

**FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA**

**UNIVERSIDADE DE COIMBRA**



**PEDRO MIGUEL NEVES BRÁS**

**ANÁLISE DO DESEQUILÍBRIO ENTRE ROTADORES EXTERNOS E INTERNOS  
DA ARTICULAÇÃO DO OMBRO EM NADADORES DE NÍVEL NACIONAL, COM  
HISTÓRIA DE SINTOMATOLOGIA DOLOROSA – ESTUDO CASO**

**COIMBRA,**

**2015**

**PEDRO MIGUEL NEVES BRÁS**

**ANÁLISE DO DESEQUILÍBRIO ENTRE ROTADORES EXTERNOS E INTERNOS  
DA ARTICULAÇÃO DO OMBRO EM NADADORES DE NÍVEL NACIONAL, COM  
HISTÓRIA DE SINTOMATOLOGIA DOLOROSA – ESTUDO CASO**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra com vista a obtenção do grau de mestre em Treino Desportivo para Crianças e Jovens.

**Orientador: Professor Doutor Luís  
Manuel Pinto Lopes Rama**

**COIMBRA**

**2015**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha família por todo o apoio, que proporcionaram ao longo da minha vida académica.

Agradeço ao professor e orientador Doutor Luís Rama, pela incansável disponibilidade e determinante cooperação.

Ao Professor Doutor Humberto Carvalho por toda a orientação e disponibilidade, que foram determinantes para a concretização deste projeto.

À Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, como instituição, bem como a todos profissionais dessa mesma instituição.

Aos atletas que participaram no estudo, por toda a dedicação e seriedade durante todo o percurso.

Aos treinadores de natação da Associação Académica de Coimbra, Fausto Ângelo, Miguel Abrantes e Miguel Antunes, pela cooperação e pelo ambiente proporcionado.

Aos meus amigos do berço da nação, Branco, João, Tone e Pedro. Ao Zé, Chico e André pela paciência ao longo desta etapa.

Ao meu avô, por tudo o que representou.

À minha namorada por toda a paciência e ajuda, ao longo deste percurso. E por ser a minha princesa.

## RESUMO

O trabalho apresentado nesta dissertação de mestrado constitui um estudo caso, e teve como objetivo determinar os desequilíbrios musculares na rotação interna e externa da articulação do ombro em nadadores de competição com experiência competitiva de participação de nível nacional. Foi igualmente objetivo deste trabalho a experimentação de um programa de fortalecimento muscular, com o objetivo de contribuir para um equilíbrio muscular adequado, centrado no incremento da força dos rotadores externos. Oito nadadores masculinos de idade sénior foram divididos em grupo experimental (n=4) e grupo de controlo (n=4). No grupo experimental, os nadadores foram divididos em dois grupos: grupo de atletas com passado de lesão (n=2); grupo de atletas sem passado de lesão (n=2). No grupo de controlo, a organização intra grupo foi realizada da mesma forma que o grupo experimental. O grupo experimental participou num programa de fortalecimento de 8 semanas, 5 vezes por semana com uma duração média de 15 minutos por sessão. Os nadadores do grupo de controlo só realizaram o treino de água. Foi avaliada a força concêntrica dos rotadores do ombro a 90°/s, no dinamómetro isocinético (Biodex System 3) na posição de decúbito dorsal com o ombro abduzido a 90° e o cotovelo a 90° de flexão, numa amplitude total de movimento de 90°. Através da análise das variáveis de estudo pudemos concluir: i) os nadadores deste estudo apresentaram valores superiores na rotação externa relativamente à interna; ii) o programa de fortalecimento orientado para os rotadores externos e os estabilizadores da escápula conduziu a uma redução dos desequilíbrios musculares; iii) o treino de natação parece desenvolver a força dos rotadores internos de forma simétrica); iv) os nadadores submetidos ao programa de fortalecimento de oito semanas aumentaram a flexibilidade glenoumeral na rotação interna e externa.

Palavras-chave: Força isocinética; desequilíbrios musculares; rotadores do ombro; nadadores de nível nacional; ombro doloroso; treino de força.

## ABSTRACT

The objective of this master thesis is to produce a case study focused on the muscular imbalance in the external and internal rotation of the shoulder joint in experience competitive swimmers of national level participation. Moreover, we aimed to evaluate the efficacy of a reinforcement-training program with the objective to contribute to an adequate muscular balance, focus in the increasing of the external rotators strength. Eight national level swimmers were divided in experimental group (n=4) and control group (n=4). The experimental group was divided in two groups: one group with two athletes with shoulder injury history; another group with two athletes without pass of injury. In the control group, the same procedure of experimental group was followed to divide the athletes. The swimmers of the experimental group participated in a reinforcement program of eight weeks, 5 times per week with a duration of 15 minutes. The control group only performed the normal swimming training. In the both groups, it was measure the shoulder rotator strength in concentric mode at 90°/s. The data were collected by the Isokinetic Dinamometer (Biodex System 3) in the supine lying position with the arm abducted at 90° and the elbow flexed at 90° in a range of motion of 90 degrees. Through the analysis of study variables we concluded: i) the swimmers of this study presented higher values in the external rotators comparing with internal rotators; ii) the reinforcement program orientated to the external rotators and scapular stablizers lead to a decreasing of muscular imbalances; iii) the swimming training seems to develop simetrically the strength of internal rotators; iv) the swimmers that were submit to the reinforcement program of 8 weeks, increased glenohumeral flexibility.

Keywords: isokinetic strength; muscle imbalance; shoulder rotators; national level swimmers; shoulder pain; strength training.

## ÍNDICE

1. Introdução.....	9
1.1 Apresentação do problema .....	10
1.2 Objetivos do estudo .....	11
1.3 Formulação das hipóteses .....	11
1.4 Pertinência do estudo .....	12
2. Revisão de literatura .....	14
2.1 Anatomia do ombro.....	14
2.1.1. Articulação gleno-umeral .....	14
2.1.2 Articulação escápulo-torácica .....	15
2.1.3 Articulação esterno-clavicular .....	16
2.1.4 Articulação acrômio-clavicular .....	16
2.1.5 Estabilizadores estáticos do ombro .....	17
2.1.6 Estabilizadores dinâmicos do ombro .....	19
2.2 Anatomia funcional do ombro.....	20
2.2.1 Funções da musculatura do ombro.....	21
2.2.2 Estrutura funcional do ombro.....	22
2.2.3 Estrutura funcional da escápula.....	23
2.2.4 Musculatura do ombro na técnica de nado .....	24
2.3 Patologias do ombro .....	25
2.3.1 Lesões agudas mais comuns .....	27
2.3.2 Lesões crônicas mais comuns.....	28
2.3.3 Principais lesões do ombro na natação .....	31
2.4 Reabilitação do ombro .....	34
2.5 Utilização do Dinamómetro Isocinético na avaliação da força da musculatura dos ombros .....	36

3. Metodologia .....	39
3.1 Caracterização da amostra .....	39
3.2 Procedimentos .....	41
3.2.1 Avaliação antropométrica .....	41
3.2.2 Avaliação da flexibilidade gleno-umeral.....	41
3.2.3 Avaliação isocinética.....	42
3.2.4 Programa de fortalecimento.....	44
3.2.5 Análise de dados .....	45
4. Resultados.....	46
5. Discussão dos resultados .....	53
6. Conclusão.....	57
7. Limitações e recomendações .....	59
8. Referências.....	60

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Músculos do ombro .....	21
Tabela 2 Caracterização da amostra .....	40
Tabela 3 Exercícios do programa de fortalecimento dos rotadores do ombro .	45
Tabela 4 Força concêntrica dos rotadores do ombro em nadadores de nível nacional.....	47
Tabela 5 Força concêntrica dos rotadores do ombro em nadadores de nível nacional.....	49
Tabela 6 Rácio da força isocinética entre a rotação externa e interna (RI/RE) em nadadores de nível nacional.....	51
Tabela 7 Flexibilidade gleno-umeral em nadadores de nível nacional, no membro dominante (MD) e no membro não dominante (MND) .....	51

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

RI – Rotadores internos

RE- Rotadores externos

ml – Mililitro

mm – Milímetro

cm – Centímetro

AC – Acrómio – clavicular

<- Menor

DI – Dinamómetro isocinético

°/s – Graus por segundo

% - Percentagem

PT – Pico de torque

Dp – Desvio padrão

Kg – Quilograma

MD – Membro dominante

MND – Membro não dominante

N.m – Multiplicação de Newton com o metro

PT/MC – Razão entre pico de torque e massa corporal

RI/RE – Razão entre rotação interna e rotação externa

GAP – Geração de Apoio Propulsivo

## 1. Introdução

A prática desportiva em geral e a prática federada em particular têm sofrido um incremento significativo através do número de atletas, o que em parte se deve à importância enquanto fenómeno social.

A prática desportiva passou a ser um hábito na sociedade, dando-se maior importância aos benefícios na saúde e no bem-estar associado à prática do desporto. No desporto federado está associado à superação dos resultados. No entanto, a superação no desporto, exige um maior compromisso com o treino. No caso da natação, os atletas têm de estabelecer esse compromisso com o treino desde muito jovens.

A natação desportiva é considerada uma modalidade de *endurance* (resistência). Os movimentos de nado são cíclicos, simultâneos ou alternados. A geração de propulsão é realizada através, da Ação coordenada dos segmentos corporais, em particular dos membros superiores e inferiores. A respiração é realizada através da sincronização com a Ação dos membros superiores com movimentos de rotação da cabeça, implicando modificação temporal, quando comparado ciclo de braçada em que ocorre a inspiração com aqueles onde esta não se executa. O equilíbrio é assegurado por ação dos membros inferiores, essencialmente. A resistência do deslocamento aumenta, de acordo, com a velocidade; implicando maior aplicação de força e, posteriormente, “maior sobrecarga músculo-esquelética” (Gomes Pereira, 1999).

Nesta modalidade, desde cedo, os atletas treinam todos os dias da semana sendo submetidos a volumes e intensidades elevados. A intensidade em alguns treinos específicos pode causar adaptações diferentes do esperado, podendo, incapacitar os atletas sobretudo devido a sobreutilização, uma vez que não constitui uma modalidade desportiva sujeita ao choque traumático. Nesta sentido, grande parte dos “casos clínicos” decorrem ecologicamente do treino e não na competição, ao contrário de outras modalidades, onde a ocorrência de lesões está relacionada com o contexto da competição (Gomes Pereira, 1999).

É importante que se criem as condições necessárias, logo nos primeiros escalões etários (formação) para que as adaptações neuromusculares e funcionais

sejam alcançadas de forma gradual, reduzindo o risco de lesão (Gomes Pereira, 1999).

Como referido, anteriormente, a natação é uma modalidade de *endurance* e cíclica, portanto, a articulação mais passível de lesionar é a articulação do ombro. O fator condicionante desta articulação está nas inúmeras rotações, que os atletas realizam por treino e, da força aplicada para garantir a geração de apoio propulsivo. O “ombro do nadador” é uma síndrome de dor bem conhecida na modalidade e conta com aproximadamente 60% dos casos em consequência de *overuse* (Boyd, 1997). A “síndrome do ombro doloroso do nadador” aparece devido à sobrecarga imposta na articulação do ombro (Boyd, 1997; Gomes Pereira, 1999).

Desta forma, o ombro é uma articulação, que, pela sua mobilidade e estrutura, o torna vulnerável às cargas impostas no treino com consequências negativas para o rendimento desportivo. Sustentando a importância de analisar fatores que determinam a funcionalidade desta articulação.

### 1.1 Apresentação do problema

A natação pura desportiva é uma modalidade bastante exigente e, por isso, desde muitos jovens, os atletas são sujeitos a volumes e intensidades de treino elevados, muito cedo na sua formação. Assim, a sobrecarga imposta nas articulações, ao fim de alguns anos de prática, é enorme. O ombro é a articulação que recebe mais sobrecarga, devido à grande solicitação que recai sobre esta estrutura.

A lesão no ombro é uma lesão que pode, nos piores dos casos, levar à paragem do treino, ou à adaptação da carga de treino, minimizando-a na maior parte das situações por períodos de treino variáveis. Ambas prejudicam o rendimento desportivo do atleta. Segundo Pereira (1999), “a patologia do ombro constitui o problema traumatológico mais frequente e incapacitante em natação de competição, sendo que, mais de 50% dos nadadores apresentaram queixas dolorosas da cintura escapular”.

As lesões em nadadores estão relacionadas com a musculatura responsável pela rotação interna (RI) e externa (RE) que circundam a articulação. A força da musculatura dos RI e dos RE é importante, pela proteção que fornece, assim como,

para o aumento da *performance* em nadadores de elite (Ramsi, Swanik, Swanik, Straub, & Mattacola, 2004).

A solicitação dos músculos da coifa de rotadores é exercida, através, da rotação interna da braçada (no trajeto propulsivo), promovendo ações concêntricas; e rotação externa (na fase de recuperação), promovendo ações maioritariamente excêntricas, devido à desaceleração da braçada (Bak, 1996; Ramsi et al., 2004; Seaton). Assim, devido às ações constantes implícitas ao gesto técnico, os músculos que mais se desenvolvem são os rotadores internos em detrimento dos rotadores externos, criando, um desequilíbrio muscular e, contribuindo, para a instabilidade no ombro (Batalha et al., 2012; O'Donnell, Bowen, & Fossati, 2005; Pink & Tibone, 2000; Ramsi et al., 2004; Seaton).

Este tipo de lesão requer bastante atenção, por se tratar da lesão músculo-esquelética com elevada incidência entre nadadores (Batalha et al., 2012; Richardson, Jobe, & Collins, 1980). O que justifica a adoção de programas preventivos da lesão no ombro, através, do fortalecimento muscular.

## 1.2 Objetivos do estudo

O objetivo do estudo é analisar as diferenças entre a força na ação dos rotadores externos e internos, em nadadores com e sem passado de lesão, antes e após, um programa de fortalecimento da articulação do ombro, verificando, se através do programa de fortalecimento, a força dos rotadores externos aumenta, e deste modo contribuir para um maior equilíbrio muscular.

## 1.3 Formulação das hipóteses

H0: Não existem diferenças significativas entre a força dos rotadores externos e internos, dos atletas com e sem passado de lesão.

H1: Existem diferenças entre os rotadores dos nadadores com e sem passado de lesão.

H2: Não existem diferenças na força dos rotadores do ombro entre nadadores com passado de lesão e sem passado de lesão.

H3: Existem diferenças entre a força dos rotadores, isto é, a força dos rotadores internos é superior à força dos rotadores externos.

H4: Existem diferenças entre a força dos rotadores, isto é, a força dos rotadores externos é superior à força dos rotadores internos.

H5: O programa de fortalecimento aumentou a força dos rotadores, aumentando o equilíbrio muscular.

H6: O programa de fortalecimento aumentou a força dos rotadores, mas o desequilíbrio muscular mantém-se.

H7: O programa de fortalecimento não aumentou a força dos rotadores.

#### 1.4 Pertinência do estudo

O ombro é uma estrutura que pode sofrer alterações, do ponto de vista, morfofuncional, caso seja sujeita a carga excessivas ou sobreutilização (“*overuse*”). A natação é uma modalidade dependente desta articulação e, por isso, sujeita o ombro a uma carga desgastante. Consequentemente, este desgaste interfere com a performance desportiva do atleta e pode por em causa a obtenção de resultados desportivos.

O nadador de elite realiza aproximadamente 2500 rotações do ombro por sessão de treino. E, 47% a 80% dos nadadores de competição reportam lesão no ombro. O desenvolvimento de força e resistência muscular do membro superior constitui um aspeto preventivo essencial (Van de Velde, De Mey, Maenhout, Calders, & Cools, 2011). É igualmente importante perceber quais os fatores que contribuem para o desenvolvimento da lesão do “*ombro do nadador*”, desenvolvendo, métodos efetivos de prevenção e de reabilitação da lesão (Lynch, Thigpen, Mihalik, Prentice, & Padua, 2010).

Batalha *et al.* (2012) no estudo que realizaram com nadadores, verificaram que a produção de força dos rotadores internos é invariavelmente superior à dos seus antagonistas, e portanto, é essencial estabelecer um treino compensatório com foco nos rotadores externos. Outra constatação deste estudo foi de que, a natação é uma modalidade que devido aos aspetos biomecânicos, sobrecarrega mais os rotadores internos do que os externos, comprometendo a estabilidade da articulação.

Os músculos da coifa do rotador mostraram ser estabilizadores dinâmicos da articulação do ombro em múltiplas posições do ombro; e o fortalecimento da coifa do rotador é importante para fornecer a força apropriada para mover o braço e elevá-lo, fornecendo estabilidade dinâmica (Gerrard, 2005; Reinold, Escamilla, & Wilk, 2009).

## 2. Revisão de literatura

### 2.1 Anatomia do ombro

O ombro é a articulação mais móvel de, todas as articulações do corpo, sendo, capaz de uma enorme amplitude de movimentos (ROM) devido à relação entre a cabeça do úmero e a fossa glenóide (Gerrard, 2005; Terry & Chopp, 2000; Tovin, 2006).

O complexo do ombro é constituído pela, clavícula, escápula, e úmero; as articulações glenoumeral e acrómio-clavicular unem estas estruturas ósseas; a articulação esternoclavicular faz a única ligação do complexo do ombro ao esqueleto axial; as articulações, escapulo-torácica e subacromial fornecem ao ombro, uma amplitude de movimento que supera qualquer mecanismo articular (Culham & Peat, 1993).

A excessiva mobilidade que o ombro é capaz de realizar, através, das articulações gleno-umeral e escapulo-torácica, é equilibrado pela estabilidade das articulações acrómio-clavicular e esternoclavicular.

Na articulação gleno-umeral, um sistema complexo de ligamentos fornece a primeira estabilização e, o sistema músculo-tendinoso atua como estabilizador secundário da articulação. Este mecanismo permite ao ombro suportar grandes forças externas, ao mesmo tempo que, fornece mobilidade suficiente aos membros superiores para que consigam realizar padrões de movimento complexos em todos os planos (Gerrard, 2005; Terry & Chopp, 2000; Tovin, 2006).

#### 2.1.1. Articulação glenoumeral

A articulação glenoumeral é uma articulação sinovial “bola – saco” entre a cabeça do úmero e da fossa glenóide da escápula. Esta relação, entre a cabeça hemisférica do úmero e a superfície da cavidade glenóide da escápula permitem uma enorme amplitude de movimentos, ao mesmo tempo, que os tendões protegem o úmero de deslocções. Os tendões que circundam a articulação têm apenas a função de limitar o movimento excessivo do úmero sobre a cavidade glenóide. A articulação é protegida, acima, pelo arco coraco-acromial que, envolve o processo coracóide, o acrómio e o ligamento coraco-acromial. A cartilagem articular da cabeça

do úmero é mais espessa no centro do que na periferia, ao contrário, da cavidade glenóide (Culham & Peat, 1993; Gray, 1918).

A superficialidade da fossa glenóide e, o tamanho desproporcional e a falta de congruência das superfícies articulares fazem com que, a articulação seja inerentemente instável (Culham & Peat, 1993).

A superfície da fossa glenóide é um-terço ( $1/3$ ) a um-quarto ( $1/4$ ) da cabeça do úmero, ou seja, só uma parte da cabeça do úmero é que está sempre em contacto com a cavidade glenóide, em todos os movimentos da articulação (Peat, 1986; Terry & Chopp, 2000). O úmero é o maior e mais longo osso da extremidade superior, e a sua porção proximal consiste na cabeça do úmero, o tubérculo maior, o sulco bicipital, o tubérculo menor e, a diáfise proximal do úmero. O tubérculo maior tem três faces, onde os tendões, supraespinhoso, teres menor e infraespinhoso se fixam. No tubérculo menor fixa-se o tendão subescapular. Desta forma, a coifa dos rotadores forma um anel contínuo, da face pósterio-inferior para a face ântero-inferior. Esta inserção é apenas interrompida pelo sulco bicipital onde passa o tendão da longa porção do bíceps braquial (Terry & Chopp, 2000).

### 2.1.2 Articulação escápulo-torácica

A articulação escápulo-torácica, na verdade, não pode ser considerada uma articulação. Pois, trata-se do espaço, entre a superfície convexa da caixa torácica posterior e, a superfície côncava da escápula. Este espaço é ocupado por estruturas, neurovasculares, musculares, e bursais que, permitem o movimento, relativamente suave, da escápula sobre o tórax. A escápula é a base da cintura escapular, o que permite o aumento do movimento do ombro, acima de  $120^\circ$  concedido, pela articulação glenoumeral (Terry & Chopp, 2000). A escápula é um osso, triangular, fino, e largo que, se sobrepõe à face pósterio-lateral do tórax. Essencialmente, a escápula serve como um ponto de fixação dos músculos (C. M. Jobe, 1998). A espinha da escápula separa o músculo supraespinhoso do infraespinhoso, e estende-se, superiormente e lateralmente, para formar a base do acrómio. Os músculos, trapézio e deltóide posterior, têm a sua inserção na espinha da escápula. O acrómio serve como um braço de alavanca para a função do músculo deltóide e, articula com a extremidade distal da clavícula, formando, a articulação acrómio-clavicular (Bigliani, Morrison, & April, 1987). A ponta do processo

coracóide serve como ponto de fixação dos músculos, coracobraquiais, curta porção do bíceps braquial, e peitoral menor. Os ligamentos coracoumeral e coracoacromial têm origem no processo coracóide. A cavidade glenóide representa a superfície articular, onde se insere a cabeça do úmero. A sua superfície articular é, apenas, um terço a um quarto a da cabeça do úmero, e, portanto, fornece uma pequena contribuição para a estabilidade glenoumeral (Terry & Chopp, 2000)

### 2.1.3 Articulação esternoclavicular

A articulação esternoclavicular representa a única verdadeira articulação entre a cintura escapular e o esqueleto axial (Rockwood, Williams, & Young, 1991). É formada pela extremidade medial da clavícula e a parte superior do esterno. Nesta articulação, a estabilidade é garantida pelos ligamentos que circundam a articulação, dado que, a face articular da clavícula é maior do que e a superfície articular do esterno (Terry & Chopp, 2000). A clavícula tem a função de suporte ósseo, para juntar o tronco à cintura escapular, através, da articulação esternoclavicular, medialmente, e, da articulação acromioclavicular, lateralmente. A clavícula tem uma curva dupla, ao longo, do seu eixo longitudinal e é subcutânea (Ljunggren, 1979); serve como, um local para ligações musculares, uma barreira para proteger as estruturas neurovasculares subjacentes e, um suporte para estabilizar o complexo do ombro, medialmente, com a ativação dos músculos peitoral e outros músculos axio-umerais (Craig, 1998). Adicionalmente, a clavícula previne que a cintura escapular migre, inferiormente, através, da força dos ligamentos coracoclaviculares (Rockwood et al., 1991).

### 2.1.4 Articulação acrómio-clavicular

A articulação acrómio-clavicular é uma articulação sinovial entre a face lateral, convexa, da clavícula e, a face medial, côncava, do acrómio. Esta articulação está sujeita a cargas elevadas e, devido, à pequena área de contacto desta articulação, a probabilidade de dano é maior.

A estabilidade desta articulação é garantida pelos estabilizadores estáticos, tais como, a cápsula articular, o disco intra-articular, e os ligamentos. A cápsula, que é mais espessa superiormente e anteriormente, circunda a articulação; é reforçada

pelos ligamentos acromioclaviculares, superiormente, inferiormente, posteriormente, e anteriormente. As fibras superiores do ligamento acromioclavicular são as mais fortes e, misturam-se com as fibras do deltóide e trapézio (McCluskey & Todd, 1995).

Os ligamentos coracoclaviculares dão uma estabilidade adicional a esta articulação, impedindo o deslocamento vertical. Os ligamentos acromioclaviculares restringem a articulação acrómio-clavicular de translações posteriores (Rockwood et al., 1991).

### 2.1.5 Estabilizadores estáticos do ombro

#### a) Superfície articular

O raio da curvatura óssea da cavidade glenóide é ligeiramente achatada, em relação, à cabeça do úmero. Por outro lado, a cartilagem articular glenóide é mais espessa na zona periférica, criando, assim, significativa conformidade na superfície articular e estabilidade (Soslowky, Flatow, Bigliani, & Mow, 1992). Esta conformidade articular, adicionalmente, fornece a base para o efeito da compressão côncava proporcionado pela coifa dos rotadores e envolvente musculatura.

Além disso, a articulação glenoumeral normal é totalmente vedada pela cápsula e, normalmente, contém menos do que 1 ml de líquido sinovial sob pressão intra-articular, o que proporciona um efeito de sucção para resistir a translação da cabeça do úmero, aumentando assim a estabilidade (Gibb, Sidles, Harryman, McQuade, & Matsen, 1991).

#### b) Labrum glenóide

O labrum glenóide é uma estrutura densa e fibrosa, que é triangular, transversalmente. É um anel de fibrocartilagem fixada na circunferência da cavidade glenóide. Localizado na superfície articular glenóide, o labrum dá conformidade às superfícies articulares, aumentando, a área de contacto e a estabilidade no ombro. O labrum serve como ponto de fixação das estruturas cápsuloligamentares (Cooper et al., 1992; Gray, 1918; Howell & Galinat, 1989; Levine & Flatow, 2000). A parte superior do labrum insere-se no tendão do bíceps.

O labrum glenóide garante a estabilidade da articulação: aumentando, a profundidade ântero-posterior da cavidade glenóide de 2,5 mm para 5 mm, e aprofunda a concavidade para 9mm no plano superior-inferior; aumentando, a superfície de contacto com a cabeça do úmero; através do anel de fibrocartilagem, onde se fixam os ligamentos gleno-umerais (Howell & Galinat, 1989; Levine & Flatow, 2000; Lippitt et al., 1993).

#### c) Cápsula articular

A cápsula articular é duas vezes maior do que a cabeça do úmero, permitindo, grandes amplitudes de movimento. A cápsula articular circunda a articulação e fixa-se, acima, na circunferência da cavidade glenóide, além do labrum glenóide; fixa-se no colo anatómico do úmero, abaixo. É mais espessa abaixo e acima do que noutra parte da cápsula. É frouxa, e portanto, não tem qualquer função em manter os ossos em contacto. No entanto, a cápsula permite que os ossos estejam separados a uma distância superior a 2,5 cm.

A cápsula é reforçada, acima, pelo músculo supraespinhoso; abaixo, pela longa porção do tríceps; atrás, pelos tendões do supraespinhoso e teres menor; à frente, é reforçada pelo tendão subescapular (Gray, 1918).

As estruturas cápsulo-ligamentares são, relativamente, frouxas e, em movimentos com pouca amplitude, não estabilizam a articulação. Em movimentos com amplitudes extremas, os ligamentos apertam e tornam-se funcionais (Lippitt et al., 1993). Os ligamentos são importantes para estabilizar a articulação, quando os outros mecanismos estabilizadores estão sobrecarregados (Rockwood et al., 1991).

#### d) Ligamentos

O ligamento coraco-umeral é uma banda espessa de tecido capsular, proveniente da base do coracóide lateral e inserido nos tubérculos menor e maior. Este ligamento é esticado com o braço na posição aduzida, e restringe a cabeça do úmero na articulação (Warner, Deng, Warren, & Torzilli, 1992). Este ligamento reforça a parte superior da cápsula (Gray, 1918).

O ligamento glenoumeral superior fixa-se acima do ápice da cavidade glenóide, e passa por baixo, ao longo, da borda medial do tendão do bíceps braquial; é fixado

abaixo de uma pequena depressão, acima do tubérculo menor do úmero (Gray, 1918).

O ligamento glenoumeral medial origina-se do tubérculo supraglenoidal, labrum superior, e insere-se na face medial do tubérculo menor (Turler, Panio, Marshall, & Girgis, 1981)

O ligamento glenoumeral inferior é o mais espesso e mais consistente dos três ligamentos gleno-umerais. Estende-se desde a borda inferior da cavidade glenóide até à parte inferior do colo anatómico do úmero (Gray, 1918).

### 2.1.6 Estabilizadores dinâmicos do ombro

A coifa dos rotadores é um grupo de músculos constituído por, subescapular, supraespinhoso, infraespinhoso e teres menor, que atuam como um estabilizador dinâmico para a cabeça do úmero. Os músculos da coifa dos rotadores são mais pequenos em tamanho e área de secção transversal, comparado, com os músculos maiores, mais superficiais, como o deltóide, peitoral maior, grande dorsal e trapézio.

O músculo supraespinhoso tem origem na fossa supra-espinhal, e tem uma inserção anterior e lateral na face superior do tubérculo maior. O tendão cruza-se dentro da cápsula articular e a baixo, com o tendão infraespinhoso. A sua inervação é a partir do nervo supra-escapular.

O músculo infraespinhoso tem origem na fossa infraespinhosa e, estende-se lateralmente até a sua inserção tendinosa na face medial do tubérculo maior. A inervação é a partir do nervo supra-escapular.

O músculo teres (redondo) menor tem a sua origem entre a região média e superior do bordo medial da escápula e estende-se, lateralmente e superiormente, na face mais inferior do tubérculo maior. A inervação é do nervo axilar.

O músculo subescapular ocupa a porção anterior da coifa dos rotadores. Origina-se a partir da fossa subescapular e estende-se, lateralmente, até à sua inserção no tubérculo menor do úmero (Terry & Chopp, 2000).

O tendão do bíceps, também, tem um papel importante na estabilização dinâmica do ombro, porque atua em conjunto com a coifa dos rotadores como depressor do úmero. O tendão da longa porção do bíceps estabiliza a articulação, anteriormente, quando o braço é rodado internamente e estabiliza, posteriormente,

quando o braço é rodado externamente (Pagnani, Deng, Warren, Torzilli, & O'Brien, 1996).

Num estudo sobre o papel do tendão da longa porção do bíceps na estabilidade anterior do ombro, verificaram que, o tendão contribuía para a estabilidade anterior do ombro, resistindo, a rotações externas fortes, que ocorriam em posições de abdução e rotação externa. Além disso, mostraram que o bíceps tem um papel importante, diminuindo, o *stress* no ligamento inferior glenoumeral (Rodosky, Harner, & Fu, 1994).

As maiores peculiaridades da articulação do ombro são: a desproporção de tamanho entre a cabeça do úmero e a cavidade glenóide; a laxidão da cápsula articular; a relação entre a cápsula e os músculos fixados na cabeça do úmero; e a peculiar relação entre o tendão da longa porção do bíceps com a articulação (Gray, 1918).

## 2.2 Anatomia funcional do ombro

A articulação glenoumeral exibe a maior amplitude de movimento do que qualquer articulação do corpo, conseqüentemente uma pequena estabilidade é fornecida pela configuração óssea (K.E. Wilk, Arrigo, & Andrews, 1997). A grande amplitude de movimento do ombro é alcançada através da interação da articulação esternoclavicular e da articulação acrómio-clavicular (Patel, 2005). A estabilidade funcional do ombro é conseguida por meio das funções integradas da cápsula articular, ligamentos, e labrum glenóide, assim como, através da estabilização dinâmica da musculatura circundante, particularmente os músculos da coifa de rotadores (Reinold *et al.*, 2004).

A coifa dos rotadores realiza múltiplas funções durante exercícios para o ombro, tais como, abdução, rotação externa (RE) e rotação interna (RI). Além disso, a coifa dos rotadores estabiliza a articulação glenoumeral e controla translações da cabeça do úmero (Escamilla, Yamashiro, Paulos, & Andrews, 2009). Os músculos da coifa dos rotadores comprimem e reduzem a pressão entre a cabeça do úmero e a fossa glenóide, prevenindo, que estas estruturas não se desloquem da cavidade glenóide. Os músculos que constituem a coifa são: supraespinhoso, infraespinhoso, teres menor e subescapular (Ronai, 2002).

O músculo supraespinhoso tem a função de comprimir e abduzir a articulação glenoumeral, e gera um pequeno torque na articulação do ombro durante a RE. O músculo infraespinhoso e o teres menor abrangem a face posterior da coifa, fornecendo, compressão glenoumeral e resistência a translações superiores e anteriores da cabeça do úmero; estes músculos atuam na rotação externa. O músculo subescapular comprime a articulação glenoumeral, atua na rotação interna (RI), e promove estabilização na parte anterior do ombro (Reinold *et al.*, 2009).

A estabilidade do ombro é garantida através da cápsula articular, dos músculos da coifa dos rotadores, dos grande grupos musculares como o peitoral maior, o deltóide, o serratos anterior e a longa porção do bíceps. A escápula, embora móvel, é a base da articulação glenoumeral e deve ser controlada para uma função apropriada do ombro. O rombóide, serratos anterior, e trapézio são os principais músculos estabilizadores da escápula (Koehler & Thorson, 1996).

Os músculos da escápula são importantes para a estabilização do ombro e durante a elevação do úmero, pois são estes músculos que causam este movimento. Essencialmente, o serratos anterior que contribui para a rotação da escápula para cima, para trás e na RE (Escamilla *et al.*, 2009; Terry & Chopp, 2000).

### 2.2.1 Funções da musculatura do ombro

Tabela 1 Músculos do ombro

<b>Músculos</b>	<b>Função Isolada: Ação concêntrica</b>	<b>Função integrada: Ação Isométrica</b>
Grande Dorsal	Extensão, adução e rotação interna do ombro	Estabiliza a cintura pélvica e o ombro
Serratos anterior	Protração da escápula	Estabiliza a escápula
Rombóide	Retração e rotação para baixo da escápula	Estabiliza a escápula
Trapézio Inferior	Depressão da escápula	Estabiliza a escápula
Trapézio Medial	Retração da escápula	Estabiliza a escápula
Trapézio Superior	Extensão, flexão lateral e rotação cervical; Elevação da escápula	Estabiliza a escápula e a coluna cervical
Elevador da Escápula	Extensão cervical e flexão lateral; assiste na rotação para baixo e na	Estabiliza a escápula e a coluna cervical

	elevação da escápula	
Peitoral Maior	Flexão, adução horizontal e rotação interna do ombro	Estabiliza a cintura escapular
Peitoral Menor	Protração da escápula	Estabiliza a cintura escapular
Deltóide Anterior	Rotação interna e flexão do ombro	Estabiliza a cintura escapular
Deltóide Medial	Abdução do ombro	Estabiliza a cintura escapular
Deltóide Posterior	Rotação externa e extensão do ombro	Estabiliza a cintura escapular
Teres Menor	Rotação externa do ombro	Estabiliza a cintura escapular
Infraespinhoso	Rotação externa do ombro	Estabiliza a cintura escapular
Subescapular	Rotação interna do ombro	Estabiliza a cintura escapular
Supraespinhoso	Abdução do braço	Estabiliza a cintura escapular
Teres Maior	Rotação interna, adução e flexão do ombro	Estabiliza a cintura escapular

In NASM Essentials of Corrective Exercise Training, Chapter 2, Clark e Lucett (2011)

### 2.2.2 Estrutura funcional do ombro

A articulação glenoumeral é capaz de uma variedade de movimentos, flexão, extensão, abdução, adução, circundação e rotação. O ombro é fletido (puxado para a frente) através do peitoral maior, fibras anteriores do deltóide, coracobraquial e, quando o antebraço é fletido, pelo bíceps braquial; é estendido (puxado para trás) através do grande dorsal, teres maior, fibras posteriores do deltóide, e, quando o antebraço está em extensão, pelo tríceps braquial; a abdução do ombro é realizada através do deltóide e supraespinhoso; a adução através do subescapular, peitoral maior, grande dorsal e teres maior e, pelo peso do membro; a rotação externa é realizada pelo infraespinhoso e o teres menor; a rotação interna através dos músculos subescapular, grande dorsal, teres maior, peitoral maior, e as fibras anteriores do deltóide (Gray, 1918).

O ombro é fletido, através de um movimento anterior no plano sagital que pode iniciar a 45° de extensão e acabar acima da cabeça a 180°. É importante denotar

que a extensão máxima é conseguida por via da ação da articulação do ombro e da cintura escapular, conhecido por ritmo escapulo-umeral; a articulação do ombro realiza os 120° de flexão a partir de uma posição neutra, os restantes 60° acontecem devido à abdução e rotação para cima da escápula. A extensão dá-se a partir de um movimento posterior do úmero no plano sagital, que pode começar na extensão total (180°) e termina numa posição de 45° de extensão. Caso haja flexão do cotovelo, a amplitude de movimento aumenta. A abdução é o movimento lateral do úmero no plano frontal, inicia com o braço ao lado do corpo e termina a 180°. Nesta amplitude (180°), a abdução é resultado da coordenação da articulação do ombro e da cintura escapular (ritmo escapulo-umeral). A adução, ao contrário da abdução, é o movimento medial do úmero no plano frontal. A adução conta com mais 10° de movimento após a posição neutra do braço, numa direção oblíqua a frente do corpo. A rotação lateral é o movimento onde o úmero gira em torno do seu eixo longitudinal, resultando na oposição da superfície anterior do úmero com o plano médio sagital (o braço vira para fora). O movimento termina quando o antebraço está paralelo com a cabeça fazendo um ângulo de 90°. A rotação medial é o oposto da rotação lateral, isto é, o braço vira para dentro. O ângulo máximo de rotação medial, sem a ajuda da cintura escapular, é de 70° (Patel, 2005).

Por último, a articulação do ombro é capaz de realizar três movimentos através da combinação dos movimentos acima: adução horizontal; abdução horizontal; circundação (Patel, 2005).

### 2.2.3 Estrutura funcional da escápula

A escápula é capaz de realizar oito movimentos: elevação; depressão; abdução; adução; rotação para cima e para baixo; *tilt* anterior e posterior (Patel, 2005).

Os músculos que elevam a escápula são as fibras superiores do trapézio, o músculo elevador da escápula, e o rombóide. Os que descem a escápula são as fibras inferiores do trapézio, o peitoral menor, e o subclávio. A escápula é trazida para trás através do rombóide e do trapézio medial. E, para a frente através do serratos anterior e o peitoral menor. A mobilidade da escápula é muito considerável, e ajuda muito os movimentos do braço na articulação do ombro. Assim, para levantar o braço para o lado, o deltóide e supraespinhoso podem apenas levantá-lo a um ângulo reto com o tronco. A maior elevação do membro é efetuada pelo

trapézio e serratos anterior, movendo, a escápula na parede do peito (Gray, 1918; Terry & Chopp, 2000).

A articulação escapulo-torácica permite movimentos do ombro acima de 120°. Além disso, fornece estabilidade e movimento na cintura escapular através dos 17 músculos que estão juntos à escápula. Entre estes, o serratos anterior e o trapézio desempenham um papel importante, o primeiro, porque mantém um ângulo médio contra a parede do peito, e o segundo, porque ajuda a rodar e a elevar a escápula de forma sincronizada com os movimentos do ombro (Terry & Chopp, 2000).

#### 2.2.4 Musculatura do ombro na técnica de nado

A natação requer uma variedade de movimentos da articulação do ombro, a maioria realizada através da circundação no sentido do relógio e no sentido oposto do relógio com uma variedade de graus de rotação interna e externa, e protração e retração da escápula (Shapiro, 2001).

A natação pura desportiva é composta por técnicas diferentes, Livres (ou Crol), Costas, Bruços e Mariposa. A maioria destas técnicas são divididos em duas fases, a fase de geração de apoio propulsivo (GAP) subaquática e a fase de recuperação (normalmente aérea, exceto em Bruços). A GAP como o próprio nome indica é considerada a fase propulsiva, e é dividida em diferentes partes; o “agarre” da mão na água; a puxada até meio do percurso subaquático; o fim ou “empurre” (Heinlein & Cosgarea, 2010; Tovin, 2006).

A musculatura do ombro será descrita só no estilo de Crol, por se tratar do estilo que os atletas mais utilizam durante o treino, uma vez que é o mais económico e eficiente para cumprir elevados volumes (Wanivenhaus, Fox, Chaudhury, & Rodeo, 2012).

A fase de deslize começa com a mão a entrar na água, com o cotovelo ligeiramente acima da mão (Bak, 1996). Durante esta fase, o trapézio superior, serratos anterior e rombóide aumentam a atividade muscular para estabilizar e rodar a escápula para cima, de forma a permitir o afastamento da cabeça do úmero (Pink, Perry, Browne, Scovazzo, & Kerrigan, 1991). O músculo rombóide atua para estabilizar o ângulo superior da escápula, de modo a que, o trapézio superior e o serratos anterior funcionem como uma alavanca para a rotação para cima (Heinlein & Cosgarea, 2010).

A GAP divide-se em três fases principais. Começa no fim da fase de deslize. Durante o início, o cotovelo permanece alto (em direção à superfície da água) e o ombro realiza uma rotação interna, extensão e adução da articulação glenoumeral. Durante esta fase, o peitoral maior e o teres menor atuam em conjunto para que, o úmero seja aduzido, estendido e rodado internamente. No fim da puxada, o grande dorsal aumenta a atividade muscular para atuar sinergicamente na extensão da articulação do ombro, assistindo o músculo subescapular com a rotação interna (Pink et al., 1991). Entre o início da puxada e o fim, (a meio do trajeto propulsivo da braçada) a altura do cotovelo não permite ao nadador que combine a força dos rotadores do braço com os grandes grupos musculares do tronco, e desta forma, o corpo move-se para a frente usando o ombro como ponto de apoio (Colwin, 2002).

No final da fase de GAP e na transição para a fase de recuperação, o cotovelo permanece ligeiramente fletido à medida que sai da água. O deltóide posterior, o deltóide medial e o supraespinhoso atuam em sequência para assistir na extensão e abdução do úmero. O rombóide retrai a escápula e inicia a rotação do corpo. O trapézio superior e o serratos anterior aumentam a atividade muscular para rodar a escápula para cima. O músculo deltóide sequencialmente atua na recuperação, com o deltóide posterior a iniciar a extensão, seguido da abdução através do deltóide medial, e por último, a flexão do ombro na preparação para a entrada da mão através do deltóide anterior (Pink et al., 1991).

### 2.3 Patologias do ombro

A lesão no desporto pode ser definida como um dano no tecido, que ocorre como resultado da participação desportiva ou do exercício. As lesões podem ser divididas em lesões agudas ou lesões crónicas, dependendo do mecanismo da lesão e o início dos sintomas. As lesões agudas ocorrem subitamente e têm uma causa claramente definida. Pelo contrário, as lesões crónicas ocorrem gradualmente. As lesões desportivas podem ser: lesões dos tecidos moles (“*soft-tissue injuries*”), no caso de lesões nos músculos, cartilagem, tendões e ligamentos; lesões esqueléticas, no caso das fraturas (Bahr & Maehlum, 2004).

Todos os tecidos têm características que toleram a deformação e o *stress*, no entanto, as lesões ocorrem quando este nível de tolerância é excedido. As lesões agudas acontecem quando o tecido é sujeito a uma carga que causa

irreversivelmente dano no tecido. Por outro lado, as lesões crónicas ocorrem devido à sobrecarga repetida no tecido, ou seja, estas lesões resultam da repetição de vários incidentes que, ao longo do tempo, excedem o limiar de lesão do tecido (Bahr & Maehlum, 2004).

As lesões agudas do ombro ocorrem sobretudo em desportos onde existem quedas ou choques (colisões). As lesões agudas mais comuns são: a lesão acrómio-clavicular; luxação do ombro; fraturas na clavícula. (Aune, 2004).

A patologia do ombro afeta pessoas em todos os grupos etários. E, como tal, deve ser diagnosticada tendo em consideração as condições da ocorrência da lesão e a idade. Nos jovens, as lesões acrómio-claviculares (AC) e luxações são as que acontecem com mais frequência (Aune, 2004).

De acordo com a medicina desportiva, existem sete mecanismos básicos de ocorrência de lesão: contacto ou impacto; sobrecarga dinâmica; uso excessivo; vulnerabilidade estrutural; insuficiente flexibilidade; desequilíbrio e instabilidade muscular; crescimento repentino (Whiting & Zernicke, 1998).

A ocorrência de dor no ombro causada por “*overuse*”, desequilíbrios musculares, e instabilidade são as mais comuns, em modalidades como o ténis e a natação. A incidência de distúrbios crónicos no ombro nestes desportos varia entre 17 e 26% (Aune, 2004).

O diagnóstico para a lesão do ombro crónica depende da idade, do nível desportivo, e do passado de lesão do atleta. Em nadadores, normalmente, a dor no ombro é causada por instabilidade multidirecional, resultando, de desequilíbrios musculares e alongamento excessivo da cápsula articular anterior devido à atividade unilateral e microtraumas repetitivos. Tendinite e a síndrome de impacto da coifa dos rotadores ocorrem, geralmente, como um fenómeno secundário causado pela instabilidade (Aune, 2004).

Tipicamente, a maioria das lesões do ombro ocorrem devido a instabilidade ou a tendinite na coifa dos rotadores, e devem ser tratadas de maneira conservadora com um programa de reabilitação. Contudo, é importante fazer um diagnóstico específico para que o programa de reabilitação corresponda às necessidades da lesão (Aune, 2004).

### 2.3.1 Lesões agudas mais comuns

#### a) Fratura clavicular

As fraturas claviculares são comuns em crianças e adolescentes que caem diretamente sobre o ombro ou sobre o braço. Esta lesão, também, pode ocorrer devido a um golpe direto na clavícula. Na fratura clavicular lateral, o trauma acontece na parte lateral do ombro, tal como, a lesão na articulação AC. As fraturas claviculares são divididas em mediais ou laterais, dependendo se ocorrem na parte medial ou lateral em relação ao ligamento coraco-clavicular (Aune, 2004).

#### b) Lesão AC (Acrómio- clavicular)

Normalmente, esta lesão ocorre quando existe uma queda em cima do ombro. Se a lesão ocorrer na parte de fora do ombro, a articulação AC é comprimida, e a superfície articular e o disco intra-articular podem-se lesionar. Se o trauma ocorrer na parte de cima do ombro, o ombro desce e a clavícula permanece no sítio; lesionando, os ligamentos coraco-claviculares, aumentando, o grau de deslocamento da articulação AC (Aune, 2004).

#### c) Luxação anterior do ombro

A maioria das luxações do ombro ocorrem anteriormente (95%). Frequentemente, as luxações são causadas pelo trauma do ombro relacionado com o desporto (*overuse*). A causa mais comum para a luxação anterior é a queda sobre o braço em extensão, ou uma rotação externa enérgica com o braço abduzido, durante atividades desportivas (Aune, 2004; Baker, Uribe, & Whitman, 1990).

Em 1923, Bankart constatou que a separação do labrum da zona ântero-inferior do anel da cavidade glenóide, como a principal lesão responsável pela incidência elevada de luxações anteriores. Uma vez corrompida esta ligação do labrum ao anel da cavidade glenóide e às estruturas de fixação ligamentares, perde-se o efeito de profundidade desta cartilagem (Bankart, 1923).

### 2.3.2 Lesões crônicas mais comuns

#### a) Instabilidade do ombro pós- traumático

Após a primeira luxação, em jovens atletas, é comum que o ombro volte a deslocar como resultado do trauma ou por colocar o ombro numa posição vulnerável. Mais de 80% dos pacientes têm a lesão Bankart (definido como a rutura do labrum glenóide e o afastamento dos ligamentos da porção ântero-inferior).

A lesão Bankart resulta da instabilidade da articulação glenoumeral, e como consequência, a cabeça do úmero pode-se deslocar. Além desta lesão, o excessivo alongamento ou laxidão dos ligamentos capsulares pode voltar a causar luxação do ombro. Os indiciadores de instabilidade podem variar: alguns indivíduos são afetados na sua experiência individual dando-lhes a sensação de incerteza; ou dor quando o braço está numa posição de rotação externa (Aune, 2004).

#### b) Lesão no labrum

O labrum glenóide tem a função de proteger a fricção entre a cabeça do úmero e a escápula. Esta camada de cartilagem pode ser comprimida e friccionada, o que pode causar lesão (Mullen, 2012). Além da lesão de Bankart, muitas vezes o trauma no ombro resulta em lesões no labrum glenóide. No caso, de uma queda sobre o braço em extensão ou se o sujeito é muito forte na contração excêntrica envolvendo a grande porção do Bíceps, o complexo labrum-bíceps pode ser dilacerado na porção superior glenoidal (Aune, 2004).

A perda de integridade do labrum, por lesão, diminui a resistência à translação em 20% (Lippitt et al., 1993).

#### c) Instabilidade multidirecional

A instabilidade no ombro, normalmente, manifesta-se anterior ou multidirecional. A instabilidade anterior é o trauma mais comum e resulta no dano do ligamento ântero-inferior do ombro e muita das vezes, no labrum glenóide (Buss, Lynch, Meyer, Huber, & Freehill, 2004; Meister, 2000).

A instabilidade multidirecional nunca resulta de uma só lesão, é, normalmente, causado por um longo processo onde a repetição de microtraumas alonga a cápsula articular e os respetivos ligamentos. A condição de instabilidade acontece em

desportos que exigem grandes amplitudes da articulação do ombro, como o caso de algumas técnicas de nado. Quando a carga excede a capacidade de o tecido tolerar a dor ou se adaptar, a cápsula e os ligamentos ficam, gradualmente, em sobrecarga (Aune, 2004; Meister, 2000).

Inicialmente, os estabilizadores dinâmicos do ombro compensam, aumentando, a atividade muscular. Mas ao longo da atividade, a coifa dos rotadores chega a um estado de fadiga e, conseqüentemente, a coifa deixa de estabilizar a cabeça do úmero dentro da fossa glenóide. Posteriormente, pode resultar na rutura da coifa dos rotadores (Aune, 2004).

#### d) Síndrome de impacto/ conflito subacromial (impingement syndrome)

A síndrome de impacto subacromial resulta da compressão dos tendões da coifa dos rotadores entre a cabeça do úmero e a articulação acrómio clavicular (Neer, 1972, 1983).

O conflito subacromial pode ser dividido em, conflito subacromial primário, conflito subacromial secundário, e conflito subacromial interno (T. S. Ellenbecker & Cools, 2010). O conflito primário ocorre, sobretudo, pela compressão dos tendões da coifa entre a cabeça do úmero e a articulação acrómio-clavicular (Neer, 1972, 1983); este conflito, normalmente, está associado ao encurtamento da cápsula posterior, que faz com que a cabeça do úmero migre anteriormente ou a uma anormalidade na morfologia acromial (Tovin, 2006). O conflito secundário ocorre como efeito secundário da instabilidade da articulação glenoumeral (F. W. Jobe, Kvitne, & Giangarra, 1989). Por último, o conflito interno acontece quando a superfície dos tendões, supraespinhoso e infraespinhoso, são rodados posteriormente e, entram em contacto com o labrum posterior-superior e ficam inflamados; este conflito, por norma acontece através da repetição de movimentos do ombro numa posição de 90° de abdução e 90 ° de rotação externa (Walch, Boileau, Noel, & Donell, 1992).

A síndrome de impacto subacromial pode ocorrer devido a fatores funcionais ou estruturais. Mobilidade reduzida da cápsula articular contribui para que haja impacto subacromial (Escamilla, Hooks, & Wilk, 2014). O aumento da laxidão da cápsula glenoumeral pode limitar a função da cápsula, de restringir movimentos da cabeça do úmero durante atividades, causando choque (Walch et al., 1992). Movimentos anormais da escápula durante movimentos ativos pode causar impacto subacromial

(Kibler & McMullen, 2003). No caso da musculatura da coifa dos rotadores ser fraca ou entrar em fadiga, a cabeça do úmero entra em choque com o arco coracoacromial, causando, a síndrome. Alterações estruturais no arco coracoacromial, devido à fraca musculatura da coifa dos rotadores, à instabilidade do ombro, ou a movimentos anormais da escápula, é um fator que causa esta síndrome (Escamilla et al., 2014; Schmitt & Snyder-Mackler, 1999). A pouca vascularização do tendão supraespinhoso é, também, um fator que contribui para o desenvolvimento desta síndrome (Escamilla et al., 2014).

Na síndrome de impacto subacromial, a dor está relacionada com a coifa dos rotadores, incluindo o tendão supraespinhoso, o tendão infraespinhoso, o tendão do bíceps, e a bursa subacromial (Aune, 2004). Sendo que, o tendão supraespinhoso é a estrutura que tem mais tendência a estar envolvido nesta síndrome (Escamilla et al., 2014). A dor nesta síndrome ocorre quando os tecidos moles se inflamam ou sofrem degeneração, em qualquer dos casos, resulta numa diminuição do espaço subacromial. Isto, por sua vez, pode causar uma compressão nas estruturas tendinosas e na bursa subacromial, na medida em que, estas estruturas passam debaixo do acrómio e do ligamento coracoacromial, particularmente, quando o ombro é abduzido. A compressão contínua destas estruturas através de movimentos acima da cabeça pode levar à irritação e inflamação (Michener, McClure, & Karduna, 2003). Lesões contínuas e degeneração do tendão supraespinhoso são causas típicas da síndrome de impacto subacromial. Esta síndrome compromete a função da coifa dos rotadores (estabilizar a articulação). Como consequência, a síndrome piora progressivamente, alterando e limitando, a funcionalidade do ombro e as amplitudes de movimentos, respetivamente (Aune, 2004).

#### e) Rutura da coifa dos rotadores

A coifa dos rotadores tem a função de estabilizar a articulação, no entanto, caso um destes músculos se torne ineficiente pode predispor um enfraquecimento geral da coifa. Com o enfraquecimento da coifa dos rotadores, a cabeça do úmero fica instável, aumentando, o choque contra o arco-coracoacromial. Consequentemente, os tendões da coifa inflamam e, as estruturas circundantes podem atrofiar (Escamilla et al., 2014; Malcarney & Murrell, 2003).

A perda da estabilização estática e dinâmica da articulação do ombro, como consequência da fadiga ou de inflamação dos tendões, pode causar instabilidade anterior no ombro, sobretudo, em desportos que requerem gesto técnico acima da cabeça. A perda de estabilidade na articulação e, o consequente impacto causado pela instabilidade podem causar rutura na coifa dos rotadores (F. W. Jobe et al., 1989).

A patologia do tendão, normalmente, tem início na parte anterior do ombro (no tendão supraespinhoso). Gradualmente, a rutura do tendão pode propagar-se para a região proximal, afetando, o tendão infraespinhoso. No caso, de se tratar de uma rutura massiva na coifa dos rotadores, o tendão do bíceps também é afetado. Simultaneamente, o tendão subescapular pode, também, sofrer uma rutura (Aune, 2004).

### 2.3.3 Principais lesões do ombro na natação

As lesões músculo-esqueléticas podem ser divididas em macrotraumáticas ou microtraumáticas, dependendo, da forma como acontecem (Johanson, Donatelli, & Greenfield, 1993). A lesão, com um aparecimento súbito, que ocorre devido a um acidente, é considerada macrotraumática. O macrotrauma acontece devido a forças externas e provoca danos no tecido até ao ponto de alterar o movimento do paciente, a força e a proprioceção. O microtrauma, ao contrário do macrotrauma, acontece devido à atividade repetitiva de um gesto técnico ou movimento, como é o caso da lesão do ombro do nadador (“*swimmers shoulder*”) (Tovin, 2006).

O conceito “*swimmers shoulder*” define uma patologia dolorosa em nadadores de competição que é caracterizado pela relação entre a anatomia funcional do ombro e a solicitação que as técnicas de nado impõe nesta articulação. Esta patologia insere-se nas lesões por *overuse* (crónicas) porque se caracteriza pelas disfunções que resultam da ação microtraumática repetida (Boyd, 1997; Gomes Pereira, 1999). Este conceito, normalmente, está relacionado com o conflito subacromial e envolve os tendões da coifa dos rotadores, o tendão bicipital, ou a bursa subacromial (Allegrucci, Whitney, & Irrgang, 1994).

As lesões mais frequentes na natação são as resultantes da sobrecarga morfofuncional e as relacionadas com a permanência no meio aquático (Gomes Pereira, 1999). A lesão do ombro é a lesão mais frequente em nadadores. Ao contrário de outros desportos, onde as pernas iniciam a força propulsiva, na natação são os

braços que, inicialmente, geram força para que o corpo se desloque para a frente (Pink & Tibone, 2000). Além disso, os nadadores são sujeitos a grandes volumes e podem realizar mais do que 2500 rotações do ombro por dia (Bak & Fauno, 1997; McMaster, 1999; Pink & Tibone, 2000). Devido às inúmeras repetições da braçada, os músculos da cintura escapular atingem o estado de fadiga, o que causa, uma perda da estabilização dinâmica da cabeça do úmero, resultando, no microtrauma (Pink & Tibone, 2000; Sein et al., 2010).

Em nadadores, a lesão do ombro está associada ao conflito subacromial secundário. Isto é, os estabilizadores estáticos do ombro atenuam a sua função, como consequência, os estabilizadores dinâmicos ficam sobrecarregados e a articulação fica instável. Normalmente, acontece em nadadores que têm laxidão anterior glenoumeral (Allegrucci et al., 1994; McMaster, Roberts, & Stoddard, 1998; Neer, 1983). Esta laxidão anterior permite que os nadadores alcancem grandes amplitudes de rotação externa, no entanto, ao mesmo tempo, estão a sobrecarregar a coifa dos rotadores e o tendão da longa porção do bíceps para reduzir a translação anterior e a elevação do úmero (Allegrucci et al., 1994). Consequentemente, os músculos da coifa e os estabilizadores da escápula entram em fadiga, contribuindo, para um aumento da laxidão do ombro e da tensão nos tendões (Allegrucci et al., 1994; McMaster et al., 1998).

Ramsi et al. (2004), durante uma época desportiva, avaliaram a força dos RI e RE de 27 nadadores e concluíram que a força dos RI era sempre superior à força dos RE. Em 2010, um estudo que teve como objetivo avaliar o efeito de 18 semanas de treino de água, na força dos rotadores de 20 nadadores de nível nacional com uma média de idades de 14 anos, detetou um aumento na força dos RI significativamente superior à força dos RE. Como consequência das 18 semanas de treino, a razão RE/RI (que permite descrever a qualidade do equilíbrio muscular) diminuiu, e os autores concluíram que o treino produziu desequilíbrios musculares (Batalha et al., 2010). Segundos os autores citados anteriormente e O'Donnell et al. (2005), a natação promove desequilíbrios musculares e como consequência, a articulação fica instável.

O encurtamento do peitoral é outro fator que cria instabilidade na articulação glenoumeral, devido à força exercida na face anterior da articulação glenoumeral (Labriola, Lee, Debski, & McMahan, 2005). O peitoral encurtado limita os

movimentos da escápula e do ombro, reduzindo, o espaço subacromial (Borstad & Ludewig), e é, habitualmente, encontrado em nadadores (Tate et al., 2012)

Sein et al. (2010) através do estudo com jovens nadadores de elite concluíram que a tendinite do tendão supraespinhoso, detetado em 69% dos nadadores do estudo, estava relacionada com o enorme volume de treino. Os resultados neste estudo mostraram que o treino intensivo aumenta a espessura do tendão, uma característica que foi significativamente associada à tendinite no tendão supraespinhoso. Os autores consideraram que a tendinite no tendão supraespinhoso é a maior causa de dor no ombro em nadadores de elite.

A vascularização da coifa dos rotadores é referido por alguns autores (Escamilla et al., 2014; Rathbun & Macnab, 1970) como um fator que pode induzir um conflito subacromial. Quando o braço está abduzido, os vasos sanguíneos dos tendões da longa porção do bíceps e do supraespinhoso estão cheios. Porém, o contrário se passa quando o braço se encontra em adução e ao lado do corpo, comprometendo, a vascularização dos tendões (Rathbun & Macnab, 1970).

A técnica na natação é um fator preponderante para um nado eficiente e, para prevenir lesões. No entanto, quando não é realizada corretamente pode incapacitar o nadador. Uma mecânica de nado deficiente, resultante da fadiga ou gesto técnico incorreto, pode causar maior força de arrasto, aumentando, o *stress* no ombro (O'Donnell et al., 2005).

Durante a fase inicial da GAP, no estilo de Crol, cruzar a linha média do corpo com a mão, ou não realizar uma rotação lateral do tronco causa conflito subacromial. Nadadores que respiram sempre para o mesmo lado colocam em *stress* o ombro ipsilateral. Atividades como, batimento de pernas com prancha, realização do exercício de supino no treino complementar, ou treino de força com cargas pesadas acima da cabeça, podem promover a laxidão do ombro, levando, ao conflito subacromial secundário (Kenal & Knapp, 1996; McMaster et al., 1998). O uso de palas, embora eficazes para aumentar a força e a sensibilidade de pressão na água, aumenta o *stress* no ombro e pode originar laxidão anterior no ombro (Bak, 1996; McMaster et al., 1998). Se, o atleta nadar com a cabeça levantada ou tiver uma respiração inconsistente, os músculos do ombro e do pescoço ficam numa posição imprópria e como resultado, o risco de lesão do ombro aumenta (Pink & Tibone, 2000). Após a entrada da mão na água, quando o atleta faz a extensão do cotovelo

e a rotação do corpo, o ombro fica numa posição de flexão associada aproximadamente a 70% dos casos de conflito subacromial primário. Permanecer muito tempo nesta posição, de alongamento do braço, diminui o espaço subacromial e aumenta o contacto entre os músculos da coifa. A puxada demasiada lateral ao corpo, tipicamente, exige uma abdução excessiva e vigorosa do ombro, ao mesmo tempo que, a rotação interna do úmero provoca *stress* no ombro (Pink & Tibone, 2000; Yanai & Hay, 1996).

As alterações para minimizar a dor no ombro, durante a técnica de nado, devem centrar-se no aumento da rotação do corpo, cotovelo numa posição alta e, evitar uma extensão excessiva do braço antes da entrada da mão. Ainda, atividades que aumentem a laxidão da articulação devem ser ponderadas para que, a laxidão não passe de fisiológica para patológica (McMaster et al., 1998).

Lesões por sobrecarga músculo-esqueléticas são uma fonte comum de dor em nadadores de competição. A realização de uma técnica correta pode ajudar a prevenir lesões. O fortalecimento abdominal, lombar, escapular, e da coifa deve ser enfatizado para a prevenção da dor (Wanivenhaus et al., 2012).

## 2.4 Reabilitação do ombro

A coifa dos rotadores tem um papel importante na articulação do ombro, pois estabilizam a cabeça do úmero dentro da cavidade glenóide. Pelo contrário, os maiores grupos musculares como, o peitoral maior, o deltóide e o grande dorsal podem ser considerados como potenciais elementos de destabilização da articulação.

A melhor maneira para treinar a musculatura da coifa dos rotadores é através de cargas baixas (<30% de uma repetição máxima), com muitas repetições durante o período de reabilitação. No início do período de reabilitação pode ser necessário treinar a coifa dos rotadores de forma isolada. Contudo, assim que possível, a coifa dos rotadores deve ser treinada em grandes padrões de movimentos, o que requer estabilização da escápula.

A estabilização da escápula é bastante importante para fornecer uma base estável ao movimento do braço, tanto para manter a cavidade glenóide numa posição que oferece a maior congruência possível com a cabeça do úmero, como para assegurar o posicionamento adequado da escápula. O objetivo inicial para os

exercícios estabilizadores da escápula é desenvolver uma boa coordenação entre movimentos da escápula e do úmero.

O aumento da cifose torácica e, a extensão torácica limitada reduzem o movimento do braço como um todo e, piora as condições de trabalho da musculatura da escápula. Por isso, é importante uma boa amplitude de movimentos da espinha para uma boa mobilidade articular (Fredriksen & Aune, 2004).

Pepe e Rodosky (2001) descreveram um programa de tratamento para nadadores com dor no ombro, que é dividido em três fases: fase aguda; fase de recuperação; e fase funcional.

Inicialmente, na fase aguda, o atleta deve descansar e evitar atividades que envolvam movimentos acima de 90° de abdução. O programa de alongamentos deve ser realizado passivamente ou ativamente com ajuda e, devem ser evitadas técnicas de mobilização que alonguem a cápsula articular anterior. Para o ombro inflamado, os autores, recomendam rotação interna glenoumeral e adução horizontal em posição supinada (para manter a escápula fixa). Os alongamentos devem ter ênfase na cápsula posterior-inferior e posterior-superior, como é o caso da adução do ombro com a mão atrás da cabeça e da adução com a mão na escápula, respectivamente.

Os objetivos da fase de recuperação são: alcançar amplitude de movimento normal, ativa e passivamente; aumento de força; equilíbrio muscular; controle escapular. Devem-se realizar muitas repetições com pouco peso ou com bandas elásticas de pouca resistência para evitar mais danos na coifa dos rotadores e para desenvolver resistência muscular. A prioridade nesta fase é de normalizar a amplitude total de movimento e fortalecer os músculos agonistas e antagonistas. O ênfase deve ser orientado para a realização de movimentos de flexão anterior, adução, e rotação interna sem dor, enquanto, se fortalece os estabilizadores da escápula e rotadores externos do ombro.

A fase funcional tem como critérios: amplitude de movimento do ombro total ou quase total, sem dor; amplitude de movimento ativa; força na coifa dos rotadores; e função normal da cadeia cinética. O objetivo desta fase é de que o atleta retoma as atividades específicas do esporte. Inicialmente, o atleta pode realizar técnicas de nado fora de água, usando, elásticos, seguido por séries lentas na piscina até

retomar a rotina anterior do treino. O atleta não deve ser inserido no treino, caso, não consiga manter uma mecânica do ombro correta (Pepe & Rodosky, 2001).

Kibler (1998), também, descreveu um programa de reabilitação para nadadores com dor no ombro. O programa é dividido em oito fases: diagnóstico, redução de dor, integração da cadeia cinética, estabilização da escápula, realização de 90° de abdução, integração da cadeia cinética fechada, exercícios pliométricos, e exercícios para a coifa dos rotadores.

Os exercícios pliométricos são os exercícios de cadeia aberta mais adequados para a reabilitação funcional do ombro. A pliometria aperfeiçoa os padrões de atividade muscular através, da proprioção induzida na articulação. Contudo, devido à quantidade de força gerada durante a fase excêntrica e concêntrica, os exercícios pliométricos não devem realizados até o nadador conseguir uma amplitude de movimento total, sem dor (Kibler, 1998; Swanik et al., 2002).

## 2.5 Utilização do Dinamómetro Isocinético na avaliação da força da musculatura dos ombros

O Dinamómetro Isocinético (DI) é um instrumento válido e fiável na avaliação da força dos músculos rotadores do ombro (Caruso, Brown, & Tufano, 2012; Forthomme, Dvir, Crielaard, & Croisier, 2011; Frisiello, Gazaille, O'Halloran, Palmer, & Waugh, 1994; Plotnikoff & MacIntyre, 2002). O DI é um instrumento fiável para medir a força concêntrica e excêntrica dos rotadores do ombro, sendo, mais fiável quanto menor for a velocidade em teste e se estiver a ser avaliada a força concêntrica (Caruso et al., 2012).

Forthomme et al. (2011) num estudo realizado para determinar a melhor posição de teste para avaliar a força dos rotadores do ombro (sentado, de pé, em decúbito dorsal), à velocidade de 60°.s e 240°.s, concluíram que a posição em decúbito dorsal com o ombro a 90° de abdução no plano frontal e cotovelo fletido a 90° era a posição com menos coeficiente de variação (7.1-11.8 %). No entanto, a posição de teste deve ser escolhida consoante o estudo e a fiabilidade da posição (Caruso et al., 2012).

Além da importância da posição em teste, a velocidade angular também tem um papel importante. Avaliações isocinéticas com velocidades angulares baixas estão relacionadas com uma grande produção de força, logo picos de torque (PT)

elevados; o inverso se passa quando se avalia com velocidades angulares elevadas, que estão associadas à coordenação neuromuscular.

O DI permite a realização de uma variedade de testes, desde testes de potência até resistência.

Este equipamento pode igualmente ser usado tanto na avaliação como na reabilitação de lesões no ombro (T. S. Ellenbecker & Davies, 2000).

A avaliação isocinética permite ao clínico/avaliador avaliar, objetivamente, o desempenho muscular de forma segura e fiável (K. E. Wilk, Romaniello, Soscia, Arrigo, & Andrews, 1994).

Ramsi et al. (2004) através de uma revisão de literatura verificaram a musculatura dos RI, em nadadores, é mais forte que a musculatura dos RE, por causa das contrações concêntricas repetitivas requeridas durante a fase propulsiva (Beach, Whitney, & Dickoff-Hoffman, 1992; McMaster, Long, & Caiozzo, 1992; Swanik et al., 2002). No estudo que realizaram com 27 nadadores ao longo da época, avaliou-se a força isométrica dos RE e RI com um dinamómetro de mão microFET™ (Hoggin Health Industries, Draper, Utah), na posição de decúbito ventral com o ombro a 90° de abdução 0° de rotação e com o cotovelo fletido a 90°, e verificou-se que a força dos RI era superior á força dos RE.

Batalha et al. (2012) num estudo que traçou o perfil de força isocinética do ombro em jovens nadadoras, na posição sentado com o ombro a 90° de abdução e o cotovelo a 90° de flexão, conclui-se que as nadadoras eram mais fortes na rotação interna do que na rotação externa. As avaliações foram realizadas no DI Biodex System 3 à velocidade angular de 60 e 180°.s<sup>-1</sup>.

Batalha et al. (2010) realizaram um estudo que teve como objetivo avaliar o efeito de 18 semanas de treino de água, na força dos rotadores de 20 nadadores de nível nacional com uma média de idades de 14 anos. A avaliação da força foi determinada no DI (Biodex System 3) à velocidade de 60 e 180°.s<sup>-1</sup> na posição sentado. Detetou-se um aumento na força dos RI significativamente superior à força dos RE. Como consequência das 18 semanas de treino, a razão RE/RI (que permite descrever a qualidade do equilíbrio muscular) diminuiu, e os autores concluíram que o treino produziu desequilíbrios musculares

Beach et al. (1992) num estudo com nadadores onde avaliaram a força dos rotadores no dinamómetro isocinético Cybex II, na posição decúbito dorsal com o

ombro abduzido a  $90^\circ$  e o cotovelo fletido a  $90^\circ$ , conclui-se que a força dos rotadores internos era superior a força dos rotadores externos.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Caracterização da amostra

A amostra foi constituída por dois grupos de nadadores masculinos, do escalão sénior. Um dos grupos de nadadores funcionou como grupo experimental (n=4) e, o outro grupo de nadadores funcionou como grupo de controlo (n=4). Em ambos os grupos, dois nadadores tiveram passado de lesão no complexo do ombro, e dois nunca tiveram passado de lesão.

No grupo experimental, os atletas tinham idades compreendidas entre os 19 e 20 anos. O número médio de sessões de treino variavam entre 6 a 9 vezes por semana, sendo que a maioria (n=3) treinava 9 vezes por semana. Quanto aos anos de prática federada, os anos variam entre 8 e 14 anos. Relativamente, à antropometria os dados estão descritos abaixo no quadro 2.

O grupo de controlo, as idades dos atletas eram compreendidas entre os 18 e 21 anos. O número médio de sessões de treino variava entre 4 a 9 vezes por semana. Os anos de prática federada varia entre 6 e 13 anos. A média de sessões por semana é de 7,25 (dp± 2,36). Os dados antropométricos estão descritos na tabela 2.

Neste estudo determinou-se a média e o desvio padrão da amostra só para demonstrar que, no caso de se tratar de uma amostra maior como se procederia.

Tabela 2 Caracterização da amostra

Grupo Experimental							
	Altura Sentado (mm)	Estatura (cm)	Massa Corporal (Kg)	Massa gorda (%)	Nº de treinos p/ semana	Nº médio de Km p/ treino	Anos de prática
Com passado de lesão	937	179,5	73,7	12,56	9	6	14
	940	182,7	73,4	11,78	6	6	8
Sem passado de lesão	892	177,5	71,5	6,84	9	6	11
	895	172	64,7	5,71	9	6	10
Média	916	177,9	70,8	9,22	8,25	6	10,75
Desvio Padrão (dp)	26,04	4,49	4,20	3,45	1,5	0	2,5
Grupo Controlo							
	Altura Sentado (mm)	Estatura (cm)	Massa Corporal (Kg)	Massa gorda (%)	Nº de treinos p/ semana	Nº médio de Km p/ treino	Anos de prática
Com passado de lesão	973	185,5	73,5	11,01	7	5,5	6
	939	179,1	90,3	21,96	4	6	11
Sem passado de lesão	931	176	83	14,13	9	6	8
	1004	187	79,7	11,23	9	6,5	13
Média	961,75	181,9	81,625	14,58	7,25	6	9,5
Desvio Padrão (dp)	33,54	5,22	7	5,12	2,36	0,41	3,11

Foram estabelecidos critérios de inclusão para a formação de grupos:

Os atletas teriam de pertencer ao escalão sénior e ter participado em nível competitivo nacional. Cada grupo teria de ter dois atletas com historial clínico de patologia no ombro e dois atletas sem historial clínico. O grupo experimental realizava o treino de fortalecimento dos rotadores do ombro durante 8 semanas. O grupo de controlo manteve o treino de natação habitual não realizando o treino de reforço muscular dos rotadores do ombro.

Nos dois grupos, 7 atletas tinham o braço direito como dominante, sendo que, só um tinha o braço esquerdo como dominante (grupo de controlo). No grupo experimental, os dois atletas com passado de lesão tiveram lesão no membro

dominante (MD) e no membro não dominante (MND). No grupo de controlo, um atleta teve lesão no MD e MND, enquanto o outro atleta só teve no MD. Os atletas dos dois grupos tiveram lesão na face anterior do ombro. Em todos os casos, os atletas tiveram que adaptar ou interromper o treino.

## 3.2 Procedimentos

### 3.2.1 Avaliação antropométrica

Os oito nadadores foram avaliados antropometricamente, através das medidas de antropometria básica (massa corporal, estatura e altura sentado). A massa corporal foi determinada a partir da balança digital portátil SECA, modelo 770. A estatura foi determinada através, do estadiómetro Harpenden, modelo 98.603. A medição da altura sentado foi efetuada através, do estadiómetro para medir a altura sentado Harpenden, modelo 98.607. A composição corporal foi determinada através do somatório das 7 pregas subcutâneas (prega tricipital, bicipital, subescapular, suprailíaca, abdominal, geminal medial e lateral). A percentagem de gordura foi determinada através da fórmula proposta por Slaughter *et al.* (1988), para rapazes com a soma das pregas menor que 35 mm ( $1.21 * (\text{tricipital} + \text{subescapular}) - 0,008 (\text{tricipital} + \text{subescapular})^2 - 5.5$ ), e para rapazes em que a soma das pregas é maior que 35 mm ( $0.783 * (\text{tricipital} + \text{subescapular}) + 1.6$ ) (Slaughter *et al.*, 1988).

### 3.2.2 Avaliação da flexibilidade glenoumeral

A avaliação da flexibilidade glenoumeral só se realizou nos atletas do grupo experimental, porque o objetivo desta avaliação foi determinar se a flexibilidade glenoumeral diminuía ou aumentava após o plano de fortalecimento dos rotadores do ombro. A avaliação foi definida segundo alguns autores (T. S. Ellenbecker & Cools, 2010; Tate *et al.*, 2012), com os atletas na posição de decúbito dorsal, com o cotovelo alinhado com o centro articular do ombro a 90° de flexão e o ombro a 90° de abdução. Avaliou-se a flexibilidade nos dois ombros. No momento da avaliação, pediu-se aos atletas que realizassem o máximo de rotação externa e rotação interna. Este movimento foi gravado através de uma câmara de filmar Canon Legria (HF R506) e, posteriormente, procedeu-se à análise de vídeo através do programa

Kinovea (versão 0.8.15). Esta avaliação foi realizado em dois momentos: no início do plano de fortalecimento (Outubro) e no fim do mesmo (Dezembro).

### 3.2.3 Avaliação isocinética

Para o grupo experimental foram previstos dois momentos de avaliação em DI. A primeira avaliação foi realizada antes de iniciar o programa de fortalecimento muscular em Outubro e, a segunda avaliação após a oitava semana, em Dezembro. No entanto, três atletas do grupo experimental foram sujeitos a uma terceira avaliação, porque na segunda avaliação ocorreu após uma sessão de treino de natação matinal 1 horas antes da sessão de avaliação. O grupo de controlo foi avaliado apenas num momento que coincidiu com a segunda avaliação do grupo experimental.

No momento da primeira avaliação, os atletas do grupo experimental estavam no período preparatório geral. A segunda avaliação e terceira foram realizadas no período competitivo do primeiro macrociclo.

As avaliações foram realizadas nos dois membros superiores, MD e MND. A natação é uma modalidade em que os movimentos são cíclicos e bilaterais e desta forma, é importante analisar as diferenças entre membros.

#### 3.2.3.1 Instrumento, posição, velocidade, correção gravítica e protocolo de avaliação

Os valores de força isocinética dos rotadores do ombro foram avaliados no dinamómetro isocinético Biodex System 3 – Biodex Corp., Shirley, NY, USA.

A posição adotada no teste de avaliação foi decúbito dorsal com o ombro abduzido a 90°, no plano frontal, com o cotovelo fletido a 90°, como apresentado por Loureiro (2013). Esta posição foi escolhida por se tratar da posição que demonstrou um menor coeficiente de variação (Forthomme et al., 2011) e por ser uma posição que se encontra mais próxima da execução da técnica de nado. Para isso, foi necessário deitar as costas da cadeira para a posição de 0°. De acordo com as características dos atletas, foi necessário ajustar a altura da cadeira; a altura da pega do antebraço; a posição horizontal da cadeira com o dinamómetro, para que, o eixo do DI estivesse alinhado com o centro de rotação glenoumeral. A posição de 0°

de rotação do ombro foi considerada quando o antebraço se encontra na vertical, perpendicular ao chão. A estabilização dos sujeitos foi necessária para isolar o grupo muscular que se pretendia avaliar e, diminuir as ações musculares dos músculos acessórios (Perrin, 1993). Os sujeitos deitaram-se na cadeira, com os pés no encosto cervical.

A correção da gravidade foi realizada com o sujeito devidamente posicionado e antes do início do teste. A posição para a correção gravítica foi 50° de rotação interna, considerando, como 0° a posição neutra com o ombro abduzido a 90° no plano frontal e flexão do cotovelo a 90°.

A velocidade angular do teste foi de 90°/s, por se tratar de uma velocidade semelhante à que o atleta aplica no trajeto propulsivo em competição. A velocidade foi determinada durante a fase propulsiva do estilo de Crol, através, da análise de vídeo de um *sprint* de 15 metros.

Quanto à amplitude de teste, foi usado a mesma amplitude que Batalha et al., (2012) usaram no estudo com nadadoras, cerca de 90°. Considerando o 0° como a posição em que os atletas estavam com o ombro abduzido a 90° e o cotovelo fletido a 90°. Definiu-se a partir desta posição, 40° para trás (RE) e 50° para a frente (RI).

Acerca dos procedimentos no DI, na literatura alguns estudam reportam um aquecimento de 5 minutos (Andrade et al., 2013; T. Ellenbecker & Roetert, 2003; Malliou, Giannakopoulos, Beneka, Gioftsidou, & Godolias, 2004; Saccol et al., 2010). As repetições de teste variam de estudo para estudo, alguns realizam duas a quatro repetições de familiarização ou submáximas; quanto às repetições máximas variam consoante o objetivo do estudo. Neste estudo procedeu-se de acordo com os estudos de Andrade et al., (2013), Saccol et al., (2010) e Ellenbecker e Roetert (2003) realizando-se três repetições de familiarização e cinco repetições máximas.

O aquecimento, que antecedeu a avaliação no isocinético, foi realizado no cicloergómetro de braços MONARK ergomedic 891E, a uma velocidade de 70rpm (rotações por minuto) durante 5 minutos.

Os sujeitos, depois de devidamente posicionados, receberam uma breve explicação sobre o teste. De seguida, realizaram três repetições em modo *trial* para que, se familiarizassem com a amplitude do teste. No fim, e à ordem do avaliador, realizavam 5 repetições máximas com incentivo verbal para que aplicassem a máxima força nas ações concêntricas.

Desta forma, foi seguido o seguinte protocolo:

- Aquecimento cinco minutos no cicloergómetro de braços (recrutamento dos músculos da coifa dos rotadores);
- Colocação dos atletas na posição de teste;
- Breve explicação da prova a efetuar;
- 3 repetições de familiarização, com o objetivo de dar a conhecer ao atleta a amplitude do movimento, em modo *trial*;
- 5 repetições máximas, a 90°/s.

### 3.2.3.2 Variáveis de estudo

As variáveis de estudo usadas tiveram como objetivo caracterizar a força muscular e o equilíbrio muscular. Por isso, utilizaram-se as seguintes variáveis de estudo:

- *Peak Torque* (N.m), momento de força máximo dentro da amplitude de carga;
- Rácios unilaterais (%), para determinar o equilíbrio muscular entre agonista e antagonista, através da razão convencional (REconc/RIconc). Tipicamente, é determinado através da divisão do músculo mais fraco de dois músculos sobre o músculo mais forte. Este rácio dá informação sobre a força e equilíbrio muscular (T. S. Ellenbecker & Davies, 2000);
- Comparação bilateral, entre MD e MND. Diferenças entre 10% a 15% podem-se considerar identificadas com uma assimetria significativa (T. S. Ellenbecker & Davies, 2000);
- Rácio entre *peak torque* com a massa corporal (PT (N.m) /MC (Kg)). Permite comparar indivíduos com diferentes tamanhos e inseridos no mesmo grupo de teste (T. S. Ellenbecker & Davies, 2000).

### 3.2.4 Programa de fortalecimento

O programa de fortalecimento decorreu durante 8 semanas. Os exercícios propostos foram realizados com elásticos *Amaya*<sup>®</sup> de cor verde que correspondem a uma intensidade de deformação moderada.

Os exercícios foram escolhidos, de acordo, com a atividade eletromiografia que produziam nos músculos da coifa dos rotadores e estabilizadores da escápula, a partir de uma revisão de artigos (Escamilla et al., 2009).

Os atletas realizaram cada exercício duas séries, de quinze repetições (2x15) a uma intensidade elevada, com 10 segundos de intervalo entre cada série e exercício. A intensidade era mantida, essencialmente, através do curto espaço de repouso.

Neste estudo optou-se por realizar os exercícios a uma intensidade elevada, dado que, segundo um estudo onde se avaliou a atividade muscular dos músculos estabilizadores da escápula, verificou-se um aumento de sinal electromiográfico (EMG) dos músculos, quando exercitados a intensidades elevadas, comparativamente, com intensidades baixas (Andersen et al., 2012).

Foram escolhidos exercícios que se assemelhassem à cadeia cinética de nado e que, suscitasse o reforço dos músculos da coifa dos rotadores, assim como, dos estabilizadores da escápula (tabela 3).

Tabela 3 Exercícios do programa de fortalecimento dos rotadores do ombro

Exercícios	Músculos com maior ativação muscular	EMG estudos
<i>Push-up plus</i>	SubS, SubI, Supra, Infra, SA, Tmen, PM	Decker et al (2003); Moseley et. al (1992)
Extensão diagonal	TS, SA	Ekstrom et. al (2003)
RE em pronação a 90° de abdução do ombro	Supra, Infra, DP, Tmen, DM	Reinold et. al (2004)
Abdução horizontal em pronação a 135° de abdução do ombro	TS, TM, TI,	Ekstrom et. al (2003)
<i>Scaption</i> acima de 120°	TS, TI, SA, EE, Romb	Moseley et. al (1992)
Abdução horizontal em pronação a 90° de abdução do ombro	TS, TM, TI, EE, Romb	Moseley et. al (1992)
Extensão do ombro me pronação	TM, EE	Moseley et. al (1992)
Ys Ts Ws	TI, TM, TS, SA, Infra, Supra, Tmen, Romb	Ekstrom et. al (2003); Oyama et. al (2010)

SubS, subescapular superior; SubI, subescapular inferior; Supra, supraespinhoso; Infra, infraespinhoso; SA, serratos anterior; Tmen, teres menor; PM, peitoral menor; TS, trapézio superior; TM, trapézio medial; TI, trapézio inferior; DP, deltóide posterior; DM, deltóide medial; EE, elevador da escápula; Romb, rombóide.

### 3.2.5 Análise de dados

Para a análise descritiva dos dados recorreremos ao programa Excel 2013.

#### 4. Resultados

A avaliação da força concêntrica da RI e RE da musculatura do ombro neste estudo foram obtidos através do dinamómetro isocinético.

Foram realizadas avaliações no DI a oito atletas, quatro com passado de sintomatologia dolorosa no ombro e quatro sem passado de sintomatologia dolorosa.

Foi realizada uma primeira avaliação para analisar os desequilíbrios dos agonistas e antagonistas na rotação do ombro. A segunda avaliação para verificar se, o plano de fortalecimento aplicado obteve resultados no aumento da força dos rotadores externos. A segunda avaliação só se realizou ao grupo experimental. Três atletas do grupo experimental foram avaliados uma terceira vez, cerca de 48 horas após a 2ª avaliação, porque no momento da segunda avaliação tinham treinado 1 hora antes. Os resultados desta avaliação após o treino serão apresentados neste capítulo.

Além da avaliação isocinética, também, se realizou uma avaliação das amplitudes máximas em ambos os membros superiores. Esta avaliação realizou-se em dois momentos e os resultados serão expostos neste capítulo.

Tabela 4 Força concêntrica dos rotadores do ombro em nadadores de nível nacional

Concêntrico 90°/s	Grupo Experimental							
	Com lesão (n=2)				Sem lesão (n=2)			
	MD	MND	MD	MND	MD	MND	MD	MND
<b>Rotação Externa</b>								
PT momento 1*	46,2	39,6	35,9	41	61,2	57,5	37,4	33,8
Comparação Bilateral***	14,29		14,21		6,05		9,63	
PT momento 2*	44,1	39,2	49,4	44,5	48,4	59,1	35,8	30,8
Comparação Bilateral***	11,1		9,92		22,11		13,97	
PT momento 3*	39,6	42,6			53,8	62,1	33,1	32,4
Comparação Bilateral***	7,58				15,43		2,11	
PT/MC_1 **	63	54	49	56	86	80	58	52
PT/MC_2 **	60	53	67	61	68	83	55	48
PT/MC_3 **	54	58			75	87	51	50
<b>Rotação Interna</b>								
PT momento 1*	39,7	36,7	43	35,4	43,7	41,8	33,9	28,9
Comparação Bilateral***	7,56		17,67		4,35		14,75	
PT momento 2*	38	35,3	37,7	36,9	36,1	38,1	28,7	28,1
Comparação Bilateral***	7,11		2,12		5,54		2,09	
PT momento 3*	36,2	38,4			39,9	40,5	28,1	27,4
Comparação Bilateral***	6,08				1,5		2,49	
PT/MC_1 **	54	50	59	48	61	58	52	45
PT/MC_2 **	52	48	51	50	50	53	44	43
PT/MC_3 **	49	52			56	57	43	42

\* Peak torque (N.m) \*\* Peak Torque (N.m) /MC (kg), expresso em % \*\*\* Comparação bilateral expresso em %;

MD- membro dominante MND - membro não dominante

Os valores da tabela 4 referem-se à avaliação do grupo experimental, e serão descritos no texto que se segue.

No primeiro momento, no grupo de nadadores com passado de lesão, um dos atletas teve valores de pico de torque (PT) superiores na rotação externa comparando com a rotação interna, tanto para o MD como para MND. O outro atleta teve um PT inferior na rotação externa no MD comparando com a rotação interna; no MND o PT foi superior na rotação externa do que na rotação interna. As diferenças bilaterais para os rotadores externos foram de 14%. No caso, dos rotadores internos, as diferenças entre MD e MND variaram entre 7,6% e 17,7%. Os rácios entre o pico de torque e a massa corporal foram superiores no MD na rotação interna em ambos os atletas. Na rotação externa, um dos atletas teve um rácio superior no MD e o outro atleta no MND. Comparando, a percentagem dos rácios entre os dois atletas com passado de lesão, verifica-se uma semelhança entre as percentagens, com

exceção de um resultado no MD na rotação externa onde há uma diferença de 14%, permitindo deduzir que este atleta teve um momento de força superior ao outro atleta, considerando a massa corporal (relativo).

No grupo de nadadores sem passado de lesão, o pico de torque foi sempre superior na rotação externa do que na rotação interna. Nos dois atletas, os valores de PT foram superiores para o MD. As diferenças entre membros, nos rotadores externos, variaram entre 6,1% e 9,6%. Nos rotadores internos, as diferenças variaram entre 4,4% e 14,8%. Os rácios foram superiores no MD do que no MND em ambos. Entre atletas, este rácio foi superior para um dos atletas na rotação interna e externa, isto é, para este atleta o momento máximo foi muito próximo do máximo, quando considerada a massa corporal.

No segundo momento, após o programa de fortalecimento, o grupo de nadadores com passado de lesão teve picos de torque superiores para a rotação externa, comparando, com a rotação interna. As diferenças bilaterais variaram 9,9% e 11,1%, nos rotadores externos. Nos rotadores internos, a variação foi entre 2,1% e 7,1%. Os rácios foram superiores para o MD, comparando, com o MND, na rotação interna e externa, nos dois atletas avaliados.

Comparando os dois momentos, um dos atletas teve um aumento significativo de 13,5 N.m para o membro dominante e 3,5 N.m para o MND, na rotação externa. Os restantes valores de PT, para a rotação interna, não mostraram aumentos muito relevantes. No outro atleta deste grupo, não se verificaram aumentos do pico de torque em nenhuma das rotações. Este atleta foi avaliado após uma sessão de treino. As diferenças entre membros, nos dois atletas, diminuíram da primeira avaliação para a segunda.

No grupo de atletas sem passado de lesão, no segundo momento, os valores de pico de torque foram superiores na rotação externa. Um dos atletas teve valores de PT superiores no MND comparativamente ao MD, ao contrário do que se verificou no primeiro momento. Nos rotadores externos, as diferenças bilaterais variaram entre 14% e 22,1%. Nos rotadores internos, a variação foi entre 2,1% e 5,4%.

Comparando os dois momentos, não se verificou um aumento do pico de torque em ambas as rotações efetuadas. Além disso, um dos atletas teve valores inferiores no MD do que no MND, ao contrário da primeira avaliação. Da mesma forma, os rácios espelharam essa diferença. As diferenças bilaterais aumentaram do primeiro

para o segundo momento de avaliação, na rotação externa. Na rotação interna, as diferenças diminuíram. Estes atletas foram avaliados após uma sessão de treino.

No terceiro momento só foram avaliados os atletas que, no segundo momento foram avaliados após uma sessão de treino. Assim, foram avaliados os dois atletas do grupo sem passado de lesão e um atleta do grupo com passado de lesão.

No atleta com passado de lesão embora, as diferenças entre membros tenham diminuído da segunda avaliação para a terceira avaliação, os valores de PT foram semelhantes à segunda avaliação. Comparando o efeito do treino na força dos rotadores, verifica-se que não se verificaram aumentos de força sem sessão de treino a anteceder o momento da avaliação.

No atleta sem passado de lesão, comparado o segundo momento com o terceiro, verificou-se um aumento da força de 5,4N.m na rotação externa no MD e 3N.mno MND. Na rotação interna, o PT aumentou no entanto as variações foram menores. Neste caso, houve uma variação dos resultados que pode resultar de um aumento do intervalo de recuperação após o último treino.

No outro atleta sem passado de lesão, as principais diferenças da segunda avaliação para a terceira avaliação foram: as diferenças entre membros diminuíram, nos rotadores externos, 14% para 2,1%; as diferenças nos rotadores internos foram semelhantes na segunda e terceira avaliação. No caso do PT, não se verificou aumentos do segundo momento para o terceiro.

Tabela 5 Força concêntrica dos rotadores do ombro em nadadores de nível nacional

Concêntrico 90°/s,	Grupo Controlo							
	Com lesão (n=2)				Sem lesão (n=2)			
	MD	MND	MD	MND	MD	MND	MD	MND
<b>Rotação Externa</b>								
PT momento 1*	54,9	56,7	49,1	49,2	41,5	32	57,2	62,5
Comparação Bilateral***	3,28		0,2		22,89		9,27	
PT/MC_1 **	75	77	54	55	50	39	72	78
<b>Rotação Interna</b>								
PT momento 1*	36,3	41,8	53,8	47,1	37,3	38,8	42,3	42,4
Comparação Bilateral***	15,15		12,45		4,02		0,24	
PT/MC_1 **	49	57	60	52	45	47	53	53

\* Peak torque (N.m) \*\* Peak Torque (N.m) /MC (kg), expresso em % \*\*\* Comparação bilateral expresso em %

MD- membro dominante MND - membro não dominante

Nos atletas com passado de lesão, os valores de pico de torque foram superiores na rotação externa, comparativamente, aos valores da rotação interna; excetuando um atleta deste grupo que para o MD teve um pico de torque superior na rotação interna. As diferenças entre rotadores externos variaram entre 0,2% e 3,3%. As diferenças dos rotadores internos variaram entre 12,5% e 15,2% (tabela 5).

No grupo de atletas sem passado de lesão, verificou-se num dos atletas que, o pico de torque foi superior na rotação externa no MD e MND, comparando, com a rotação interna. No outro atleta, o pico de torque foi superior, no MD na rotação externa, e no MND na rotação interna. Os rácios foram significativamente superiores num dos atletas, na rotação externa. Um dos atletas na rotação externa, para o MND, teve um rácio de 39% o que quer dizer que, a força da musculatura dos rotadores externos é bastante inferior relativamente, ao potencial de força deste atleta, de acordo com a massa corporal. No caso, da rotação interna não se verificaram diferenças significativas entre atletas. As diferenças entre rotadores externos variaram entre 9,3% e 22,9%. Nos rotadores internos verificou-se uma variação de 0,2% a 4% (tabela 5).

Em ambos os grupos, experimental e controlo, dois dos atletas sem passado de lesão apresentaram rácios entre o momento máximo e a massa corporal bastante superiores na rotação externa, comparando, com a rotação interna, diferenças superiores a 20%. Os outros dois atletas sem passado de lesão: um deles (grupo experimental) apresentou diferenças entre rotadores externos e internos superiores a 10%, sendo que os rotadores externos eram os mais fortes; o outro atleta (grupo controlo) apresentou valores muito semelhantes nos rácios na rotação interna e externa.

No caso dos atletas com passado de lesão, três atletas apresentaram diferenças nos rácios, entre rotadores externos e internos, iguais ou inferiores a 10%. Um atleta (grupo de controlo) apresentou diferenças de 20%.

Ainda sobre o rácio, no grupo experimental a maioria do grupo (n=3) teve rácios semelhantes, ou seja, a produção de força foi semelhante na rotação interna e externa. No grupo de controlo, dois atletas (um com passado de lesão e um sem passado de lesão) tiveram rácios semelhantes o que revela que a produção de força nestes atletas foi semelhante. Relativamente, aos outros dois atletas, um deles teve valores de produção de força semelhantes ao grupo experimental referenciado

acima (n=3); o outro atleta teve valores de rotação interna semelhantes ao grupo experimental, no entanto, para a rotação externa no membro não dominante teve um valor muito abaixo do resto da amostra (n=8).

Na tabela 6 estão apresentados os rácios entre agonistas e antagonistas do ombro (RE/RI) no membro dominante e no membro não dominante, em atletas com passado de lesão (n=4) e sem passado de lesão (n=4). O rácio está expresso em percentagem. De um modo geral, os rácios do grupo experimental aumentaram após oito semanas. Além disso, um atleta do grupo experimental e outro atleta do grupo de controlo, ambos com passado de lesão, demonstraram valores inferiores comparativamente à restante amostra, excepto um atleta do grupo de controlo sem passado de lesão que obteve valores semelhantes.

Tabela 6 Rácio da força isocinética entre a rotação externa e interna (RE/RI) em nadadores de nível nacional

Rácio concêntrico RI/RE	Com lesão (n=4)				Sem lesão (n=4)			
	MD	MND	MD	MND	MD	MND	MD	MND
<b>Grupo Experimental</b>								
Momento 1	116	108	84	116	140	138	110	117
Momento 2	116	111	131	121	134	155	125	110
Momento 3	109	111			135	153	118	118
<b>Grupo Controlo</b>								
Momento 1	151	136	91	104	111	82	135	147

MD- membro dominante                      MND - membro não dominante  
Rácio RE/RI expresso em %

Tabela 7 Flexibilidade glenoumeral em nadadores de nível nacional, no membro dominante (MD) e no membro não dominante (MND)

	Com lesão (n=2)				Sem lesão (n=2)				Média±dp
	MD	MND	MD	MND	MD	MND	MD	MND	
<b>Antes</b>									
RI	70°	83°	56°	48°	85°	94°	74°	82°	74±15,5
RE	80°	104°	78°	45°	95°	95°	90°	83°	83,8±17,9
<b>Depois</b>									
RI	97°	104°	97°	95°	89°	94°	90°	102°	96±5,2
RE	109°	110°	98°	88°	130°	115°	120°	77°	105,9±17,3

Na tabela 7, estão expressos os graus de flexibilidade glenoumeral no MD e no MND, antes do programa de fortalecimento e, depois do programa de fortalecimento.

No primeiro momento, só um atleta teve valores próximos de 90° para a flexibilidade na rotação interna. Na rotação externa, três atletas tiveram valores perto dos 90°.

Após oito semanas, a flexibilidade na rotação interna aumentou em todos os atletas. Na rotação externa, um atleta teve um valor inferior, relativamente, ao primeiro momento. O resto da amostra (n=3) teve um aumento da flexibilidade na rotação externa.

## 5. Discussão dos resultados

O objetivo deste estudo era verificar se existiam desequilíbrios musculares nos rotadores do ombro, em nadadores. E, posteriormente, verificar se os desequilíbrios diminuíaam ou se mantinham inalterados através da execução de um programa de fortalecimento de 8 semanas.

De acordo com O'Donnel et al. (2005), Batalha et al. (2012) e Pink e Tibone (2000), a natação é uma modalidade que devido à sua natureza biomecânica pode promover ou acentuar desequilíbrios musculares, o que foi possível comprovar neste estudo com nadadores de nível nacional.

Ellenbecker e Davies (2000) demonstraram a aplicabilidade do dinamómetro isocinético em avaliações do complexo do ombro reportando valores de rácio (RE:RI) indicadores da existência de equilíbrio muscular entre 66% e 76%, sendo que, os rotadores externos apresentaram pelo menos dois terços (2/3) da força dos rotadores internos. No nosso estudo, nenhum atleta obteve rácios entre os valores recomendados. De um modo geral, e ao contrário do que Ellenbecker e Davies (2000) concluíram, a força dos nadadores deste estudo era superior nos rotadores externos relativamente aos rotadores internos.

Ramsi et. al (2004) verificaram rácios (RI:RE) em nadadores próximo da razão 1:1 ou 100% e, justificaram estes valores com o processo maturacional que os atletas estavam a passar. No estudo caso verificaram-se valores próximos desta razão em três atletas (entre 82% e 111%), dois atletas com passado de lesão e um sem passado de lesão. Noutro estudo, com nadadores de nível master, também, se verificaram rácios de 1:1 (Magnusson, Constantino, Mchugh, & Gleim, 1995). Desta forma, embora, o rácio unilateral possa contribuir para determinar se existe equilíbrio muscular; pode não ser um preditor de um caso sintomático de lesão do ombro, caso não se encontre entre os valores recomendados por Ellenbecker e Davies (2000). Outra investigação que avaliou o rácio concêntrico entre RE/RI a 90°/s, em atletas com instabilidade no ombro e lesão no labrum, concluiu que o número de atletas com desequilíbrio muscular foi proporcional em atletas lesionados e atletas do grupo de controlo (Saccol, Zanca, Ejnisman, de Mello, & Mattiello, 2014).

Os nossos resultados permitiram observar que entre os nadadores avaliados (n=8), apenas três (2 do grupo de controlo, 1 do grupo experimental) se verificou força nos rotadores internos superior à força dos rotadores externos e, estes resultados só se verificaram num dos membros superiores. Os restantes atletas avaliados (n=5) (3 grupo experimental, 2 grupo controlo) tiveram resultados na força dos rotadores, superiores para a rotação externa em ambos os membros superiores. Os nossos resultados contrariam em parte o encontrado por Batalha et.al (2012), num estudo que avaliou a força dos rotadores na posição sentado em nadadores com uma média de idades de 14 anos, onde a força dos rotadores internos foi superior à força dos rotadores externos. Ramsi et.al (2004), também, verificaram que a força dos rotadores internos era superior a força dos rotadores externos, principalmente no final da época; num estudo que avaliou a força isométrica dos rotadores dos nadadores na posição de decúbito ventral, ao longo da época, em nadadores com idades entre 14 anos e 18 anos. Uma das razões para a diferença nos resultados do nosso estudo, para o estudo de Batalha et. al (2012) e Ramsi et. al (2004) pode ter sido a posição de avaliação da força dos rotadores.

Num estudo que pretendeu avaliar as diferenças bilaterais em 15 lançadores, 15 nadadores e 15 não-atletas, verificou-se que em nadadores, o braço direito era 5% mais forte do que o braço esquerdo na rotação interna (Perrin, Robertson, & Ray, 1987). Nos resultados por nós encontrados no primeiro momento de avaliação, um atleta do grupo experimental e dois atletas do grupo de controlo tiveram o valor sugerido por Perrin et. al (1987). No segundo momento, todos os atletas tiveram valores abaixo ou perto dos 5%. Apenas dois atletas do grupo de controlo tiveram valores acima dos 10%, um destes atletas teve uma média de treinos bastante inferior ao resto da amostra (4 treino por semana) e, pode ter sido este fator que influenciou este resultado; o outro atleta teve uma tendinite no membro dominante na época passada e pode ser essa a razão para a diferença entre membros. Segundo Ellenbecker e Davies (2000) diferenças bilaterais entre 10% e 15% são consideradas como significativamente assimétricas. Após 8 semanas de treino verificaram-se diferenças bilaterais num atleta sem passado de lesão, para a rotação externa, próximo dos valores reportados por Ellenbecker e Davies. Na rotação interna não se verificaram valores percentuais acima dos 6%. No grupo de controlo, dois atletas com passado de lesão tiveram valores considerados assimétricos por

Ellenbekcer e Davies (2000) para a rotação interna. Na rotação externa, apenas um atleta teve valores assimétricos.

Os resultados de flexibilidade glenoumeral encontrados no nosso estudo diferem, realizado por Beach et.al (1992), que avaliou a flexibilidade em 32 nadadores com idades compreendidas entre 15 e 21 anos. Beach et.al (1992) observaram 70° como o maior resultado de rotação interna. Neste estudo caso, a média para a rotação interna foi de 74°, no primeiro momento de avaliação. Após oito semanas, a média para a rotação interna foi de 96°, segundo Duesterhaus e Duesterhaus (1985) estes nadadores estão acima dos valores standardizados como normais (90°). Para a rotação externa na primeira avaliação, a média foi de 83,2°, sendo que, um dos atletas teve valores de 45° para o MND. Após oito semanas, a média aumentou para 105,9°, uma diferença de 15° dos valores considerados “de referência normal” (Duesterhaus & Duesterhaus, 1985). Beach et. al (1992) no estudo que realizaram encontraram diferenças de 10° a 11° para a rotação externa, comparativamente, com outros estudos com nadadores com valores de 90° para a flexibilidade na rotação externa (Ciullo & Stevens, 1989; Creipp, 1985; Johnson, 1987). Beach et. al (1992) também encontraram a existência de correlação reduzida entre lesões no ombro em nadadores de competição e, mobilidade excessiva e/ou mobilidade limitada. Segundo Tovin (2006), a flexibilidade do ombro em nadadores é semelhante aos atletas com gesto técnico acima da cabeça, isto é, são capazes de amplitudes excessivas para a rotação externa e amplitudes limitadas para a rotação interna.

Relativamente, à razão pico de torque sobre massa corporal (PT/MC), o grupo de atletas sem passado de lesão obteve valores que coincidem com os valores de Saccol et.al (2014) para os atletas do grupo de controlo da instabilidade e do grupo de controlo da lesão no labrum. Para o grupo de atletas com passado de lesão, os valores coincidem com os valores dos atletas lesionados no estudo de Saccol et.al (2014) na rotação interna. Na rotação externa, os valores do grupo experimental coincidem com o grupo de atletas com lesão no labrum; os valores do grupo de controlo coincidem com o grupo de atletas lesionados de ambos os grupos do estudo de Saccol et. al (2014).

Por último, o efeito do programa de fortalecimento após oito semanas não resultou para a maioria dos atletas e uma das razões pode ter sido a não progressão

da carga. Vários estudos que tiveram como objetivo fortalecer a coifa dos rotadores e os estabilizadores da escápula fizeram modificações ao longo do período de fortalecimento que permitiram obter resultados, tais como: alterar os exercícios; aumentar o número de repetições; aumentar a carga dos elásticos (Hibberd, Oyama, Spang, Prentice, & Myers, 2012; Kim, Lee, Shin, Kitae, & Moon, 2014; Malliou et al., 2004).

## 6. Conclusão

O treino na natação desenvolve simetricamente os rotadores internos. As diferenças entre rotadores internos, na maioria dos nadadores deste estudo, foram muito pequenas.

Os nadadores deste estudo são mais fortes na rotação externa do que na rotação interna. Este resultado pode estar adjacente à prevenção realizada em escalões anteriores, ou à posição de teste avaliada no Dinamómetro Isocinético.

Entre os atletas deste estudo caso que nunca tiveram lesão no ombro, dois deles tiveram resultados significativamente superiores na rotação externa do que na rotação interna. Este facto suporta que, uma vez desenvolvida a musculatura que estabiliza a articulação do ombro, a estabilidade do ombro aumenta e o risco de lesão é menor.

O rácio unilateral por si só, não chega para determinar se os indivíduos correm risco de lesão. Dado que, neste estudo os atletas sem passado de lesão não tiveram rácios dentro dos valores recomendados que determinam o equilíbrio muscular e, curiosamente os atletas com passado de lesão obtiveram os rácios mais próximos da percentagem que prediz o equilíbrio muscular.

Um atleta deste estudo teve um pico de torque, na primeira avaliação, superior na rotação interna em relação à rotação externa e, na terceira semana de fortalecimento apresentou queixas na face anterior do ombro. Este atleta interrompeu o plano de fortalecimento durante três dias e, retomou no quarto dia até ao fim do plano sem demonstrar mais queixas. O plano mostrou ser eficaz para a recuperação e fortalecimento. Além disso, atletas com força superior na rotação interna em relação à rotação externa podem estar em risco de contrair lesão.

O treino e o uso de elásticos aumentaram a flexibilidade glenoumeral dos nadadores. Contudo, não existe relação entre atletas com hipermobilidade e passado de lesão.

De um modo geral, o plano de fortalecimento não mostrou ser eficaz para o aumento de força dos rotadores externos. No entanto, é necessário ter em conta as limitações deste estudo, concretamente, o repouso antes da avaliação, a não progressão da carga ao longo das 8 semanas e o número da amostra deste estudo.

Embora três atletas não aumentassem a força dos rotadores externos, nenhum apresentou queixas durante e após o plano de fortalecimento. O equilíbrio muscular não aumentou no fim do plano de fortalecimento; contudo, os atletas demonstraram agrado com o efeito dos exercícios, indicando, uma sensação de segurança na articulação e ajuda na execução técnica.

Curiosamente, os atletas que executaram o plano de fortalecimento, dois deles na penúltima semana bateram recordes pessoais e os outros dois atletas bateram recordes pessoais duas semanas depois do fim do plano.

## **7. Limitações e recomendações**

Futuramente, num estudo com atletas com história de lesão é importante considerar o número de episódios de lesão e o momento dos acontecimentos, como critérios de inclusão. Desta maneira, a discussão dos resultados será mais específica. Também, é importante definir cargas (elásticos com resistência) desafiantes e não estandardizar uma carga para todos, tendo em conta, que a massa muscular varia entre os atletas. Assim, a certeza de que as cargas estão a dar o estímulo desejado, é maior. Por último, medir o comprimento do peitoral menor antes e após a intervenção permitirá determinar se a intervenção teve resultados positivos na postura.

## 8. Referências

- Allegrucci, M., Whitney, S. L., & Irrgang, J. J. (1994). Clinical implications of secondary impingement of the shoulder in freestyle swimmers. *J Orthop Sports Phys Ther*, 20(6), 307-318.
- Andersen, C. H., Zebis, M. K., Saervoll, C., Sundstrup, E., Jakobsen, M., Sjogaard, G., & Andersen, L. L. (2012). Scapular Muscle Activity from Selected Strengthening Exercises Performed at Low and High Intensities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2408-2416.
- Andrade, M. S., Vancini, R. L., de Lira, C. A., Mascarin, N. C., Fachina, R. J., & da Silva, A. C. (2013). Shoulder isokinetic profile of male handball players of the Brazilian National Team. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Braz J Phys Ther*, 17(6), 572-578. doi: 10.1590/S1413-35552012005000125
- Aune, A. K. (2004). Acute Shoulder Injuries. In Clinical Guide to Sports Injuries, edited by Roald Bahr and Sverre Maehlum. *Human Kinetics*, 153-177.
- Bahr, R., & Maehlum, S. (2004). Types and Causes of injuries. In Clinical Guide to Sports Injuries, edited by Roald Bahr and Sverre Maehlum. *Human Kinetics*, 3-4.
- Bak, K. (1996). Nontraumatic glenohumeral instability and coracoacromial impingement in swimmers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 6(3), 132-144.
- Bak, K., & Fauno, P. (1997). Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain. *Am J Sports Med*, 25(2), 254-260.
- Baker, C. L., Uribe, J. W., & Whitman, C. (1990). Arthroscopic evaluation of acute initial anterior shoulder dislocations. *Am J Sports Med*, 18(1), 25-28.
- Bankart, A. (1923). The pathology and treatment of recurrent dislocation of the shoulder joint. *Br Med J*, 2, 1132-1133.

- Batalha, N., Marinho, D. A., Raimundo, A. M., Silva, A. J., Fernandes, O. D. J. S. M., & Tomas-Carus, P. (2012). Perfil de força isocinética dos rotadores dos ombros em jovens nadadores. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(5). doi: 10.5007/1980-0037.2012v14n5p545
- Batalha, N., Tomas-Carus, P., Raimundo, A., Fernandes, O., Marinho, D. A., & Silva, A. J. (2010). Water training effect in shoulder rotators strength in young swimmers. *Norwegian School of Sport Sciences*, <http://hdl.handle.net/10174/12071>.
- Beach, M. L., Whitney, S. L., & Dickoff-Hoffman, S. A. (1992). Relationship of shoulder flexibility, strength, and endurance to shoulder pain in competitive swimmers. *J Orthop Sports Phys Ther*, 16(6).
- Bigliani, L. U., Morrison, D. S., & April, E. W. (1987). The morphology of the acromion and rotator cuff impingement. *Orthop Trans*, 1, 1-234.
- Borstad, J. D., & Ludewig, P. M. The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther*, 35(4).
- Boyd, K. (1997). Swimming Injuries and their Management. *DipSportsMed*
- Buss, D. D., Lynch, G. P., Meyer, C. P., Huber, S. M., & Freehill, M. Q. (2004). Nonoperative management for in-season athletes with anterior shoulder instability. [Clinical Trial]. *Am J Sports Med*, 32(6), 1430-1433. doi: 10.1177/0363546503262069
- Caruso, J. F., Brown, L. E., & Tufano, J. J. (2012). The reproducibility of isokinetic dynamometry data. *Isokinetics and Exercise Science*(20), 239-253. doi: 10.3233/ies-2012-0477
- Ciullo, J., & Stevens, C. (1989). The prevention and treatment of injuries to the shoulder in swimmers. *Sports Med*, 7, 182-204.
- Colwin, C. M. (2002). Breakthrough swimming. *Human Kinetics*, 50-70.
- Cooper, D. E., Arnoczky, S. P., O'Brien, S. J., Warren, R. F., DiCcarlo, E., & Allen, A. A. (1992). Anatomy, histology, and vascularity of the glenoid labrum. An anatomical study., 74, 46-52.

- Craig, E. (1998). Fracures of the clavicle. In: Rockwood CA Jr, Matsen FA m, eds. *The Shoulder*. *WB Saunders*, 1, 428-482.
- Creipp, I. (1985). Swimmer's shoulder: Influence of flexibility and weight training. *Phys Sports Med*, 13(8), 92-105.
- Culham, E., & Peat, M. (1993). Functional Anatomy of the Shoulder Complex. *J Orthop Sports Phys Ther*, 18, 342-350.
- Duesterhaus, M., & Duesterhaus, M. (1985). Patient Evaluation Methods for the Health Professional. *Reston*.
- Ellenbecker, T., & Roetert, E. P. (2003). Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 63-70.
- Ellenbecker, T. S., & Cools, A. (2010). Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: an evidence-based review. [Review]. *Br J Sports Med*, 44(5), 319-327. doi: 10.1136/bjism.2009.058875
- Ellenbecker, T. S., & Davies, G. J. (2000). The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 338-350.
- Escamilla, R. F., Hooks, T. R., & Wilk, K. E. (2014). Optimal management of shoulder impingement syndrome. [Review]. *Open Access J Sports Med*, 5, 13-24. doi: 10.2147/OAJSM.S36646
- Escamilla, R. F., Yamashiro, K., Paulos, L., & Andrews, J. R. (2009). Shoulder Muscle Activity and Function in Common Shoulder Rehabilitation Exercises. *Sports Med*, 39(8), 663-685.
- Forthomme, B., Dvir, Z., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L. (2011). Isokinetic assessment of the shoulder rotators: a study of optimal test position. [Comparative Study Randomized Controlled Trial]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 31(3), 227-232. doi: 10.1111/j.1475-097X.2010.01005.x
- Fredriksen, H., & Aune, A. K. (2004). Rehabilitation of Shoulder Injuries. In *Clinical Guide to Sports Injuries*, edited by Roald Bahr and Sverre Maehlum. *Human Kinetics*.

- Frisiello, S., Gazaille, A., O'Halloran, J., Palmer, M. L., & Waugh, D. (1994). Test-Retest reliability of eccentric peak torque values for shoulder medial and lateral rotation using the biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther*, 19(6).
- Gerrard, D. (2005). Medical issues related to swimming. In Handbook of Sports Medicine and Science Swimming, edited by Joel Stager and David Tanner; Second edition. *Blackwell Publishing*, 120-121.
- Gibb, T. D., Sidles, J. A., Harryman, D. T., McQuade, K. J., & Matsen, F. A. (1991). The Effect of Capsular Venting on Glenohumeral Laxity. *Clin Orthop*, 268, 120-127.
- Gomes Pereira, J. H. (1999). Prevenção de Lesões em Natação. *BRAÇADA*.
- Gray, H. (1918). Anatomy of the Human Body, by Henry Gray. 20th ed., thoroughly rev. and re-edited by Warren H. Lewis. *Philadelphia: Lea & Febiger*.
- Heinlein, S. A., & Cosgarea, A. J. (2010). Biomechanical Considerations in the Competitive Swimmer's Shoulder. *Sports Health*, 2(6), 519-525. doi: 10.1177/1941738110377611
- Hibberd, E., Oyama, S., Spang, J., Prentice, W., & Myers, J. (2012). Effect of a 6-week Strengthening Program on Shoulder and Scapular-Stabilizer Strength and Scapular Kinematics in Division I Collegiate Swimmers. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21, 253-265.
- Howell, S. M., & Galinat, B. J. (1989). The Glenoid-Labral Socket. *Clin Orthop*.
- Jobe, C. M. (1998). Gross anatomy of the shoulder. In: Rockwood CA Jr, Matsen FA II, eds. The Shoulder. *WB Saunders*, 1, 34-97.
- Jobe, F. W., Kvitne, R. S., & Giangarra, C. E. (1989). Shoulder pain in the overhand or throwing athlete. The relationship of anterior instability and rotator cuff impingement. *Orthop Rev*, 18(9), 963-975.
- Johanson, M. A., Donatelli, R., & Greenfield, B. H. (1993). Rehabilitation of microtrauma injuries. In Greenfield BH (ed) Rehabilitation of the Knee: A Problem-Solving Approach. *Philadelphia: FA. Davis Co*, 139-173.

- Johnson, J. (1987). Musculoskeletal injuries in competitive swimmers. *Mayo Clin Proc*, 62, 289-304.
- Kenal, K. A., & Knapp, L. D. (1996). Rehabilitation of injuries in competitive swimmers. *Sports Med*, 22(5), 337-347.
- Kibler, W. B. (1998). Shoulder rehabilitation: principles and practice. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 30, (4 Suppl):S40-50.
- Kibler, W. B., & McMullen, J. (2003). Scapular Dyskinesis and Its Relation to Shoulder Pain. *American Academy of Orthopaedic Surgeons*.
- Kim, H., Lee, Y., Shin, I., Kitae, K., & Moon, J. (2014). Effects of 8 Weeks' Specific Physical Training on the Rotator Cuff Muscle Strength and Technique of Javelin Throwers. *J Phys Ther Sci*, 26, 1553-1556.
- Koehler, S. M., & Thorson, D. C. (1996). Swimmer's Shoulder: Targeting Treatment. *Phys Sportsmed*, 24(11), 39-50. doi: 10.3810/psm.1996.11.1287
- Labriola, J. E., Lee, T. Q., Debski, R. E., & McMahon, P. J. (2005). Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles. *J Shoulder Elbow Surg*, 14, (1 Suppl S):32S-38S.
- Levine, W. N., & Flatow, E. L. (2000). The Pathophysiology of Shoulder Instability *Am J Sports Med*, 28(6), 910-917.
- Lippitt, S. B., Vanderhooft, J. E., Harris, S. L., Sidles, J. A., Harryman, D. T., & Matsen, F. A. (1993). Glenohumeral stability from concavity-compression: A quantitative analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 2(1), 27-35. doi: 10.1016/s1058-2746(09)80134-1
- Ljunggren, A. E. (1979). Clavicular Function. *Acta orthop. scand*, 261-268.
- Loureiro, R. (2013). Comparação da Razão de Força Excêntrica-Concêntrica dos Rotadores do Ombro entre Jogadores de Andebol e Futsal. *Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra*.

- Lynch, S. S., Thigpen, C. A., Mihalik, J. P., Prentice, W. E., & Padua, D. (2010). The effects of an exercise intervention on forward head and rounded shoulder postures in elite swimmers. [Randomized Controlled Trial]. *Br J Sports Med*, *44*(5), 376-381. doi: 10.1136/bjism.2009.066837
- Magnusson, S. P., Constantino, N. W., Mchugh, M. P., & Gleim, G. W. (1995). *Strength profiles and performance in Master's level swimmers* (Vol. 23). Thousand Oaks, CA, ETATS-UNIS: Sage Publications.
- Malcarney, H. L., & Murrell, G. A. C. (2003). The Rotator Cuff: Biological Adaptations to its Environment. *Sports Med*, *33*, 993-1002.
- Malliou, P. C., Giannakopoulos, K., Beneka, A. G., Gioftsidou, A., & Godolias, G. (2004). Effective ways of restoring muscular imbalances of the rotator cuff muscle group: a comparative study of various training methods. [Clinical Trial Comparative Study Randomized Controlled Trial]. *Br J Sports Med*, *38*(6), 766-772. doi: 10.1136/bjism.2003.009548
- McCluskey, G. I., & Todd, J. (1995). Acromioclavicular joint injuries. *J South Orthop Assoc*, *4*, 206-213.
- McMaster, W. C. (1999). Shoulder injuries in competitive swimmers. *Clin Sports Med*, *18*(2), 349-359.
- McMaster, W. C., Long, S. C., & Caiozzo, V. J. (1992). Shoulder torque changes in the swimming athlete. *Am J Sports Med*, *20*(3), 323-327.
- McMaster, W. C., Roberts, A., & Stoddard, T. (1998). A correlation between shoulder laxity and interfering pain in competitive swimmers. *Am J Sports Med*, *26*, 83-86.
- Meister, K. (2000). Injuries to the Shoulder in the Throwing Athlete. Part one: biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *Am J Sports Med*, *28*(2), 265-275.
- Michener, L. A., McClure, P. W., & Karduna, A. R. (2003). Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clinical Biomechanics*, *18*(5), 369-379. doi: 10.1016/s0268-0033(03)00047-0

- Mullen, G. J. (2012). *Swimmer's Shoulder System (First Edition)*. CA: *Center of Optimal Restoration*.
- Neer, C. S. (1972). Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am*, 54, 41-50.
- Neer, C. S. (1983). Impingement lesions. *Clin Orthop Relat Res*.
- O'Donnell, C. J., Bowen, J., & Fossati, J. (2005). Identifying and Managing Shoulder Pain in Competitive Swimmers - How to Minimize Training Flaws and Other Risks. *THE PHYSICIAN AND SPORTSMEDICINE*, 33.
- Pagnani, M. J., Deng, X. H., Warren, R. F., Torzilli, P. A., & O'Brien, S. J. (1996). Role of the Long Head of the Biceps Brachii in Glenohumeral Stability: a biomechanical study in cadavera. *J Shoulder Elbow Surg*, 5(4), 255-262.
- Patel, K. (2005). *Corrective Exercise - A Practical Approach*. Hodder Arnold.
- Peat, M. (1986). Functional Anatomy of the Shoulder Complex. *Journal of the American Physical Therapy* 66, 1855-1865.
- Pepe, M. D., & Rodosky, M. W. (2001). Nonoperative treatment of common shoulder injuries in athletes. *Sports Med Arthroscopy Rev*, 9(1), 96-104.
- Perrin, D. (1993). Isokinetic exercise and assessment. *Human Kinetics*.
- Perrin, D., Robertson, R., & Ray, R. (1987). Bilateral isokinetic peak torque, torque acceleration energy, power, and work relationships in athletes and nonathletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*.
- Pink, M., Perry, J., Browne, A., Scovazzo, M. L., & Kerrigan, J. (1991). The normal shoulder during freestyle swimming. An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med*, 19(6), 569-576.
- Pink, M., & Tibone, J. E. (2000). The painful shoulder in the swimming athlete. *Orthop Clin North Am.*, 247-261.

- Plotnikoff, N. A., & MacIntyre, D. L. (2002). Test-Retest Reliability of Glenohumeral Internal and External Rotator Strength. *Clin J Sports Med*, 12(6), 367-372.
- Ramsi, M., Swanik, K. A., Swanik, C. B., Straub, S., & Mattacola, C. (2004). Shoulder-rotator strength of high school swimmers over the course of a competitive season. *J Sport Rehabil*, 9-18.
- Rathbun, J. B., & Macnab, I. (1970). The microvascular pattern of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am*, 52, 540-553.
- Reinold, M., Escamilla, R., & Wilk, K. E. (2009). Current Concepts in the Scientific behind exercises for Glenohumeral and scapulothoracic musculature. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. doi: 10.2519/
- Reinold, M., Wilk, K. E., Fleisig, G. S., Zheng, N., Barrentine, S. W., Chmielewski, T., . . . Andrews, J. R. (2004). Electromyographic Analysis of the Rotator cuff and deltoid musculature during common shoulder external rotation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*.
- Richardson, A. B., Jobe, F. W., & Collins, H. R. (1980). The shoulder in competitive swimming. *Am J Sports Med*, 8(3), 159-163.
- Rockwood, C. J., Williams, G., & Young, D. (1991). Injuries to the acromioclavicular joint. In: Rockwood CA Jr, Green DP, Bucholz RW, eds. *Rockwood and Green's Fractures in Adults*. . JB Lippincott, 1(3rd ed.), 1181-1252.
- Rodosky, M. W., Harner, C. D., & Fu, F. H. (1994). The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sports Med*, 22, 121-130.
- Ronai, P. (2002). The Structure and Function of the Rotator Cuff. *American College of Sports Medicine*, 12.
- Saccol, M. F., Gracitelli, G. C., da Silva, R. T., Laurino, C. F., Fleury, A. M., Andrade Mdos, S., & da Silva, A. C. (2010). Shoulder functional ratio in elite junior tennis players. [Comparative Study]. *Phys Ther Sport*, 11(1), 8-11. doi: 10.1016/j.ptsp.2009.11.002
- Saccol, M. F., Zanca, G. G., Ejnisman, B., de Mello, M. T., & Mattiello, S. M. (2014). Shoulder rotator strength and torque steadiness in athletes with anterior shoulder instability or SLAP lesion. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *J Sci Med Sport*, 17(5), 463-468. doi: 10.1016/j.jsams.2013.10.246

- Schmitt, L., & Snyder-Mackler, L. (1999). Role of Scapular Stabilizers in Etiology and Treatment of Impingement Syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29, 31-38.
- Seaton, D. C. Swimmer's Shoulder. <http://www.spma.net/shoulder.htm>.
- Sein, M. L., Walton, J., Linklater, J., Appleyard, R., Kirkbride, B., Kuah, D., & Murrell, G. A. (2010). Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Br J Sports Med*, 44(2), 105-113. doi: 10.1136/bjsm.2008.047282
- Shapiro, C. (2001). Sports injury prevention and rehabilitation. *Swimming*. In Shamus E, Shamus J (eds). *New York: McGraw-Hill*, 103-154.
- Slaughter, M., Lohman, T., Boileau, R., Horswill, C., Stillman, R., Van Loan, M., & Bembien, D. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.*, 60(5), 709-723.
- Soslowsky, L., Flatow, E., Bigliani, L., & Mow, V. (1992). Articular Geometry of the Glenohumeral Joint. *Clin Orthop*, 120-127.
- Swanik, K. A., Lephart, S. M., Swanik, C. B., Lephart, S. P., Stone, D. A., & Fu, F. H. (2002). The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 11(6), 579-586. doi: 10.1067/mse.2002.127303
- Tate, A., Turner, G. N., Knab, S. E., Jorgensen, C., Strittmatter, A., & Michener, L. A. (2012). Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *Journal of Athletic Training*, 47(2), 149-158.
- Terry, G. C., & Chopp, T. M. (2000). Functional Anatomy of the Shoulder. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 248-255.
- Tovin, B. J. (2006). Prevention and Treatment of Swimmer's Shoulder. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1, 166-175.

- Turkel, S. J., Panio, M. W., Marshall, J. L., & Girgis, F. G. (1981). Stabilizing Mechanisms Preventing Anterior Dislocation of Glenohumeram Joint. *J Bone Joint Surg Am*, 63(8), 1208-1217.
- Van de Velde, A., De Mey, K., Maenhout, A., Calders, P., & Cools, A. M. (2011). Scapular-Muscle Performance: Two Training Programs in Adolescent Swimmers. *Journal of Athletic Training*, 46(2), 160-167.
- Walch, G., Boileau, P., Noel, E., & Donell, S. T. (1992). Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim: An arthroscopic study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 1(5), 238-245. doi: 10.1016/s1058-2746(09)80065-7
- Wanivenhaus, F., Fox, A. J., Chaudhury, S., & Rodeo, S. A. (2012). Epidemiology of injuries and prevention strategies in competitive swimmers. *Sports Health*, 4(3), 246-251. doi: 10.1177/1941738112442132
- Warner, J. J., Deng, X. H., Warren, R. F., & Torzilli, P. A. (1992). Static Capsuloligamentous Restraints to Superior-Inferior Translation of the Glenohumeral Joint. *Am J Sports Med*, 20(6), 675-685.
- Whiting, W. C., & Zernicke, R. F. (1998). Biomechanics of musculoskeletal injury. *Human Kinetics*
- Wilk, K. E., Arrigo, C. A., & Andrews, J. R. (1997). Current Concepts: The Stabilizing Structures of the Glenohumeral Joint. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 25(6).
- Wilk, K. E., Romaniello, W. T., Soscia, S. M., Arrigo, C. A., & Andrews, J. R. (1994). The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-Reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther*, 20(2).
- Yanai, T., & Hay, J. G. (1996). The mechanics of shoulder impingement in front-crawl swimming. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 28(5), Supplement abstract 1092.