial durante o nado (Johnson et al., 1994; Kibler, 1998; Crotty e Smith, 2000). Porém, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para o músculo TI. Uma possível explicação para esse achado é que os nadadores competidores estejam compensando o uso do TI através da hiperativação do SA. Para que ocorra estabilização articular e movimento articular sincronizado, a ativação coordenada dos músculos é essencial. Uma razão TI/SA baixa foi recentemente observada em indivíduos com síndrome do impacto quando comparados à assintomáticos (Michener et al., 2016). É provável que os nadadores competidores no presente estudo também apresentem uma redução na razão TI/SA, o que aumenta o risco de lesões no complexo do ombro nesse grupo. Em relação ao músculo TS, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. Esse achado corrobora com a literatura em que não foram observadas alterações na ativação do músculo TS em nadadores adultos (Scovazzo et al., 1991; Perry et al., 1992).

No presente estudo, não foram observadas diferenças entre os grupos para o LDP em nenhum dos músculos avaliados. Contudo, é possível observar um maior LDP em nadadores, tanto competidores quanto amadores, quando comparados aos não atletas. Isso pode predispor os jovens nadadores à futuras lesões, pois nadadores, principalmente competidores, muitas vezes consideram normal a existência da dor, a qual deve ser tolerada para realização do esporte (Hibberd and Myers, 2013). A ausência de diferenças no LDP no presente estudo

pode se dar pelo fato de que as medidas foram realizadas em um dia livre de treino.

Uma limitação a ser considerada no presente estudo é o fato de o avaliador não ter sido cegado com relação aos grupos avaliados. Porém, diferenças nas características demográficas entre os grupos neste estudo são inerentes à população, pois os nadadores competidores apresentam maior estatura e massa corpórea comparados aos outros grupos, devido à prática do esporte. Além disso o estudo apresenta como limitação a ausência da avaliação do comprimento do músculo peitoral menor, que teria contribuído para melhor compreensão das adaptações observadas.

Sugere-se para estudos futuros a avaliação dos efeitos de um programa de prevenção focado nesses jovens atletas, realizando um acompanhamento com o objetivo de observar futuras alterações e lesões que possam ocorrer no complexo do ombro devido à prática ao longo dos anos.

Conclui-se portanto que nadadores competidores apresentam adaptações na cinemática escapular e na ativação da musculatura escapulotorácica durante a elevação do braço quando comparados aos outros grupos, devido à prática do esporte. Esses achados levam à melhor compreensão das adaptações biomecânicas que ocorrem em jovens nadadores.

Manuscrito II

Análise da retroversão do úmero em jovens nadadores e sua relação com o volume de nado

Habechian, FAP; Lozana, AL; Camargo, PR.

Manuscrito submetido no periódico *Journal of athletic training*.

INTRODUÇÃO

O ângulo de torção do úmero é definido como a torção umeral sobre seu eixo longitudinal (Krahl, 1947). A posteriorização da cabeça do úmero é denominada retroversão do úmero, que significa um maior ângulo de torção. (Whiteley et al., 2009; Greenberg et al., 2015). O aumento na retroversão umeral, de acordo com a literatura, está associado a um aumento na amplitude de rotação externa do úmero e redução da rotação interna (Kronberg et al., 1990; Whiteley et al., 2006; Chant et al., 2007), normalmente devido à prática de esportes “overhead”, principalmente os que envolvem o arremesso (Osbaehr et al., 2002; Reagan et al., 2002; Tokish et al., 2008).

Diversos estudos já descreveram adaptações ósseas que podem ocorrer em arremessadores (Osbaehr et al., 2002; Yamamoto et al., 2006; Greenberg et al., 2015), contudo são escassos os estudos que avaliaram essas adaptações em nadadores. Whiteley et al. (2009) observaram que jovens nadadores apresentam maior retroversão umeral do lado dominante comparado ao não dominante e também esses nadadores apresentaram maior retroversão umeral comparados à adultos não atletas. Holt et al. (2016) demonstraram que nadadores de elite jovens adultos apresentam padrões similares de torção do úmero e amplitude de rotação interna do úmero comparados à não atletas já observados na literatura, contudo apresentam maior amplitude de rotação externa. Não foram observados na literatura estudos analisando o ângulo de retroversão do úmero comparando jovens nadadores competidores com amadores e não atletas, além disso, não foram observados estudos associando o volume de nado nesses jovens nadadores com o ângulo de torção. Considera-se de extrema importância estudos nesse âmbito, pois auxiliaria na

compreensão das adaptações decorrentes da prática da natação nesses jovens atletas, sendo que o volume de nado elevado já foi associado na literatura com maior risco de lesões no complexo do ombro (Sein et al., 2010).

O objetivo primário deste estudo foi comparar o ângulo de retroversão entre não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores. O objetivo secundário foi analisar a relação entre o ângulo de retroversão e o volume de nado nos jovens nadadores competidores. A hipótese foi de que nadadores competidores apresentam maior ângulo de retroversão comparados aos outros grupos e também que existe uma relação positiva entre o ângulo de retroversão e o volume de nado.

MÉTODOS

Sujeitos

Noventa crianças e adolescentes, de ambos os gêneros, participaram do presente estudo e foram divididos em 3 grupos: não atletas (n=30), nadadores amadores (n=30) e nadadores competidores (n=30) (**Tabela 1**). Os indivíduos foram recrutados através de contato pessoal e clubes e escolas de natação na cidade e região. O estudo foi aprovado pelo CEP da universidade e os que aceitaram participar, os responsáveis assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Tabela 1. Características demográficas dos participantes.

	Não atletas (n=30)	Nadadores amadores (n=30)	Nadadores Competidores (n=30)
Gênero	14 meninas; 16 meninos	18 meninas; 12 meninos	17 meninas; 13 meninos
Idade (anos)	11,50 ± 1,94	11,56 ± 1,81	12,63 ± 2,02
Massa corporal (Kg)	43,32 ± 12,19	43,33 ± 11,17	51,83 ± 9,69*†
Estatura (m)	1,50 ± 0,11	1,46 ± 0,12	1,60 ± 0,11*†
IMC (kg/m ²)	18,70 ± 3,31	19,82 ± 3,33	20,04 ± 2,32
Tempo de prática (anos)	-----	4,36 ± 2,91	7,60 ± 2,61†
Volume de nado/dia (m)	-----	-----	5.133,33 ± 681,44
Frequência de Treino/semana (dias)	-----	2	4,73 ± 0,63

Resultados são média ± desvio padrão. *p<0.05 entre nadadores competidores e nadadores amadores.

Não atletas foram considerados os que não praticavam nenhum esporte envolvendo os membros superiores. Nadadores de ambos os grupos deveriam ter a natação como o único esporte envolvendo o membro superior e praticar há no mínimo 1 ano. Amadores foram considerados os que praticavam no máximo duas vezes por semana, sendo que não apresentavam um volume de nado específico já que praticam o esporte como lazer. Competidores foram considerados os que praticavam pelo ao menos três vezes por semana, nadando no mínimo 4.000 metros por dia e participando de competições há no mínimo 1 ano, considerando o “crawl” como estilo principal de nado. Todos participantes deveriam estar sem dor/disfunção no ombro/cervical há no mínimo 6 meses e ter no mínimo 150° de elevação do braço.

Os critérios de exclusão foram dor ombro/cervical; histórico de estabilização cirúrgica ou reparo do manguito rotador; testes de impacto (Neer, Hawkins e Jobe) ou instabilidade (gaveta anterior e posterior) positivos; histórico

de fratura da clavícula, escápula ou úmero; sub-luxação recorrente; doenças sistêmicas envolvendo as articulações; déficits cognitivos impedindo a compreensão dos comandos verbais; alergia a fita transpore e índice de massa corpórea (IMC) maior que 1 desvio padrão de acordo com a curva de crescimento para IMC em z score para crianças e adolescentes da Organização Mundial de Saúde (De Onis et al., 2007).

Retroversão do úmero

O ângulo de retroversão do úmero é o ângulo formado entre uma linha que corta o eixo dos epicôndilos e uma linha que bi secciona a cabeça do úmero (**Figura 1A**). Uma maneira de medir esse ângulo de maneira indireta é através do ângulo bicipital do antebraço (ABA) (**Figura 1B**) (Ito et al., 1995). O ABA é inversamente proporcional ao ângulo de retroversão do úmero, ou seja, quanto maior o ângulo de retroversão, menor o ABA (Yamamoto et al., 2006; Dashottar and Borstad, 2013).

A medida do ângulo ABA foi realizada através da palpação dos tubérculos maior e menor do bíceps. Esse método já demonstrou-se válido por Dashottar e Borstad (2013), quando comparado a medida realizada com o ultrassom, apresentando uma excelente correlação e concordância entre os métodos (ICC=0.92; r=0.85).

Para a avaliação, os sujeitos eram posicionados em supino, com braço ao lado do corpo e cotovelo fletido à 90° e antebraço em posição neutra. Um rolo de toalha foi posicionado sob a região distal do úmero para facilitar a rotação interna durante a avaliação. Ambos os lados foram avaliados sendo que a ordem foi randomizada através do site www.randomization.com.

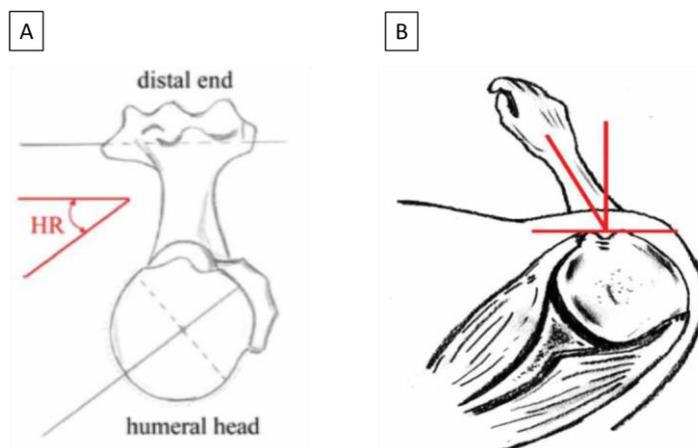


Figura 1. A. Ângulo de retroversão do úmero- ângulo entre o eixo epicondilar e a linha que bi secciona a cabeça do úmero; **B.** ABA – ângulo de torção do úmero com relação ao eixo epicondilar e os tubérculos menor e maior do bíceps. (Imagem: Dashottar A e Borstad JD. Validity of measuring humeral torsion using palpation of bicipital tuberosities. *Physiother Theory Pract.* 2013;29(1):67-74).

Dois avaliadores participaram da coleta, sendo que o processo foi realizado seguindo a metodologia e os passos descritos por Dashottar e Borstad (2013). Inicialmente, realizava-se a palpção da cabeça do úmero pelo avaliador 1, sendo que este deveria manter o polegar posicionado horizontalmente sobre os tubérculos maior e menor do bíceps e realizar movimentos de rotação interna e externa do úmero passivamente no sujeito (**Figura 2A**). No momento em que o avaliador 1 sentisse ambos os tubérculos ao mesmo tempo sob o polegar, a posição do úmero era mantida e o avaliador 2 posicionava então o inclinômetro digital (Acumar™, Lafayette Instrument Company, Lafayette, IN) na região distal do antebraço, próximo ao processo estilóide, para realizar a medida do ABA (**Figura 2B**).

Três repetições foram realizadas para cada lado, sendo que foi testada a confiabilidade intra-avaliador considerando as 3 medidas.



Figura 2. A. Avaliador 1 realizando a palpação dos tubérculos menor e maior do úmero e rotação interna e externa. **B.** Avaliador 2 realizando a medida do ABA com o inclinômetro digital.

Análise estatística

Os dados foram analisados usando o *software* SPSS versão 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados e o teste de Cochran para testar a homogeneidade de variâncias.

O teste t de *Student* foi realizado para comparar inicialmente os lados dominante e não-dominante em cada grupo, separadamente. Como não houve diferença significativa entre os lados em nenhum dos grupos (**Tabela 2**), a média considerando ambos os lados foi utilizada para as análises seguintes.

A confiabilidade intra-avaliador foi calculada para cada grupo, separadamente, através do cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclassa ($CCI_{3,1}$). A confiabilidade absoluta foi também determinada através do cálculo do Erro Padrão da Medida (EPM), $EPM = DP \times \sqrt{1 - CCI}$, onde DP é o desvio padrão. Foi calculado também a Diferença Mínima Detectável (DMD), $DMD =$

EPM $\times \sqrt{2} \times 1,96$ considerando um nível de confiança de 95% (Portney e Watkins, 1993). A confiabilidade foi baseada na média das 3 tentativas realizadas pelo avaliador 1, para todos os grupos. Valores de CCI foram considerados pobres quando menor que 0,2, fraco de 0,21 à 0,40, moderado entre 0,41 e 0,60, bom entre 0,61 e 0,80 e muito bom entre 0,81 e 1,00 (Altman et al., 2001).

A ANOVA 1-way foi utilizada para comparar o ângulo de retroversão entre os 3 grupos. O post hoc de Tukey foi realizado quando necessário.

Para analisar a correlação entre o ângulo de retroversão e o volume do nado nos nadadores competidores, foi realizado o teste de correlação de Pearson. A correlação foi classificada como pobre entre 0,00 e 0,25, fraca entre 0,25 e 0,50, moderada entre 0,50 e 0,75 e forte entre 0,75 e 1,00 (Portney and Watkins, 2009).

O nível de significância de $\alpha=5\%$ foi considerado no estudo.

O tamanho do efeito entre os grupos também foi calculado para as diferenças significativas, usando o coeficiente d de Cohen. Um tamanho de efeito maior que 0,8 foi considerado grande, aproximadamente 0,5 moderado e menor que 0,2 pequeno (Cohen, 1988).

RESULTADOS

Os resultados apresentados se referem ao ABA, contudo cabe ressaltar que esta é uma medida indireta para o ângulo de torção do úmero, sendo que quanto menor o ABA, maior retroversão.

Não foram observadas diferenças significativas no ABA entre os lados dominante e não dominante para nenhum dos grupos ($p>0.05$) (**Tabela 2**)

Tabela 2. Dados do ABA para os lados dominante.

	ABA (°)	ABA (°)	<i>p</i>
	lado dominante	lado não-dominante	
Não atletas (n=30)	22,47 ± 16,68	22,20 ± 12,78	0,924
Nadadores amadores (n=30)	20,89 ± 13,00	23,20 ± 13,76	0,359
Nadadores competidores (n=30)	14,71 ± 10,22	12,77 ± 9,13	0,260

Resultados são a média ± desvio padrão. Pequeno ABA significa grande retroversão umeral.

A **tabela 3** traz os resultados da confiabilidade intra-avaliador para todos os grupos. Os CCI variaram entre 0,95 e 0,6. O EPM variou entre 1,89° e 2,59° e valores da DMD variaram entre 5,24° e 7,18°.

Tabela 3. Confiabilidade intra-avaliador.

	CCI	EPM (°)	DMD (°)
Não atletas (n=30)	0,96	2,59	7,18
Nadadores amadores (n=30)	0,96	2,37	6,58
Nadadores competidores (n=30)	0,95	1,89	5,24

Abreviações: CCI: coeficiente de correlação intra-classe; EPM: erro padrão da medida; DMD: diferença mínima detectável.

Diferença significativa no ABA foi observada entre os grupos ($F=5,81$, $p=0,004$) (Tabela 4). Nadadores competidores apresentaram menor ABA (maior

retroversão) comparados aos amadores (diferença média: 8,3°; $p=0,013$; tamanho do efeito: 0,82) e aos não atletas (diferença média: 8,5°; $p=0,010$; tamanho do efeito: 0,80). Porém, não houve diferença significativa entre amadores e não atletas (diferença média: 0,28°; $p=0,995$; tamanho do efeito: 0,02).

Tabela 4. Dados ABA entre grupos.

	Não atletas (n=30)	Nadadores amadores (n=30)	Nadadores competidores (n=30)
ABA (°)	22,33 ± 12,73*	20,05 ± 11,54†	13,74 ± 8,52

Resultados são média ± desvio padrão do ABA para não atletas, nadadores amadores e nadadores competidores. Valores baixos de ABA significam valores altos de retroversão do úmero. * $p<0,05$ entre nadadores competidores e não atletas. † $p<0,05$ entre nadadores competidores e amadores.

Uma correlação significativa negativa ($p= 0,04$; $r= -0,37$) foi observada entre o ABA e o volume do nado, sendo que quanto maior o volume de nado, menor o ABA (maior retroversão).

DISCUSSÃO

O estudo traz novas informações com relação à retroversão umeral de jovens nadadores, contribuindo para melhor compreensão das adaptações ósseas devido à prática da natação. Os resultados corroboram com a hipótese de que nadadores competidores apresentam maior retroversão do úmero

comparados aos outros grupos e também que existe uma relação entre o volume do nado e retroversão do úmero. Além disso, não houve diferença entre lados dominante e não-dominante em nenhum dos grupos, e o estudo mostrou uma confiabilidade intra-avaliador muito boa.

A medida da retroversão umeral foi realizada indiretamente através da medida do ABA, pela palpação dos tubérculos maior e menor do bíceps, a qual já foi validada por Dashottar and Borstad (2013). Uma confiabilidade muito boa foi observada entre as medidas intra-avaliador para todos os grupos. É importante ressaltar que os nadadores competidores apresentaram menor erro padrão da medida comparados aos outros grupos. Uma possível explicação para esse achado é que a natação, realizada de maneira profissional (competitiva) pode ter desencadeado uma maturidade no desenvolvimento ósseo nos nadadores competidores, o que pode ter facilitado a palpação das estruturas anatômicas para realização da medida. Devido à confiabilidade observada no presente estudo, recomenda-se a utilização dessa medida simples e de baixo custo, para determinar o ângulo de torção do úmero na prática clínica.

Não foram observadas diferenças entre os lados dominante e não-dominante em nenhum dos grupos. Isso pode ser justificado pelo fato de a natação ser um esporte simétrico. Esses achados diferem do estudo de Whiteley et al. (2009), o qual observou que jovens nadadores apresentam maior retroversão do úmero do lado dominante comparado ao não-dominante. Os autores explicaram seus achados pelo fato de mesmo a natação sendo considerado um esporte bilateral e simétrico, a dominância ainda predomina provavelmente devido as atividades realizadas no dia-a-dia envolvendo o lado dominante. Porém, os nadadores do presente estudo eram mais jovens (~3,3

anos) que os de Whiteley et al., (2009), ou seja, pode ser que a dominância ainda não tenha um papel essencial nessa idade.

Observou-se que os nadadores competidores apresentam menor ABA, ou seja, maior retroversão do úmero, comparados aos amadores e não atletas. Whiteley et al. (2009), também observaram maior retroversão do úmero em jovens nadadores comparados à adultos não atletas. Porém, a literatura relata que crianças e adolescentes apresentam maior retroversão comparados à adultos, já que a retroversão do úmero deve reduzir com o passar dos anos (Edelson, 2000). Estudos sugerem que a participação em esportes “overhead” antes da finalização da maturação óssea, pode aumentar o tempo necessário para redução da retroversão umeral, devido à sobrecarga causada no úmero (Pieper, 1998; Yamamoto et al., 2006). Dessa forma, a maior retroversão observada nos nadadores competidores pode ser considerada uma adaptação devido à prática da natação. Estudos anteriores mostraram que a maior retroversão do úmero está associada com maior amplitude rotação externa do úmero e redução na amplitude de rotação interna (Greenberg et al., 2016; Holt et al., 2016). Como a rotação interna do úmero é um dos movimentos mais realizados durante o nado “crawl”, maior retroversão umeral pode não ser considerada benéfica para nadadores (Whiteley et al., 2009; Polster et al., 2013). Estudos futuros devem ser realizados com o intuito de determinar os efeitos da maior retroversão umeral em nadadores com o passar do tempo.

Além disso, uma relação negativa foi observada entre o ABA e o volume de nado em nadadores competidores. Ou seja, quanto maior o volume de nado, maior a retroversão do úmero nesses atletas. Esse achado corrobora parcialmente com a literatura, que mostra que a retroversão do úmero é uma

adaptação à prática do esporte, dessa forma uma maior intensidade da prática, promove maiores adaptações (Edelson, 2000; Whiteley et al., 2009).

O estudo traz novas informações sobre a retroversão do úmero em jovens nadadores, usando um método validado e de baixo custo. Algumas limitações devem ser consideradas como a ausência das medidas de rotação interna e externa do úmero e o não cegamento do avaliador para as medidas.

Conclui-se portanto que nadadores competidores apresentam maior retroversão umeral comparados à amadores e não atletas e também que quanto maior o volume de nado desses competidores, maior a retroversão do úmero. Estes achados podem auxiliar na compreensão das adaptações ósseas que ocorrem nesses jovens nadadores, sugerindo portanto a inclusão dessa medida na prática clínica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados, conclui-se que jovens nadadores competidores apresentam:

- Maior rotação interna e inclinação anterior da escápula e maior ativação de serrátil anterior durante a elevação do braço comparados a não atletas e nadadores amadores. Porém, não apresentam diferenças com relação ao limiar de dor a pressão nos músculos do complexo do ombro.

- Maior retroversão do úmero comparados a não atletas e nadadores amadores. Além de apresentar uma relação com o volume do nado, ou seja, quanto maior o volume do nado dos nadadores competidores, maior a retroversão do úmero.

Os resultados gerais mostraram que os nadadores competidores apresentaram adaptações provenientes da prática do esporte quando comparados a não atletas e nadadores amadores. Estes resultados favorecem a compreensão das adaptações musculoesqueléticas e biomecânicas que ocorrem nesses jovens nadadores.

REFERÊNCIAS

Albuquerque-Sendin F, Camargo PR, Vieira A, et al. Bilateral myofascial trigger points and pressure pain thresholds in the shoulder muscles in patients with unilateral shoulder impingement syndrome: a blinded, controlled study. *Clin J Pain*. 2013;29(6):478-86.

Altman DG, Schulz KF, Moher D, et al. The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med*. 2001;134(8):663-94.

Bak K and Fauno P. Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain. *Am J Sports Med*. 1997;25(2):254-260.

Bauman AE. Updating the evidence that physical activity is good for health: an epidemiological review 2000-2003. *J Sci Med Sport*. 2004;7:6-19.

Beach ML, Whitney SL and Hoffman SA. Relationship of shoulder flexibility, strength, and endurance to shoulder pain in competitive swimmers. *Orthop Sports Phys Ther*. 1992;16:262-268.

Biswas D, Bible JE, Bohan M, et al. Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91(8):1882 -18.

Blanch P. Conservative management of shoulder pain in swimming. *Phys Ther Sport*. 2004;5:109-124.

Borsa PA, Laudner KG and Sauers EL. Mobility and stability adaptations in the shoulder of the overhead athlete: a theoretical and evidence-based perspective. *Sports Med*. 2008;38(1):17-36.

Borstad JD and Ludewig PM. The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(4):227-38.

Borstad JD. Resting position variables at the shoulder: evidence to support a posture-impairment association. *Phys Ther.* 2006;86:549-557.

Carson WG Jr and Gasser SI. Little Leaguer's shoulder. A report of 23 cases. *Am J Sports Med.* 1998;26(4):575-80.

Chandler TJ, Kibler WB, Stracener EC, et al. Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players. *Am J Sports Med.* 1992;20(4):455-8.

Chant CB, Litchfield R, Griffin S, et al. Humeral head retroversion in competitive baseball players and its relationship to glenohumeral rotation range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007; 37(9):514-20.

Chesterton LS, Sim J, Wright CC, et al. Interrater reliability of algometry in measuring pressure pain thresholds in healthy humans, using multiple raters. *Clin J Pain.* 2007;23(9):760-6.

Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Vol.2. 1988: New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Crockett HC, Gross LB, Wilk LE, et al. Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2002;30:20-6.

Crotty NM and Smith J. Alterations in scapular position with fatigue: a study in swimmers. *Clin J Sport Med.* 2000;10(4):251-8.

Dashottar A and Borstad JD. Validity of measuring humeral torsion using palpation of bicipital tuberosities. *Physiother Theory Pract.* 2013;29(1):67-74.

Deitch J, Mehlman CT, Foad SL, et al. Traumatic anterior shoulder dislocation in adolescents. *Am J Sports Med.* 2003;31(5):758-63.

De Onis M, Onyango AW, Borghi E, et al., Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85(9):660-7.

Deschodt VJ, Arzac LM and Rouard AH. Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *Eur J Appl Physiol.* 1999;80:192-199.

Ebaugh DD, McClure PW, and Karduna AR. Scapulothoracic and glenohumeral kinematics following an external rotation fatigue protocol. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(8):557-71.

Edelson G. The development of humeral head retroversion. *J Shoulder Elbow Surg.* 2000;9(4):316-8.

Eisner EA, Rocco JH, Moor MA, et al. Partial Rotator Cuff Tears in Adolescents: Factors Affecting Outcomes. *J Pediatr Orthop.* 2013;33:2–7.

Ekstrom RA, Soderberg GL, and Donatelli RA, Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(4):418-28.

Fisher LB, Goldstein LS, and Buongiorno PA. Phases of chronic pain: a model for assessment and treatment. *Clin J Pain.* 1990;6(3):191-8.

Graichen H, Bonel H, Stammberger T, et al. Three-dimensional analysis of the width of the subacromial space in healthy subjects and patients with impingement syndrome. *Am J Roentgenol.* 1999;172(4):1081-1086.

Graichen H, Stammberger T, Bonel H et al. Three-dimensional analysis of shoulder girdle and supraspinatus motion patterns in patients with impingement syndrome. *J Orthop Res.* 2001;19(6): 1192–1198

Greenberg EM, Fernandez-Fernandez A, Lawrence JT et al. The development of humeral retrotorsion and its relationship to throwing sports. *Sports Health*. 2015;7(6):489-496.

Greenberg EM, Lawrence JT, Fernandez-Fernandez A, et al. Humeral retrotorsion and glenohumeral motion in youth baseball players compared with age-matched nonthrowing athletes. *Am J Sports Med*. 2016; *in press*.

Griegel-Morris P, Larson K, Mueller-Klaus K, Oatis CA. Incidence of common postural abnormalities in the cervical, shoulder, and thoracic regions and their association with pain in two age groups of healthy subjects. *Phys Ther*. 1992;72:425-431.

Haik MN, Albuquerque-Sendin F, and Camargo PR. Reliability and minimal detectable change of 3-dimensional scapular orientation in individuals with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(5):341-9.

Hallal PC, Victora CG, Azevedo MR et al. Adolescent physical activity and health: a systematic review. *Sports Med*. 2006;36(12):1019-1030.

Hebert LJ, Moffet H, McFadyen BJ, et al., Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(1):60-9.

Heinlein SA and Cosgarea AJ. Biomechanical considerations in the competitive swimmer's shoulder. *Sports Health*. 2010;2(6):519-25.

Hibberd EE, Oyama S, Spang JT, et al. Effect of a 6-week strengthening program on shoulder and scapular-stabilizer strength and scapular kinematics in division I collegiate swimmers. *J Sport Rehabil*. 2012;21(3):253-65.

Hibberd EE and Myers JB. Practice habits and attitudes and behaviors concerning shoulder pain in high school competitive club swimmers. *Clin J Sport Med*. 2013;23(6):450-5.

Hibberd EE, Laudner KG, Kucera KL et al. Effect of Swim Training on the Physical Characteristics of Competitive Adolescent Swimmers. *Am J Sports Med.* 2016;44(11):2813-2819.

Hidalgo-Lozano A, Fernández-De-Las-Peñas C, Calderón-Soto C, et al. Elite swimmers with and without unilateral shoulder pain: mechanical hyperalgesia and active/latent muscle trigger points in neck–shoulder muscles. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(1):66-73.

Holt K, Boettcher C, Halaki M, et al. Humeral torsion and shoulder rotation range of motion parameters in elite swimmers. *J Sci Med Sport.* 2016; *in press.*

Ito N, Eto M, Maeda K, et al. Ultrasonographic measurement of humeral torsion. *J Shoulder Elbow Surg.* 1995;4(3):157-61.

Jayanthi NA, LaBella CR, Fischer D, et al. Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *Am J Sports Med.* 2015;43(4):794-801.

Johnson G, Bogduk N, Nowitzke A, et al. Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clin Biomech.* 1994;9(1):44-50.

Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al. Strategies for CT radiation dose optimization. *Radiol.* 2004;230:619–628.

Kibler WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med.* 1998;26(2):325-337.

Kim TW, An DI, Lee HY, et al. Effects of elastic band exercise on subjects with rounded shoulder posture and forward head posture. *J Phys Ther Sci.* 2016;28:1733–1737.

Kleposki RW, Lawrence W, Matthew W et al. Rotator cuff injuries in skeletally immature patients: prevention and indications for the orthopaedic nurse. *Orthop*

Nurs. 2009;28(3):134-138.

Kluemper M, Uhl TL and Hazelrigg H. Effect of stretching and strengthening shoulder muscles on forward shoulder posture in competitive swimmers. *J Sport Rehabil.* 2006;15(1):58-70.

Knapik JJ, Jones BH, Bauman CL, et al. Strength, flexibility and athletic injuries. *Sports Med.* 1992;14(5):277-88.

Krahl VE. The torsion of the humerus; its localization, cause and duration in man. *Am J Anat.* 1947;80(3):275-319.

Kronberg M, Brostrom LA, and Soderlund V. Retroversion of the humeral head in the normal shoulder and its relationship to the normal range of motion. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;253:113-7.

Laudner KG and Sipes RC. The incidence of shoulder injury among collegiate overhead athletes. *J Intercolleg Sport.* 2009;2(2):260-268.

Leonard J and Hutchinson MR. Shoulder injuries in skeletally immature throwers: review and current thoughts. *Br J Sports Med.* 2010;44(5):306–10.

Lin JJ, Lim HK, Soto-quijano DA, et al. Altered patterns of muscle activation during performance of four functional tasks in patients with shoulder disorders: interpretation from voluntary response index. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006;16(5):458-68.

Lomasney LM, Lim-Dunham JE and Cappello T. Imaging of the pediatric athlete: use and overuse. *Radiol Clin N Am.* 2013;5:215-226.

Ludewig PM, Cook TM and Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24(2):57-65.

Ludewig PM and Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther.* 2000;80(3):276-91.

Ludewig PM, Hoff MS, Osowsk EE, et al. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):484-493.

Ludewig PM and Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39(2):90-104.

Ludewig PM and Braman JP. Shoulder impingement: biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther.* 2011;16(1):33-9.

Maffulli N. The growing child in sport. *Br Med Bull.* 1992;48:561-568.

Manske RC, Lewis S, Wolff S, et al. Effects of a dry-land strengthening program in competitive adolescent swimmers. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(6):858-67.

Mariscalco MW and Saluan P. Upper extremity injuries in the adolescent athlete. *Sports Med Arthrosc.* 2011;19(1):17-26.

McMaster WC and Troup J. A survey of interfering shoulder pain in United States competitive swimmers. *Am J Sports Med January.* 1993;21:67-70.

McMaster WC, Roberts A and Stoddard T. A Correlation Between Shoulder Laxity and Interfering Pain in Competitive Swimmers. *Am J Sports Med.* 1998;26(1):83-86.

McMaster WC. Shoulder injuries in competitive swimmers. *Clin J Sport Med.* 1999;18(2):349-359.

Meeus M and Nijs J. Central sensitization: a biopsychosocial explanation for chronic widespread pain in patients with fibromyalgia and chronic fatigue

syndrome. *Clin Rheumatol.* 2007;26:465–473.

Michener LA, Sharma S, Cools AM, et al. Relative scapular muscle activity ratios are altered in subacromial pain syndrome. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016;25(11):1861-1867.

Mountjoy M, Junge A, Alonso JM, et al. Sports injuries and illnesses in the 2009 FINA world championships (aquatics). *Br J Sports Med.* 2010;44:522-527.

Myer GD, Jayanthi N, DiFiori JP et al. Sports specialization, part ii: alternative solutions to early sport specialization in youth athletes. *Sports Health.* 2016;8(1):65-73.

Ogden J. *Skeletal injury in the Child.* 2000; New York: Springer-Verlag.

Ogston JB and Ludewig PM. Differences in 3-dimensional shoulder kinematics between persons with multidirectional instability and asymptomatic controls. *Am J Sports Med.* 2007;35(8):1361-70.

Osbahr DC, Cannon DL and Speer KP. Retroversion of the humerus in the throwing shoulder of college baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2002;30(3):347-53.

Perry J, Pink M, Jobe FW, et al. The painful shoulder during the backstroke: an emg and cinematographic analysis of 12 muscles. *Clin J Sport Med.* 1992;2(1):13-20.

Pieper HG. Humeral torsion in the throwing arm of handball players. *Am J Sports Med.* 1998; 26:247–253.

Pink M, Perry J, Browne A, et al. The normal shoulder during freestyle swimming: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med.* 1991; 19:569-576.

Pink MM and Tibone JE. The painful shoulder in the swimming athlete. *Orthop Clin N Am.* 2000; 31(2):247-261.

Polster JM, Bullen J, Obuchowski NA, et al., Relationship between humeral torsion and injury in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2013; 41(9): 2015-21.

Portney LG and Watkins M. Foundation of clinical research: applications to practice.1993: Norwalk, CT: AppJeron and Lange.

Portney LG and Watkins M. Foundations of Clinical Research: Applications to Practice. 2009: ed. N.J.P.P.H. Upper Saddle River.

Potts AD, Charlton JE and Smith HM. Bilateral arm power imbalance in swim bench exercise to exhaustion. *J Sports Sci.* 2002;20:975-979.

Reagan KM, Meister K, Horodyski MB, et al. Humeral retroversion and its relationship to glenohumeral rotation in the shoulder of college baseball players. *Am J Sports Med.* 2002;30:354-360.

Ribeiro IL, Camargo PR, Albuquerque-Sendin F, et al. Topographical pressure pain sensitivity maps of the shoulder region in individuals with subacromial pain syndrome. *Man Ther.* 2016;21: 134-43.

Richardson AB, Jobe FW and Collins HR. The shoulder in competitive swimming. *Am J Sports Med.* 1980;8(3):159-163.

Rupp S, Berninger K and Hopf T. Shoulder problems in high level swimmers. *Int J Sports Med.* 1995;16:557–562.

Sallis RE, Jones K, Sunshine S., et al. Comparing sports injuries in men and women. *Int J Sports Med.* 2001;22:420-423.

Sciascia A and Kibler WB. The Pediatric Overhead Athlete: What is the Real

Problem? *Clin J Sport Med.* 2006;16(6):471-477.

Scovazzo ML, Browne A, Pink M, et al. The painful shoulder during freestyle swimming: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med.* 1991;19:577-582.

Sein ML, Walton J, Linklater J, et al. Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2010;44:105–113.

Shanmugam C and Maffulli N. Sports injuries in children. *Br Med Bull.* 2008;86:33–57.

Schuldt K, Harms Ringdahl K: Activity level during isometric test contractions of the neck and shoulder muscles. *Scand J Rehab Med.* 1988; 20: 117–127.

Silva RT, Hartmann LG, Laurino CF et al. Clinical and ultrasonographic correlation between scapular dyskinesia and subacromial space measurement among junior elite tennis players. *Br J Sports Med.* 2010;44(6):407-410.

Sousa C de O, Michener LA, Ribeiro IL, et al. Motion of the shoulder complex in individuals with isolated acromioclavicular osteoarthritis and associated with rotator cuff dysfunction: part 2 - muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015;25(1):77-83.

Stocker D, Pink M and JOBE F. Comparison of shoulder injury in collegiate and master's level swimmers. *Clin J Sport Med.* 1995;5:4–8.

Su KPE, Johnson MP, Gracely EJ et al. Scapular rotation in swimmers with and without impingement syndrome: practice effects. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(7):1117-1123.

Tanaka H. Swimming exercise impact of aquatic exercise on cardiovascular health. *Sports Med.* 2009;39(5):377-387.

Tarkin IS, Morganti CM, Zillmer DA, et al. Rotator cuff tears in adolescent athletes. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):596–601.

Tate A, Turner GN, Knab SE, et al. Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *J Athl Train.* 2012;47(2):149-158.

Tokish JM, Curtin MS, Kim YK, et al. Glenohumeral internal rotation deficit in the asymptomatic professional pitcher and its relationship to humeral retroversion. *J Sports Sci Med.* 2008;7(1):78-83.

Vanderweeen L, Oostendorp RA, Vaes P, et al. Pressure algometry in manual therapy. *Man Ther.* 1996;1(5):258-265.

Walton J, Paxinos A, Tzannes A, et al. The unstable shoulder in the adolescent athlete. *Am J Sports Med.* 2002;30(5):758-67.

Weldon EJ and Richardson AB. Upper extremity overuse injuries in swimming: a discussion of swimmer's shoulder. *Clin Sport Med.* 2001;20(3):423-437.

Whiteley R, Ginn K, Nicholson L, et al. Indirect ultrasound measurement of humeral torsion in adolescent baseball players and non-athletic adults: reliability and significance. *J Sci Med Sport.* 2006;9(4):310-8.

Whiteley RJ, Ginn KA, Nicholson LL, et al. Sports participation and humeral torsion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39(4):256-63.

Williams JG, Laudner KG, and McLoda T. The acute effects of two passive stretch maneuvers on pectoralis minor length and scapular kinematics among collegiate swimmers. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(1):25-33.

Wu G, van der Helm FC, Veeger HE, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion-

-Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *J Biomech.* 2005;38(5):981-992.

Yamamoto N, Itoi E, Minagawa H, et al. Why is the humeral retroversion of throwing athletes greater in dominant shoulders than in nondominant shoulders? *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15(5):571-5.

Yanai T and Hay JG. Shoulder impingement in front-crawl swimming, II: analysis of stroking technique. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):30–40.

ANEXO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS/UFSCAR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Adaptações e aspectos biomecânicos da prática da natação no complexo do ombro em crianças e adolescentes

Pesquisador: Fernanda Assis Paes Habechian

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 23085413.1.0000.5504

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia - PPGFt

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 500.942

Data da Relatoria: 10/12/2013

Apresentação do Projeto:

Projeto muito bem apresentado relatando o estado da arte e delineando o experimento proposto de acordo com os objetivos que se deseja alcançar. Os riscos e benefícios são bem apresentados tanto no projeto quanto no TCLE.

Objetivo da Pesquisa:

Bem delineado e de acordo com a literatura

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Bem definidos

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa interessante que visa comparar a cinemática escapular e a ativação da musculatura escapulotorácica e também a rigidez do músculo grande-dorsal, o limiar de dor à pressão e o ângulo de torção do úmero entre crianças e adolescentes praticantes e não praticantes de natação com o intuito de estabelecer propostas de tratamento voltadas para crianças e adolescentes praticantes de esportes, tentando reduzir o índice de lesões nesses atletas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS/UFSCAR



Continuação do Parecer: 500.942

Recomendações:

Aprovar

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto considerado aprovado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

SAO CARLOS, 18 de Dezembro de 2013

Assinador por:
Maria Isabel Ruiz Beretta
(Coordenador)

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

APÊNDICE I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1. Seu filho(a) está sendo convidado para participar da pesquisa “Adaptações e aspectos biomecânicos da prática da natação no complexo do ombro em crianças e adolescentes”.
2. Ele foi selecionado por meio de testes clínicos e por não apresentar sintomas dolorosos no ombro e pescoço.
3. O objetivo deste estudo é comparar a cinemática escapular, a ativação muscular do serrátil anterior, trapézio inferior e superior durante a elevação do braço em crianças e adolescentes praticantes e não praticantes de natação. e também analisar o ângulo de torção do úmero, limiar de dor a pressão e rigidez do músculo grande dorsal nessa mesma população.
4. A participação nesta pesquisa consistirá em (1) entrevista com o pesquisador para avaliar se você preenche os requisitos previstos nos critérios de inclusão do estudo, (2) fornecer informações tais como: idade, peso, altura, histórico da dor no ombro, ocupação, (3) ter 2 sensores (1,8x0,8x0,8 cm cada) fixados à pele na escápula e manúbrio do esterno com fita dupla face, e um manguito que será fixado no braço, logo acima do cotovelo, com velcro, (5) ter 3 eletrodos de superfície no trapézio superior, trapézio inferior e serrátil anterior, (6) realizar algumas contrações máximas em certas posições do braço, (7) elevar o braço de modo ativo em uma amplitude confortável para registro das variáveis estudadas (os sensores serão retirados no final da coleta dos dados), (8) realização da medida de rigidez do músculo grande dorsal (não-invasiva, utilizando um algômetro digital), (9) análise do limiar de pressão, realizado com um algômetro em certos pontos de determinados músculos, (10) análise do ângulo de torção do úmero através de palpação. A sessão para coleta dos dados pode ter duração de até 2 horas.
5. O procedimento não tem caráter invasivo. Os riscos de sua participação são mínimos, pois pode haver uma pequena irritação (vermelhidão) da pele após a remoção da fita dupla face para retirada dos sensores. Esse desconforto será similar a quando se retira um bandage da pele. A avaliação poderá causar um desconforto muscular mínimo devido às contrações máximas. Durante a maior parte da avaliação você ficará em pé, o que poderá causar cansaço ou uma sensação de tontura. No entanto, se necessário, você terá permissão para se sentar para evitar esses riscos. Com este estudo espera-se ajudar o profissional clínico em uma melhor compreensão sobre a cinemática do ombro de crianças praticantes de natação.
6. Todos os procedimentos serão realizados pelo pesquisador abaixo identificado.
7. Quaisquer dúvidas a respeito dos procedimentos e da participação na pesquisa serão esclarecidas antes e durante o curso de pesquisa pelo pesquisador responsável.
8. A qualquer momento seu filho pode desistir de participar e retirar o consentimento, sendo que isso não trará nenhuma penalização ou prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.
9. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a participação.
10. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar identificação do sujeito, sendo que os arquivos gerados no processo de avaliação serão identificados a partir de uma numeração.
11. Não haverá quaisquer gastos dos sujeitos do estudo com esta pesquisa; desta forma, não haverá ressarcimento dos mesmos.

12. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Paula Rezende Camargo

Rodovia Washington Luis, km 235, São Carlos – SP. Fone: (16) 3306-6696

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do meu filho(a) na pesquisa e concordo que ele participe.

São Carlos _____ de _____ de _____

Participante da pesquisa - Nome _____

Responsável pela criança – Nome _____

Assinatura _____

APÊNDICE II

Ficha de avaliação – Crianças praticantes de esportes envolvendo membro superior

Data: ___/___/___

Nome da criança: _____

Nome do responsável: _____

Data de nascimento: ___/___/___

Local que pratica o esporte: _____

Idade: _____ Peso: _____ Estatura: _____

Sexo: _____

Endereço residencial: _____

E-mail: _____ Telefone: _____

Faz alguma atividade física/esportiva? Se sim, quais?

Há quanto tempo? _____ Frequência semanal: _____

Volume de nado/dia (m): _____

Já participa de competições? Se sim há quanto tempo e qual modalidade?

Membro dominante: _____

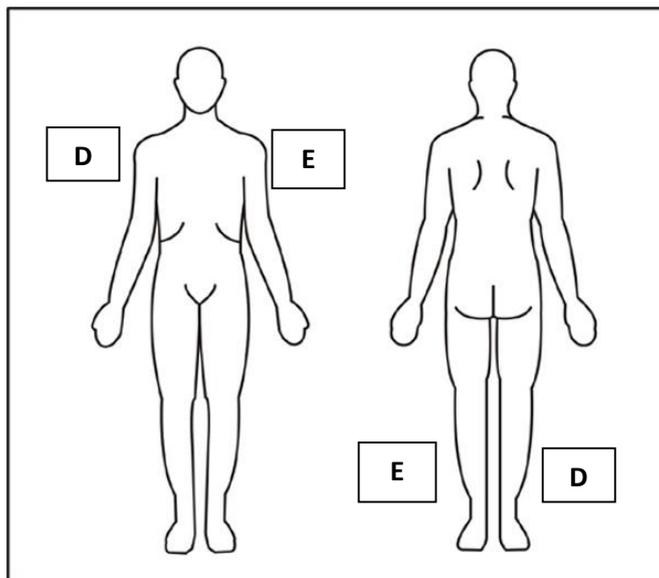
Apresenta dor no ombro? Se sim há quanto tempo?

Fraturas/cirurgias no membro superior? Luxações/sub-luxações?

Qual tipo de mochila utiliza para ir á escola?

Mapa de dor em crianças

Indicar onde ocorre a dor utilizando as figuras do corpo humano abaixo:



Qual atividade proporciona esse sintoma? Em que situações?

Já foi afastado do esporte por causa deste problema? Se sim, quantas vezes? Por quanto tempo?

Testes	D	E
Neer		
Hawkins		
Jobe		
Sinal do Sulco		
Abd + Rot lateral		
Instabilidade anterior		
Instabilidade posterior		

ADM máxima:

	Passiva	Ativa
D		
E		

Arco doloroso:

Já realizou fisioterapia?

Que tratamento foi realizado para alívio/melhora da dor?

Ângulo de torção:

D:

E:

Rigidez grande dorsal:

1º	2º	3º	Média

Limiar de dor á pressão:

Músculos	1º	2º	3º	Média
UT				
SUPRA				
INFRA				
DELTOÍDE				
TIBIAL				

EVA DURANTE ANÁLISE CINEMÁTICA

	VAS_eval 1	VAS_eval 2
SAB1		
SAB2		
SAB3		

